

ЭКСПЕДИЦИИ И ПУТЕШЕСТВИЯ

ПО СЛЕДАМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ГОБИ

Профессор В. П. Солоненко, профессор Н. А. Флоренсов

*Восточно-Сибирский геологический институт
Сибирского отделения Академии наук СССР (Иркутск)*



**Сила землетрясений — 10—12 баллов * Грандиозные обвалы и сбросы * Перемещение горных массивов * Образование озер Малахитовое и Изумрудное *
Длина главных трещин — 700 км**

За короткий период в несколько месяцев север Гобийского Алтая дважды подвергся грандиозным стихийным разрушениям. Редкой силы землетрясение, в 11—12 баллов, разразилось 4 декабря 1957 г. Оно разбросало, смяло, сдвинуло и подняло казалось бы неизблемые горные массивы полупустыни.

Катастрофа разразилась в малодоступной и почти необитаемой местности. Немногочисленные очевидцы, оставшиеся в живых, в момент первого сотрясения надолго потеряли сознание и восстановить картину разрушений не могли.

В поселках, значительно отдаленных от эпицентра землетрясения, ощущались сильные толчки. Рушились постройки, люди падали. В некоторых местах были сплющены или разорваны даже войлочные монгольские юрты. Заметные колебания почвы наблюдались на территории в 5 млн. км².

Люди, находившиеся на безопасном расстоянии, рассказывают, что оглушительный взрыв поднял на высоту нескольких километров тучи пыли, которые быстро сомкнулись и скрыли горную цепь.

Последовательный ход разрушений, резко деформировавших земную поверхность, удалось проследить только на основании исследований, проведенных совместной советско-монгольской экспедицией¹. Результаты пред-

варительного обследования давали основание предполагать, что в сейсмически активных Западной и Северо-Западной частях территории МНР можно ждать новых больших землетрясений. Этот прогноз оправдался. В апреле 1958 г. произошло Баян-Цаганское землетрясение, силой в 10 баллов, вероятно, связанное с предыдущим.

Горная полупустыня, где произошли землетрясения 1957 и 1958 гг., к югу через зону низких скалистых хребтов переходит в пустыню Гоби. Между хребтами предгорий тянутся сравнительно узкие низменные полосы — отдельные второстепенные «гоби», с солончаками, кое-где с горько-солеными озерами, каменистыми покатыми, редкими зарослями саксаула, песчаными холмами-барханами и грядовыми песками. Каменистые и песчаные «гоби» окаймлены скалистыми хребтами, изрезанными сухими ущельями.

В предгорьях на верхнемезозойских осадочных породах господствует очень сложный, хаотический рельеф — «дурные земли» (бэд-лэнды). Подобные ландшафты вообще весьма широко распространены в горах Гобийского и Монгольского Алтая; в лабиринте их ущелий, промоин, гребней, холмов и гряд очень трудно ориентироваться даже с аэроснимком перед глазами.

Горные хребты сложены древними, глубинными магматическими и зеленокаменны-

¹ См. «Природа», 1958, № 7, стр. 73—77.

