

**МАТЕРИАЛЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ СИЛЬНОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2003 Г. НА ГОРНОМ АЛТАЕ**

А.Р. Геодаков¹, А.Н. Овсяченко¹, С.Г. Платонова², Е.А. Рогожин¹

¹ – Институт физики Земли РАН, ² – Алтайский государственный университет
*Работы выполнены при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты № 02-05-64946
и 03-05-79080).*

Опубликовано 10 ноября 2003 г.

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/screp-8.pdf

© 2003 ОИФЗ РАН, ОНЗ РАН

Аннотация: Приводится описание макросейсмических, геологических и сейсмологических проявлений очага сильнейшего землетрясения, происшедшего в южной части Горного Алтая 27 сентября 2003 г. Землетрясение вызвало повреждение зданий и сооружений в районе Чуйской и Курайской впадин, а также сопровождалось выходом очага на поверхность с образованием системы сейсморазрывов запад-северо-западной ориентировки, которая была прослежена на протяжении 20 км на восточном погружении Северо-Чуйского хребта. Вторичные сейсмодислокации проявились в виде обвалов, оползней и грифонов на территории плейстосейстовой зоны. В результате предварительного изучения тектонической позиции очага землетрясения Горный Алтай можно считать непосредственным северным продолжением Монгольского и Гобийского Алтая, на территории которых неоднократно возникали землетрясения с магнитудой более 7.0, и объединить все горные системы Большого Алтая в единую высокомагнитудную сеймотектоническую провинцию.

Abstract: The descriptions of macroseismic, geological and seismological manifestations of the strongest earthquake, happened in south part Mountain Altai on 27 September 2003 presented. Earthquake has caused a damage of buildings and constructions in the districts of Altai Republic in the Chuya and Kuray intermountain depressions, as well as accompanied by outcrop on the surface of the seismic source with forming a system seismic faults of west-northwest orientation. System of seismic faults was observed on length of 20 km on the east submerion the North-Chuya Ridge. The secondary seismic ruptures represented by rockfalls, landslides and griffons on the territory of epicentral area. As a result of preliminary study of the tectonic position of the earthquake's source the Mountain Altai should be consider as a direct north continuation of the Mongolian and Gobi Altai, on which territory repeatedly appear earthquakes with magnitude more 7.0. So, the Russian Altai is the unite of all mountain systems of the Great Altai. It should be included in the enormous seismotectonic province, characterized by high level of the seismic activity and danger.

Введение

На юге Республики Алтай 27 сентября 2003 г. в 11 час 33 мин по Гринвичу произошло сильное землетрясение с магнитудой 7.3 (по данным Геофизической службы РАН). Очаг этого сейсмического события располагался на территории Северо-Чуйского хребта, Чуйской, Курайской межгорных впадин и разделяющего их Чаган-Узунского приподнятого блока. Землетрясение 27.09.2003 года ощущалось на обширной территории России (в республиках - Алтай, Хакасия, Бурятия, в Красноярском крае, в областях - Новосибирской, Кемеровской) и в Восточном Казахстане. По данным ГС РАН землетрясение ощущалось в Бельтире силой 8 баллов, Акташе - 6-7 баллов, Таштаголе - 6 баллов, Прокопьевске -5-6 баллов, Новосибирске, Усть-Каменогорске, Семипалатинске - 4 балла, Абакане - 3-4 балла, Красноярске, Зайсане, Кемерово - 3 балла, Барнауле, Алма-Ате, Талды-Кургане, Астане - 2-3 балла. В эпицентральной зоне, куда попали пос. Бельтир, Курай и Акташ, наблюдались разрушения печей, падение дымовых труб, образование характерных трещин в межоконных переемычках стен, иногда вывал участков стен и углов шлакоблочных зданий. Деревянные дома пострадали не так значительно: повреждены лишь частично, отдельными фрагментами; разрушения здесь свелись в основном к смещению брёвен и частичному разрушению крыш.

В ближней зоне землетрясения была развернута сеть из пяти временных сейсмических станций силами Геофизической службы СО РАН, которая ведет регистрацию

повторных толчков. Кроме того в регионе Алтая работает двенадцать цифровых сейсмических станций той же организации. Налажена обработка сейсмологических данных, собираемых как сеймостанциями локальной сети, размещенными в ближней зоне землетрясения и в регионе Алтая (ГС СО РАН), так и сейсмической сетью России и Мировой сетью сейсмологических наблюдений (ГС РАН) в режиме близком к реальному времени.

Сейсмическое событие сопровождалось многочисленными афтершоками. Из них два были наиболее сильными. Афтершок 27.09.2003 в 18 час 52 мин с магнитудой $M=6.4$, ощущался в Абакане, Бийске силой 2-3 балла, Новосибирске - 2 балла; повторный толчок 1.10.2003 в 1 ч.03 м 28 с по Гринвичу с магнитудой 7,0 (по данным ГС РАН). Афтершок 1 октября призошел в районе пос. Акташ, где отмечались повреждение зданий семи- и восьмibalльной интенсивности. Сотрудниками Геофизической службы Сибирского отделения РАН зарегистрировано на 15 октября 2003 г. более ста повторных толчков с магнитудой от 2.2 до 7.0. Эпицентры афтершоков образовали облако удлиненной овальной формы, длинная ось которого вытянута в северо-западном направлении. Длина этого овала составляет порядка 90 км при ширине около 20 км.

За всю историю сейсмологических наблюдений на юге Горного Алтая землетрясения такой силы не наблюдались. Однако в результате проведенных в 1996-1999 гг. палеосейсмогеологических исследований было выяснено, что в районе Чуйской и Курайской межгорных впадин в течение последних 9 тысяч лет имели место сильные землетрясения с магнитудой 7.0-7.5 и периодом повторяемости от 1000 до 2000 лет [Рогожин, Платонова, 2002]. На карте общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97) южные районы Горного Алтая относятся к девятибалльной зоне.

Землетрясение 27 сентября 2003 г. сопровождалось образованием многочисленных сейсмодислокаций на земной поверхности. Возникли как первичные – система сейсморазрывов, так и вторичные, сейсмогравитационные и вибрационные сейсмогенные деформации. Подземные толчки привели к нарушению естественных форм рельефа в основном в горной части плейстосейстовой области землетрясения. Сам очаг вышел на поверхность в виде протяженной (около 20 км) S-образной в плане системы сейсморазрывов.

Материалы полевого обследования эпицентральной зоны

Остаточные нарушения земной поверхности (сейсмодислокации) возникшие в результате землетрясения были изучены в пределах Курайской и Чуйской межгорных впадин и на склонах Южно-Чуйского и Северо-Чуйского хребтов,. Представлены они первичными деформациями – сейсморазрывами и вторичными, сейсмогравитационной и сеймовибрационной природы. К вторичным дислокациям относятся возникшие в результате землетрясения оползни, горные обвалы, осыпи и камнепады, сейсмогравитационные отседания склонов, выбросы разжиженного песчано-глинистого материала и компенсационными проседания земной поверхности (рис.1).

В ходе вспарывания земной коры очаг землетрясения вышел на поверхность в виде системы первичных сейсморазрывов, прослеженной на протяжении 20 км в бассейне р. Чаган-Узун, на восточном погружении Северо-Чуйского хребта. На негравитационный, т.е. первичный характер этих нарушений указывает сама их морфология и взаимоотношения между собой, а также выстраивание их в линейные зоны, секущие различные формы рельефа. В плане зона сейсморазрывов имеет S-образную форму. В целом она представляет собой эшелонированную систему кулисообразно подставляющих друг друга трещин сжатия и растяжения, укладываемых в единую линию СЗ-ЗСЗ простирания. Такая структура сеймотектонического разрыва характеризует подвижку в очаге как практически чистый сдвиг в горизонтальной плоскости.

Строение зоны сейсморазрывов на разных участках различно. На юго-восточном окончании (плоский водораздел рек Чаган и Елангаш) разрыв разветвляется на две основных трещины субмеридионального простирания, которые отстоят друг от друга на 200 м и через 700 м смыкаются, подставляясь трещинами СЗ ориентировки (рис.2).

Обе трещины открыты, или состоят из коротких (до 1 м) кулисообразных трещин. По западной ветви наблюдается правосдвиговое смещение на 0,5 м (рис.3). По восточной ветви смещение составляет 0,2 м. Блок заключенный между описанными разрывами опущен на 0,2-0,3 м и рассечен многочисленными диагональными (СЗ и СВ - ориентировки) трещинами кое-где с незначительными (до 30 см) вертикальными смещениями. Поперечные разрывы (субширотного простирания) характеризуются сжатием, на поверхности выраженным вспучиванием и напозданием почвы высотой 0,3-0,7 м. В обе стороны описанная структура продолжается кулисообразными системами сейсморов (трещин отрыва) СЗ - ориентировки ($340-350^{\circ}$). На юго-востоке трещины пересекая сухую долину через 400 м затухают (рис.4). В долине с относительно пологими ($15-20^{\circ}$) склонами образовались многочисленные открытые трещины отседания склонов и несколько мелких оползней-сплывов рыхлого чехла в основном с юго-восточного борта.

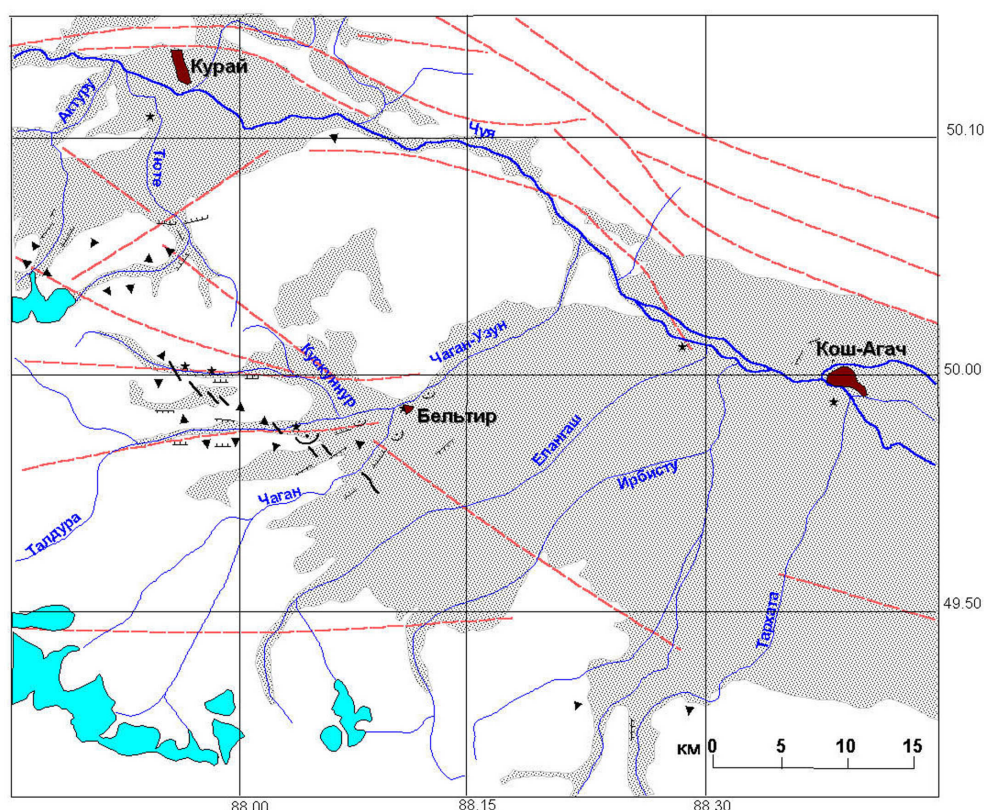


Рис.1 Карта распространения сейсмодислокаций: 1-сеймотектонические разрывы; 2-обвалы и осыпи; 3-разжижения грунта; 4-оползни; 5-сейсмогравитационные трещины отрыва и отседания склонов; 6-разломы, обновленные в неоген-четвертичное время [Девяткин Е.В., 2000]; 7-четвертичные аллювиально-озерные и ледниковые отложения.