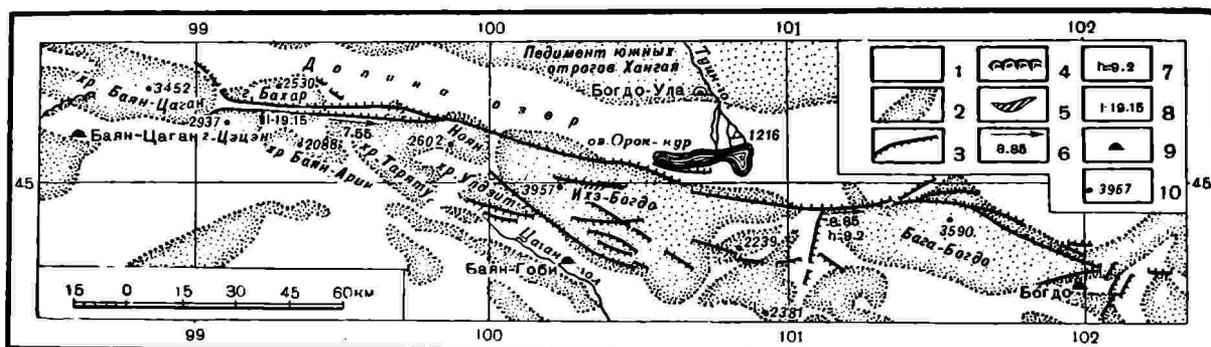


Рис. 1. Схематическая карта главнейших сейсмодислокаций Гоби-Алтайского и Байан-Цаганского землетрясений. 1 — впадины и межгорные долины; 2 — горные массивы; 3 — главнейшие разломы, образовавшиеся при Гоби-Алтайском землетрясении; 4 — главная зона разломов, образовавшаяся при Байан-Цаганском землетрясении; 5 — структура Битут; 6 — направление сдвига и амплитуда его (в м); 7 — амплитуда вертикального смещения по разрывам (в м); 8 — максимальная ширина трещин (в м); 9 — сомовные (районные) центры, разрушенные землетрясением 4 декабря 1957 г. и покинутые населением; 10 — абсолютные отметки (в м)

ми излившимися породами, а также метаморфическими сланцами. Напротив, предгорья и внутренние части низин сложены слоистыми осадочными породами — главным образом пресноводными континентальными отложениями, вероятно, мелового и третичного возраста. Это так называемая красноцветная толща. Почти всюду слои этой толщи явственно наклонены от подножья хребтов в глубь межгорных долин. Выше залегают более молодые предгорные отложения — конгломераты и песчаники с прослойками глины.

Интересно отметить, что во многих местах по контакту красноцветной толщи с древними толщами хребтов проходят краевые новообразованные трещины. В самой красноцветной толще и в более молодых перекрывающих ее породах тоже встречаются различные трещины и разрывы, без сомнения, образованные доисторическими землетрясениями.

Мощные движения земной коры обычно отчетливо запечатлеваются в остаточных деформациях земной поверхности и обнажениях горных пород. Проследить системы разломов и трещин, установить смещение масс горных пород, оценить общую силу произведенных разрушений, т. е. буквально пройти по следам грозных событий, разыгравшихся на огромной территории, было целью нашей экспедиции.

Собранные факты говорят о следующем. Предвестником назревшей катастрофы, воз-

можно, явилось землетрясение весной 1956 г., замеченное местными араатами в западной части гор Бахар-ула, т. е. в районе начального эпицентра 4 декабря 1957 г. Примечательно, что несмотря на малую силу этого толчка, в одном из отрогов Бахар-ула в скальных породах образовалась широкая, почти меридиональная зияющая трещина — показатель мощных напряжений земной коры, в то время уже накопившихся в недрах Гобийского Алтая.

Около полудня 4 декабря 1957 г. землетрясение началось спасительным форшоком (толчком — предвестником): он был сильным, но не разрушительным. Жители выбежали из помещений, и когда последующий главный удар разрушил, а местами буквально снес здания, в них уже почти никого не было.

Первый удар Гоби-Алтайского землетрясения произошел в междугорье Бахар и Цэцэн (рис. 1), откуда начался подъем всей горной цепи и ее смещение к востоку. Именно поэтому сейсмотектонические трещины от Бахарского эпицентра распределились одно-сторонне: к востоку на 240—250 км, а к западу всего на 25—35 км. В 60—65 км восточнее Бахара южная стокилометровая зона прерывистых разломов как бы распоролась.

Северный край горной цепи вдоль генерального разлома Богдо поднялся выше и переместился к востоку больше, чем южный.

С южной стороны только в горах Ихэ-Богдо возникли значительные трещины, наклоненные под горную цепь на 68° .