На северо-запад сейсморазрыв прослеживается в виде протяженного рва шириной до 1,5 м, спускаясь в долину р. Чаган (рис.5). Здесь разрыв помимо растяжения демонстрирует и правосдвиговое смещение с амплитудой до 0,5 м, определенной по смещению отдельных микроформ рельефа. На водоразделе рек Чаган и Талдура выход очага образован системой сейсморов (трещин отрыва) раскрытыми на 1-3 м и длиной до 100 м (рис.6). Рвы здесь имеют ориентировку 320° , при этом кулисообразно подставляя друг друга выстраиваются в зону простиранием $300-310^{\circ}$. На всем описанном отрезке разрывы секут ледниковые валунно-галечные отложения среднего-нижнего плейстоцена.

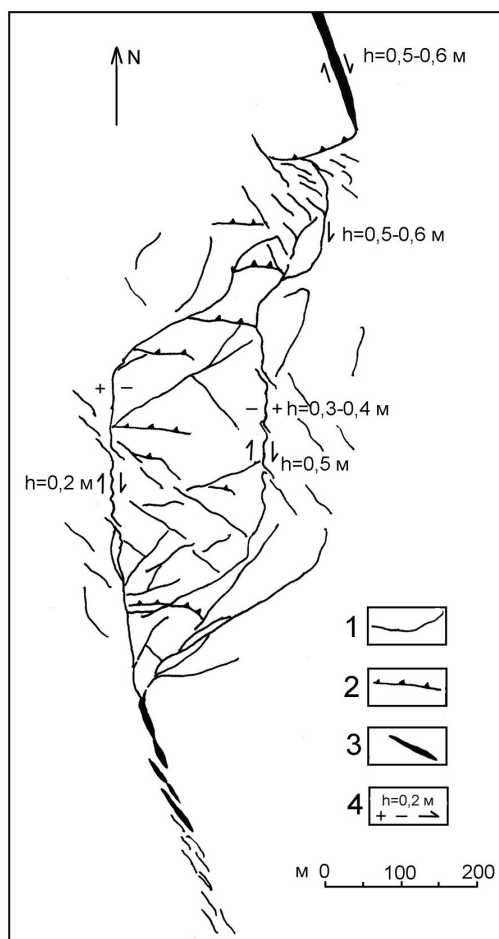


Рис.2 Структура сейсморазрыва на водоразделе рек Чаган и Елангаш: 1- закрытые трещины и разрывы; 2-валы вспучивания; 3-сейсморвы; 4-амплитуда и направление смещения



Рис.3 Правый сдвиг по отдельному разрыву.

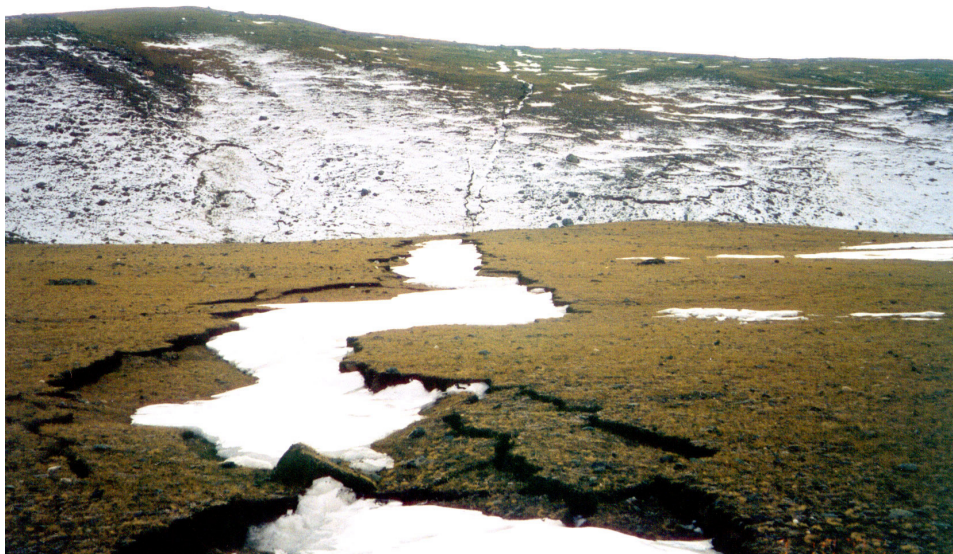


Рис.4 Сейсморов, в бортах ложбины видны сейсмогравитационные отседания склона



Рис.5 Сейсморов (видно несовпадение микроформ противоположных бортов трещины, по которым определена амплитуда правосдвигового смещения)



Рис.6 Сейсморов на водоразделе р Чаган и Талдура

В днище долины р. Талдура эшелонированная система сейсморазрывов имеет ориентировку $290-300^{\circ}$. Здесь аллювиальные отложения рассечены рвами шириной до 2 м и длиной до 50 м и закрытыми трещинами того же простирания ($320-330^{\circ}$) с амплитудой правого сдвига 0,1-0,2 м. Амплитуда определена по смещению дороги. Трещины растяжения сопровождаются линейными зонами с вздыбленной на высоту до 0,5 м почвой (ориентировка $40-60^{\circ}$).

Наиболее впечатляюще сейсмотектонические разрывы деформировали земную поверхность в широкой седловине на водоразделе рек Талдура-Кускуннур (ур. Узюк). Ширина седловины составляет около 4 км, сложена она отложениями морены среднего плейстоцена, в то время как с запада и востока ее обрамляют пологие вершины образованные девонскими сланцами. Для этого места характерна необычная среди окружающего «лунного» ландшафта густая луговая растительность с отдельными зарослями карликовой березы.

Зона сейсморазрывов здесь имеет субширотное простирание. Сами сейсморазрывы выстраиваются в эшелонированную систему зияющих рвов смыкающихся линейными зонами сжатия (рис.11). Сейсморвы здесь принимают колоссальные масштабы, характеризуясь шириной до 10 м, длиной до 300 м и глубиной более 30 м (рис.7,8). По отдельным зияющим разрывам амплитуда правого сдвига составляет 0,5 м (рис. 9). Зоны сжатия здесь представляют собой валы вспучивания высотой до 2 м и длиной до 50 м и надвиги, сдвигающие слой почвы (рис.10).



Рис. 7

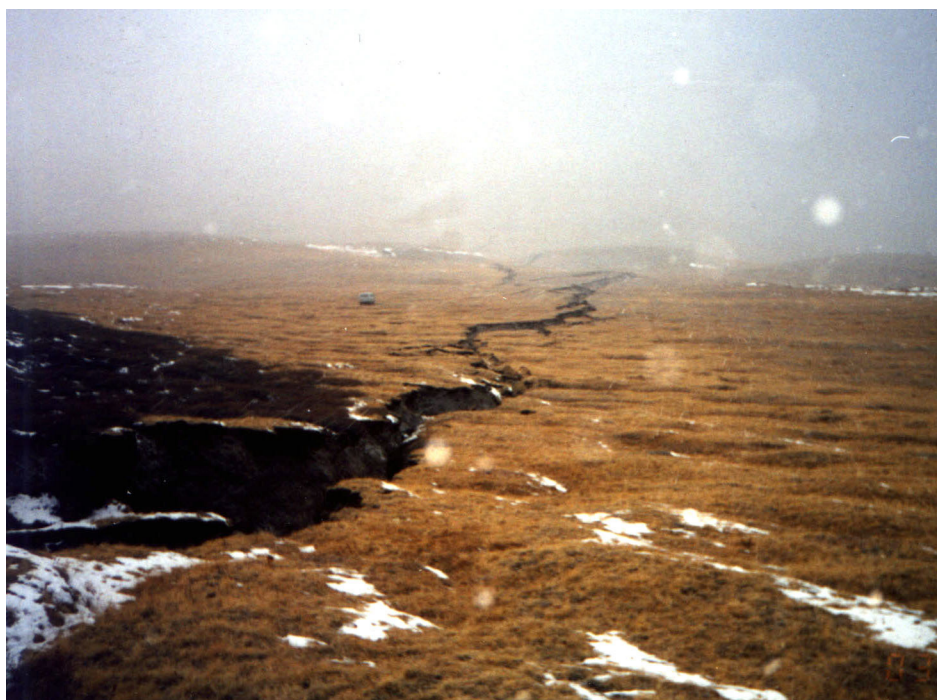


Рис. 8



Рис.9 Правосдвиговое смещение на 0,5 м.



Рис.10 Вал вспучивания

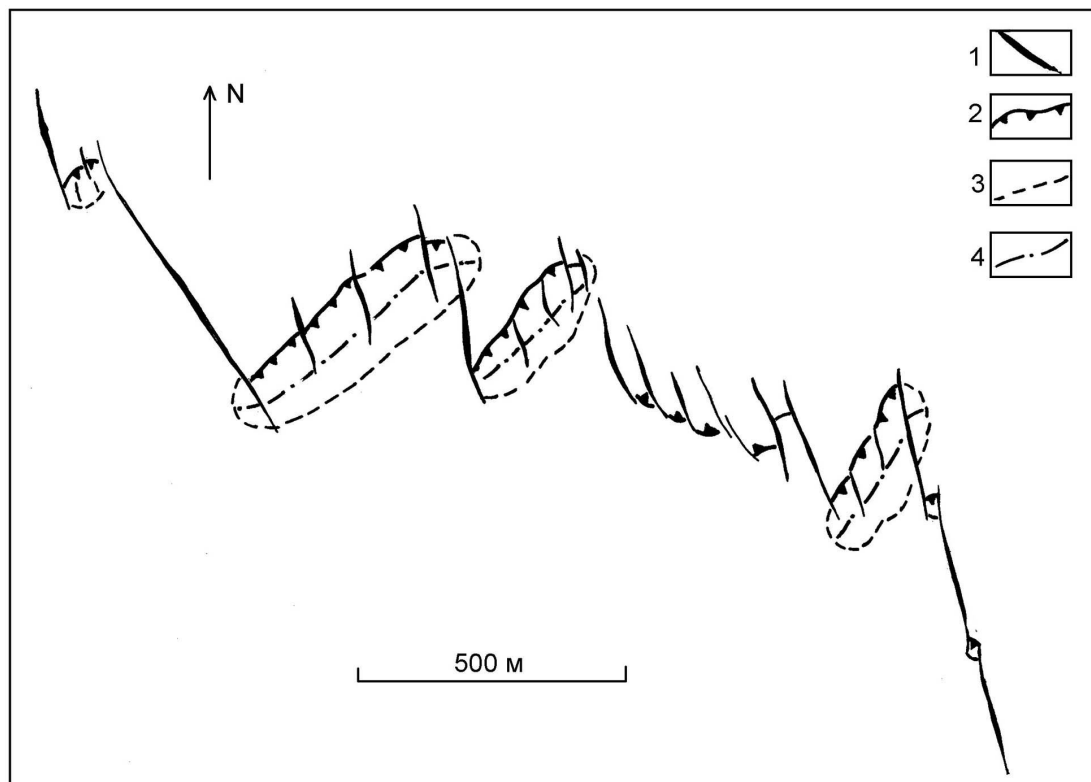


Рис.11 Структура сейсморазрыва на водоразделе р.Талдура-Кускуннур: 1-сейсморвы; 2-бровки валов вспучивания; 3- контурсы валов вспучивания; 4-оси валов вспучивания.

Переходя на склоны седловины сейсморазрывы разветвляются на две ветви, которые зажимают между собой просевшие блоки (микрограбены). На восточном борту седловины ширина такого микрограбена составляет не более 50 м, а амплитуда опускания около 0,5 м (рис.12). На западном склоне просевший блок имеет ширину до 500 м и опущен с амплитудой до 2,5 м (рис.13,14). В обоих случаях микрограбены приурочены к небольшим седловинам. Здесь разрывы отчетливо выражены в рельефе в виде уступов ограничивающих пологие днища седловин сложенных рыхлыми отложениями, от относительно крутых склонов, на которых обнажаются коренные сланцы девона (рис.15). При этом сейсмогенные смещения 27-го сентября эти уступы лишь обновили. Здесь же (на западном склоне) виден древний вал вспучивания высотой около 2 м, ориентированный перпендикулярно эскарпам, также обновленный при главном толчке последнего землетрясения (рис.14). В стенках открытых трещин часто встречаются следы дробления и ожелезнения рыхлого чехла, а также клинья и линзы древней почвы и торфа, погребенных грубообломочным материалом (рис.16). Эти факты явственно свидетельствуют о случавшихся здесь ранее сейсмических явлениях, не менее, а возможно и более грозных, чем землетрясение 27-го сентября, которые происходили в том же сейсмическом очаге.