При подъеме клинообразного массива, длиной 80 км и шириной до 30 км, вследствие растяжения образовались две внутренние системы трещин по обеим сторонам гребня хребта. По этим трещинам произошло грабенообразное опускание вершинной части хребта Ихэ-Богдо. Кульминационным актом этого процесса было необычайное явление в долине Битут (рис. 2). На первый взгляд оно представлялось грандиозным обвалом, но уже при аэровизуальном наблюдении 3 января 1958 г. возникло предположение, что это не простой обвал, а сбросо-обвал.

Перемещенная часть горного массива состоит из ряда блоков, двигавшихся по-разному. Она занимает площадь $1,5 \times 3,5$ км, ее максимальное вертикальное смещение вниз, по тыловому сбросу, — 328 м, а горизонтальное, к востоку, исчисляется десятками метров. Перед фронтом основного опустившегося клина образовались взбросы с подъемом до 60 м.

Колоссальная деформация ама (ущелья) Битут образовалась на пересечении мощного древнего разлома и системы сейсмотектони-

ческих трещин. Район деформации сложен гранитизированными и фельдшпатизированными метаморфическими сланцами.

Тектонические перемещения в аме Битут сопровождалась массовыми обвалами, особенно значительными на западном продолжении опустившегося блока. Последний перекрыл Битут-ам, при этом образовалось два озера (Малахитовое и Изумрудное).

Горы Ихэ-Богдо сместились в горизонтальном направлении больше, чем хребет Бага-Богдо. Это повлекло за собой образование одной из самых эффектных тектонических форм, когда-либо мгновенно возникавших на глазах человека — Тормхонского взбросо-надвига. Он напоминает застывшую громадную волну с высотой фронтального обрыва до 10 м.

Там, где Тормхонский взбросо-надвиг приближается к главной северной трещине, горизонтальный сдвиг по разлому Богдо достигает своего максимума — 8,85 м. Это значительно превышает подобные смещения почвы при ранее известных землетрясениях.

Изучение поверхности главных трещин, на которых мы нередко видели блестящие зеркала скольжения, позволило восстановить общую картину движения горных масс, про-