Рис.12 Разветвление разрыва на две ветви, зажимающих между собой опущенный блок



Рис.13 Юго-восточная ветвь сейсморазрыва. Виден древний вал вспучивания



Рис.14 Северо-западная ветвь сейсморазрыва



Рис.15 Юго-восточная ветвь вблизи. Амплитуда опускания микрограбена около 2 м.



Рис.16 Линзы погребенной палеопочвы в стенке зияющей трещины

Дальше по простиранию продолжается лишь северо-восточная ветвь, которая на крутом, скальном склоне правого борта р. Кускуннур сопровождается многочисленными осыпями и обвалами горных пород (рис.17). Спускаясь в долину р. Кускуннур сейсморазрывы выстраиваются в зигзагообразную систему и секут аллювиальные гравийно-галечные отложения (рис.18). Система сейсморазрывов образована здесь валами вспучивания и напоздания почвы (простирание $40-60^{\circ}$) и открытыми на ширину 1 м рвами глубиной до 3 м. Амплитуда правосдвигового смещения дороги по трещинам растяжения здесь составляет 0,3-0,4 м. Валу вспучивания вздыблены на высоту 0,5-1 м. Длина трещин сжатия и растяжения приблизительно одинакова и не превышает 50 м. Разрывы пересекают всю долину и уходят на противоположный борт, закрытый многочисленными свежими осыпями и обвалами, где вероятно затухают. Во всяком случае на возможном продолжении разрыва по простиранию в долинах рек Тюте и Актуру, их продолжения не обнаружено.



Рис.17 Долина р. Кускуннур, вид сейсморазрыва сверху



Рис.18 Долина р. Кускуннур, вид сейсморазрыва вблизи. Хорошо видна сопряженная система трещин отрыва и сжатия (валы вспучивания)

Кроме непосредственного выхода сейсмического очага на поверхность в виде сейсмоструктурного разрыва, в пределах плейстосейстовой зоны широко представлены дислокации вторичного генезиса, обязанные своим появлением сотрясению земной поверхности от прихода сейсмических волн. Вторичные нарушения рельефа, закартированные нами, в плане образуют овал длиной 70 км и шириной около 15 км. Этот овал вытянут вдоль простирания разрыва (СЗ - ЮВ) и хорошо коррелирует с ориентировкой длинной оси овального облака эпицентров афтершоков. Концентрация вторичных сейсмодислокаций меняется на изученной территории в целом закономерно, затухая по мере удаления от линейной вытянутой области выхода очага на земную поверхность.

Самый масштабный след землетрясения, крупный оползень на правом борту долины р. Талдура, приурочен к зоне выхода очага на поверхность, причем стенка отрыва оползневых масс точно ложится в зону распространения первичных сейсморазрывов, один из которых, по всей видимости, явился заколом на поверхности склона, инициировав сход оползня. Оползень отсел по стенке отрыва высотой около 150 м и продвинулся в долину на расстояние не меньше 100 м. Объем оползневой массы по приблизительным подсчетам составляет около 30 млн.м³. Ширина оползневого тела более 500, длина - около 700 м (рис.19, 20). Подобные оползни и оплывины гораздо меньших масштабов образовались на склонах долин рек Чаган и Чаган-Узун.



Рис.19 Общий вид оползня



Рис.20 Трещины в теле оползня

Основной толчок и самые сильные афтершоки землетрясения сопровождались массовыми обвальными и осыпными явлениями. Эти дислокации охватили участки крутых, скальных склонов речных долин. Причем основным отличием от асейсмичных осыпей и обвалов является свежий облик склоновых нарушений на участках их массового проявления, а также некоторые аномальные их параметры (морфология обвально-осыпных тел, сортировка материала, угол склоновой поверхности, к которой приурочены обвальные тела). В частности, в 2 км к северу от центральной части седловины урочища Узюк на правом борту долины р. Кускунур наблюдается небольшой обвал на скальных выступах склона с углом наклона менее угла естественного откоса (25°). В отложениях осыпей долины р. Актуру наблюдается аномальное распределение обломков разной величины: в верхней части большинства осыпных конусов сконцентрированы наиболее крупные обломки, что свидетельствует о развитии импульсных обвальных явлений там, где явно преобладал осыпной процесс (рис.21). Отдельные крупные глыбы до 3 метров в поперечнике обвалившихся блоков, преодолев значительные расстояния, переместились в днище речной долины на расстояние до 200-300 метров от подножья склона.



Рис.21 Обвал в долине р Актуру

По наблюдениям коллег из стационара Томского университета под воздействием толчков произошли существенные подвижки в ледниковом покрове Южно-Чуйского хребта, увеличались трещины ледопадов, обнажились нунатаки, в леднике вершины Купол Трёх Озёр произошел разрыв с областью питания.

Вдоль водотоков на задернованных пологих склонах речных террас и замкнутых котловин повсеместно распространены трещины отседания, по которым в некоторых местах произошли микроползны, с небольшим, до первых метров смещением материала. Микроползны задернованного рыхлого чехла наблюдаются и в привершинных частях склонов верхнего яруса гор. Они выразились в трещинах дернового покрова с характерными сбросовыми и надвиговыми структурами.

Участки дорожного полотна, расположенные на насыпном субстрате на большой площади разбиты трещинами отседания, а также трещинами, пересекающими дорогу от края до края по которым произошло смещение отдельных частей полотна, хорошо заметное по разметке.

Одним из самых удивительных следствий этого землетрясения являются выбросы и разливы разжиженного песка и грязи в виде грифонов или грязевых вулканчиков. Приурочены они в основном к низменным, кое-где заболоченным участкам, в геологическом строении которых принимают участие тонкодисперсные водонасыщенные рыхлые породы (глины, суглинки, пески пылеватые), способные при динамических воздействиях, в частности при землетрясениях 7 и более баллов, разжижаться до текучего состояния и изливаться на поверхность. При этом образуются характерные конические или воронкообразные формы песчанно-глинистых грязевых «вулканчиков», трещины со следами излияния песчанно-глинистой грязевой массы и компенсационные проседания земной поверхности (рис.22). Этот процесс имеет приповерхностный характер и обычно развивается на глубине не более 20-30 м. В данном случае нижней границей развития указанного процесса является верхняя граница вечной мерзлоты. В большинстве случаев грифоны приурочены к открытым, коротким трещинам вибрационной, либо сейсмогравитационной природы (рис.23). В непосредственной близости от зоны сейсморазрывов имели место площадные разливы разжиженного песка из протяженных (до 50 м) сейсмовибрационных открытых трещин. Ярким примером служит например пойма р. Талдура.



Рис.22 Грифоны в долине р. Чуя

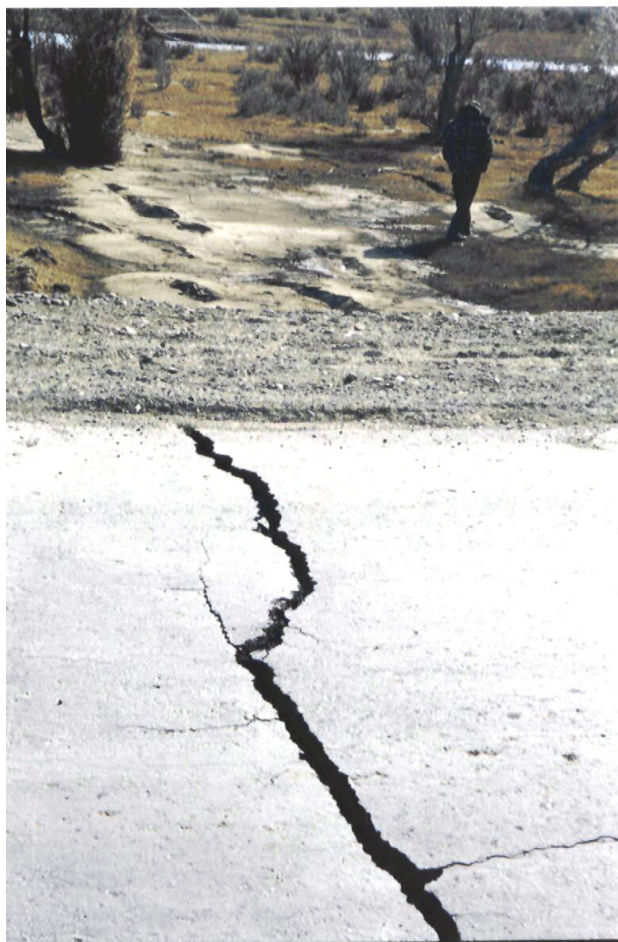


Рис.23 Грифоны на продолжении сейсмовибрационной трещины в дороге Кош-Агач - Бельтир



Рис.24 Площадной разлив разжиженного песка из трещины в пойме р. Талдура

Массовые выбросы и излияния грязевой массы произошли в поймах рек Чуя, Чаган-Узун; локальные в Курайской степи а также в непосредственной близости от сейсморазрывов в поймах рек Талдура, Кускуннур и Чаган-Узун. Интересно, что в долине р Кускуннур из открытых трещин связанных с отседанием склона местами был выброшен менее пластичный материал, а именно гравийно-галечные речные осадки (рис.25). Кроме того, в некоторых местах подобные явления сопровождались обильными излияниями воды и образованием озер. В большинстве случаев образование озер приурочено к уже существующим бессточным котловинам. Ярким примером может служить естественная котловина в Бельтире в которой находится стадион. Сразу после главного толчка она была залита водой на глубину до 1,5 м из открытых трещин гравитационного отседания склонов котловины.



Рис.25 Выбросы гравийно-галечной смеси из открытых трещин отседания



Рис.26 Грифоны в Бельтире. Толщина излившейся грязи около 1 м.

Обсуждение результатов

Следует отметить, что в сравнении с сеймотектоническими, сейсмогравитационные деформации носили не столь масштабный характер. Наиболее крупные обвалы и осыпи имеют форму конусов шириной до 100 м и высотой до 300 м, прислоненных к крутым, скальным склонам речных долин, не перекрывая их и не захлестываясь на другой борт. Крупные каменные лавины и обвалы перегородившие реки образовались, например, при Сусамырском землетрясении 1992 г в Киргизии. Это землетрясение имело ту же $M=7.3$ и интенсивность в эпицентре 9 баллов. Подвижка в очаге носила характер взбросо-сдвига, т. е. имела значительную вертикальную составляющую [Богачкин и др., 1997]. Подобные массовые явления сопровождали и Рачинское землетрясение 1991 г. в Грузии. Это землетрясение имело несколько меньшую магнитуду ($M=7.0-7.2$) при интенсивности в эпицентре 7-8 баллов, а подвижка в очаге охарактеризована как практически чистый надвиг [Рогожин, Богачкин, 1993]. Геоморфологические условия участка Горного Алтая подвергнутого сентябрьскому землетрясению не препятствуют образованию крупных каменных лавин и обвалов. Такие явления здесь имели место в прошлом, и связаны они с предыдущими сейсмическими событиями [Рогожин, Платонова, 2002]. Отсутствие таких нарушений рельефа при землетрясении 27 сентября, очевидно связано с характером колебаний. По свидетельству очевидцев колебания во время основного толчка происходили в горизонтальной плоскости. В то же время большие сейсмогравитационные смещения возникают при интенсивных вертикальных колебаниях и при достижении критических ускорений сейсмических волн, которые уменьшаются при увеличении крутизны склона и уменьшении степени сцепления материала [Штейнберг В.В. и др., 1993]. Судя по наличию древних каменных лавин и обвалов, при предыдущих землетрясениях такие условия достигались. Землетрясение 27-го сентября напротив создает впечатление несколько «вялого» по своему сейсмическому воздействию на естественные и техногенные объекты. Об этом говорит и отсутствие серьезных разрушений в поселках попавших в плейстосейстовую область.

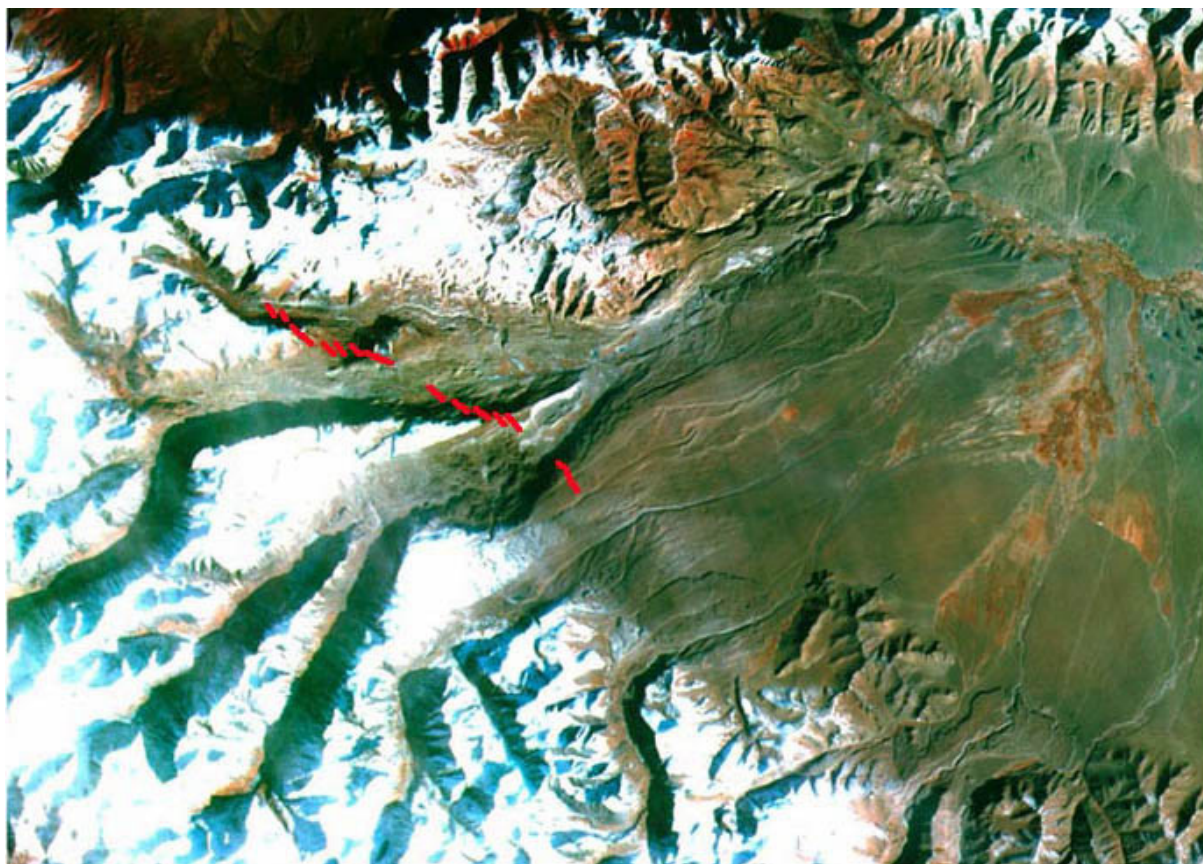


Рис.27 Космоснимок «Ресурс» 20.10.2003. Красными линиями показан выход очага на поверхность

На космоснимке «Ресурс» (пространственное разрешение на местности 40 м) (рис. 27) где показан выход сейсморазрыва на поверхность, видно, что дизъюнктивная структура к которой он приурочен, выражена в рельефе. Вдоль нее видны спрямленные участки речных долин, уступы, седловины и резкие изменения фототона. При этом на картах новейшей тектоники [Богачкин Б.М., 1981, Девяткин Е.В., 2000] эта структура отсутствует (рис. 1), что очевидно связано с затруднениями при выявлении сдвигов стандартными геолого-геоморфологическими методами, применяемыми при картировании молодых разрывных нарушений. Это обусловлено отсутствием значительных вертикальных смещений различных геоморфологических уровней (террас и поверхностей выравнивания). В то же время очевидно, что описанная сейсмогенерирующая структура демонстрирует высокий уровень тектонической активности. На рис.28 видно, что эта структура вписывается в современный геодинамический режим Монголо-Сибирского региона, являясь продолжением разломов расположенных на территории западной Монголии. Здесь на протяжении 20-го века неоднократно происходили катастрофические землетрясения с $M \geq 7$. В существующем поле напряжений разломы северо-западной и субмеридиональной ориентировки фигурируют как правые сдвиги, а северо-восточные и близширотные как левые с взбросовой компонентой [Землетрясения..., 1985, Молнар П., и др., 1995, Рогожин Е.А. и др., 1995]. Таким образом кинематические характеристики разлома, обновленного при землетрясении 27-го сентября, свидетельствуют о едином поле напряжений на территории всего Алтая, включая Монгольский и Гобийский

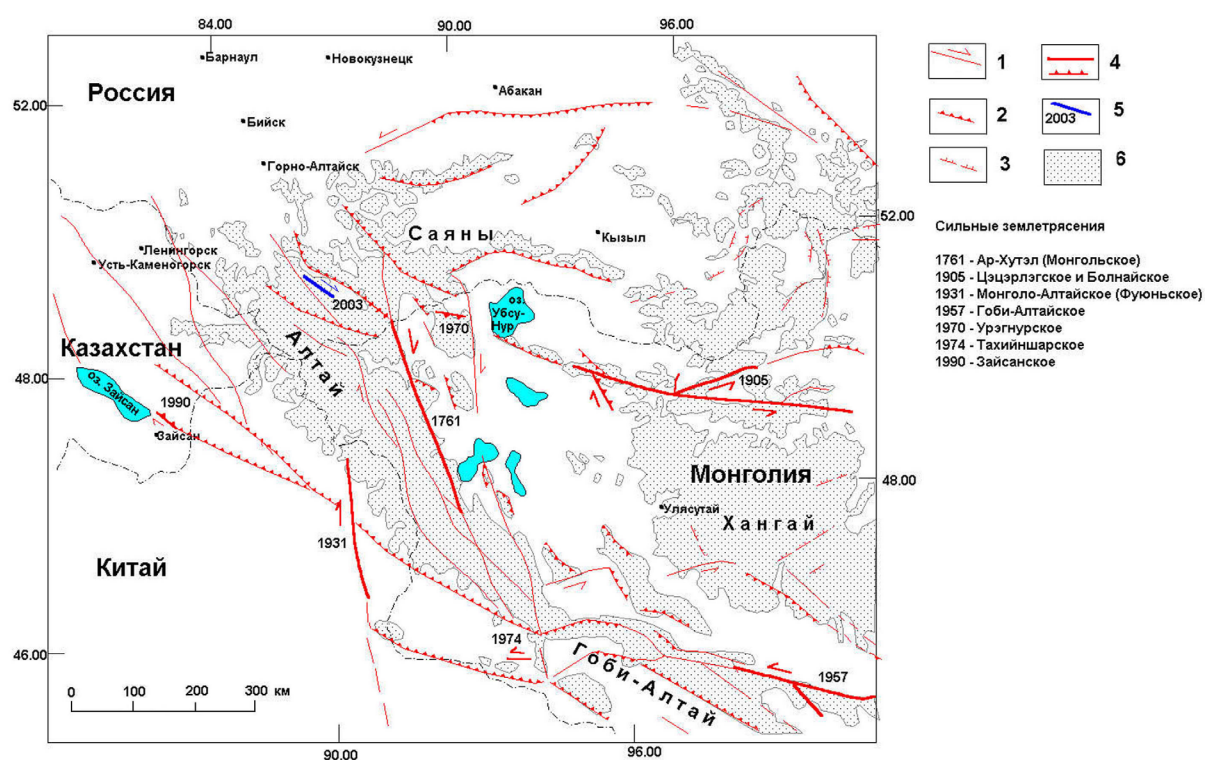


Рис.28 Карта сеймотектоники Монголо-Сибирского региона (составлена с использованием материалов [Землетрясения..., 1985, Молнар П., и др., 1995, Рогожин Е.А. и др., 1995]): 1-сдвиги; 2-взбросы; 3-сбросы; 4-участки сейсмогенного обновления; 5-сейсморазрыв землетрясения 27-го сентября 2003 г; 6-поднятия свыше 2000 м.

Выводы

Материалы предварительного изучения происшедшего на юге Горного Алтая 27 сентября 2003 г. сильного землетрясения позволяют сделать ряд выводов об особенностях сейсмогенных проявлений в этой горной области. Во-первых, Горный Алтай теперь можно обоснованно считать непосредственным северным продолжением Мон-

гольского и Гобийского Алтая, на территории которых неоднократно возникали землетрясения с магнитудой более 7.0, и объединить все горные системы Большого Алтая в единую сеймотектоническую провинцию с высокими оценками магнитуды ожидаемых землетрясений. Во-вторых, вялый характер землетрясения, обусловивший сравнительно умеренный макросейсмический эффект на поверхности при высокой магнитуде и верхнекоровом положении очага, позволяет предположить сложное строение сейсмического очага, вероятно, связанное с криволинейной формой действующей плоскости вспарывания.

Авторы выражают благодарность Администрации Кошагачского района Республики Алтай за помощь при проведении полевых работ.

Литература

1. *Богачкин Б.М.* История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. М.: Наука. 1981, 132 с.
2. *Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э. и др.*, Структура очага Сусамырского землетрясения 1992 г. на основании анализа его геологических и сейсмологических проявлений. Физика Земли, № 11, 1997, с 3-18.
3. *Девяткин Е.В.* Внутренняя Азия // Новейшая тектоника, геодинамика и сейсмичность Северной Евразии. М.: 2000, с 92-100.
4. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. М.: Наука. 1985, 220 с.
5. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97). М-б 1:8000000. Объяснительная записка. М.: ОИФЗ РАН. 1999. 57 с.
6. *Молнар П., Курушин Р.А., Кочетков В.М. и др.* Деформация и разрывообразование при сильных землетрясениях в Монголо-Сибирском регионе // Глубинное строение и геодинамика Монголо-Сибирского региона. Новосибирск.: Наука, 1995, с 5-55.
7. *Рогожин Е.А., Богачкин Б.М.*, Альпийская и новейшая тектоника района Рачинского землетрясения, Физика Земли, № 3, 1993, с 3-11.
8. *Рогожин Е.А., Богачкин Б.М., Иогансон Л.И. и др.* Опыт выделения и прослеживания сейсмогенерирующих зон методами геолого-тектонического анализа на территории Западной Монголии и Зайсано-Алтайской складчатой области. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2-3. М.: ИФЗ РАН, 1995, с 132-152.
9. *Рогожин Е.А., Платонова С.Г.* Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 130 с.
10. *Штейнберг В.В., Сакс М. В., Аптикаев Ф.Ф. и др.* Методы оценки сейсмических воздействий // Задание сейсмических воздействий. Вопр. инженерн. сейсмологии. Вып. 34, М.: Наука. 1993, с. 5-94.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ГЕОДАКОВ Александр Рубенович, окончил географический факультет МГУ, инженер лаборатории сеймотектоники Института физики Земли РАН. Область научных интересов: геоморфология, сеймотектоника и палеосейсмогеология. Является соавтором трех публикаций в научных журналах.

ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич, окончил геологический факультет Ростовского государственного университета, аспирант очной аспирантуры ОИФЗ РАН, инженер лаборатории сеймотектоники Института физики Земли РАН. Область научных интересов: сеймотектоника и палеосейсмогеология. Является автором и соавтором трех опубликованных работ.

ПЛАТОНОВА Софья Григорьевна, окончила географический факультет Алтайского государственного университета, с 1997 по 2000 г. обучалась в аспирантуре ОИФЗ РАН, доцент, кандидат геол.-мин. наук. Место работы - минералогический музей Алтайского государственного университета. Область научных интересов: структурная геология, неотектоника, сейсмоструктурная геология и палеосейсмогеология Горного Алтая. Автор и соавтор более пятнадцати научных публикаций.

РОГОЖИН Евгений Александрович, окончил геологический факультет МГУ, доктор геол.-мин. наук, академик Российской академии естественных наук. Заместитель директора Института физики Земли РАН. Заведующий лабораторией сейсмоструктурной геологии ОИФЗ РАН. Область научных интересов: структурная геология, современная геодинамика, сейсмоструктурная геология и палеосейсмогеология, автор и соавтор более, чем 200 публикаций, в том числе 10 монографий.