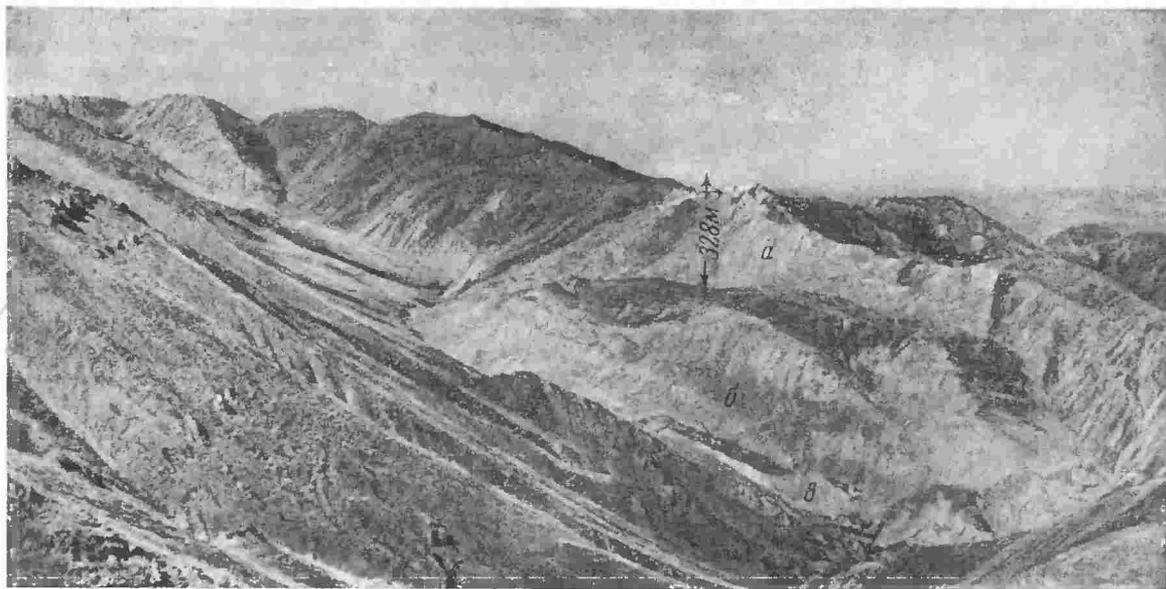


Рис. 2. Структура Битут: а — главный сброс, б — фронтальный сместитель, в — блок, поднявшийся на высоту до 60 м. Длина ее 3,5 км, ширина до 1,5 км, максимальное опускание — 328 м.

Фото С. Хилько

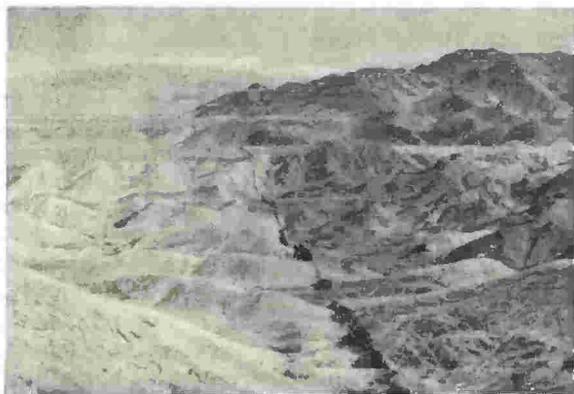


Рис. 3. Взбросо-сдвиг у северо-восточного подножья гор Дулан-Богдо. Трещина проходит по контакту зеленокаменных эффузивных пород (справа) и песчано-глинистых пестроцветных отложений

Фото В. Солоненко

исходившего в предгорьях около полудня 4 декабря 1957 г. Как показали наблюдения, в отдельных пунктах хребты Таряту-ула, Ихэ-Богдо и др., смещаясь описывали сложные кривые.

Размах первоначальных смещений в ходе землетрясения местами был в два раза больше того, который считается необратимым. Горные массивы, пришедшие в движение, по инерции переместились выше и дальше к востоку, нежели это соответствовало положению равновесия, а затем столь энергично возвращались к нему, что снова прошли точ-



Рис. 4. Центральная часть Ноян-Бахарской впадины («Логово дьявола»). Сдвиг переместил межовражные мысы; образовалась тектоническая дамба, перекрывающая овраги

Фото В. Солоненко

ку равновесия, но уже в обратном (западном) направлении. В этом положении подвижные блоки, задержались некоторое время и, наконец, переместившись к востоку, достигли положения равновесия. Часть повторных толчков Гоби-Алтайского землетрясения связана, по-видимому, именно с этими «движениями равновесия».

Вдоль трещин появились новообразования плотной тектонической глины в виде отдельных плоских линз с зеркалами скольжения. В единичных случаях встречаются довольно мощные (0,8 м) зоны перетертых пород (милонитов). Они выжаты из трещин и образуют прямолинейные земляные гребни.

Главные сейсмотектонические трещины, за исключением Тормхонского взбросо-надвига и Баян-Цаганского разлома, обновили древние разломы, неоднократно испытывавшие деформации сжатия и растяжения. Это ярко выражено в геологическом строении местности и непосредственно в ландшафте. Разрыв, образовавшийся во время землетрясения, служит в то же время контактом зеленокаменных излившихся пород и пестроцветных песчано-глинистых верхнемезозойских отложений, слои которых около разлома поставлены на голову, т. е. вертикально, а местами даже запрокинуты к северу (рис. 3). В то же время в нескольких километрах севернее (в сторону Долины озер) эти отложения залегают очень спокойно, почти горизонтально.

Главнейшие тектонические формы плейстосейстовой области (области наибольшего разрушения) — крупные складчато-глыбовые хребты Бага-Богдо, Ихэ-Богдо и Баян-Цаган, разделенные междугорными зонами относительного погружения. Эти горсты, или блоки, крайне неуравновешены.

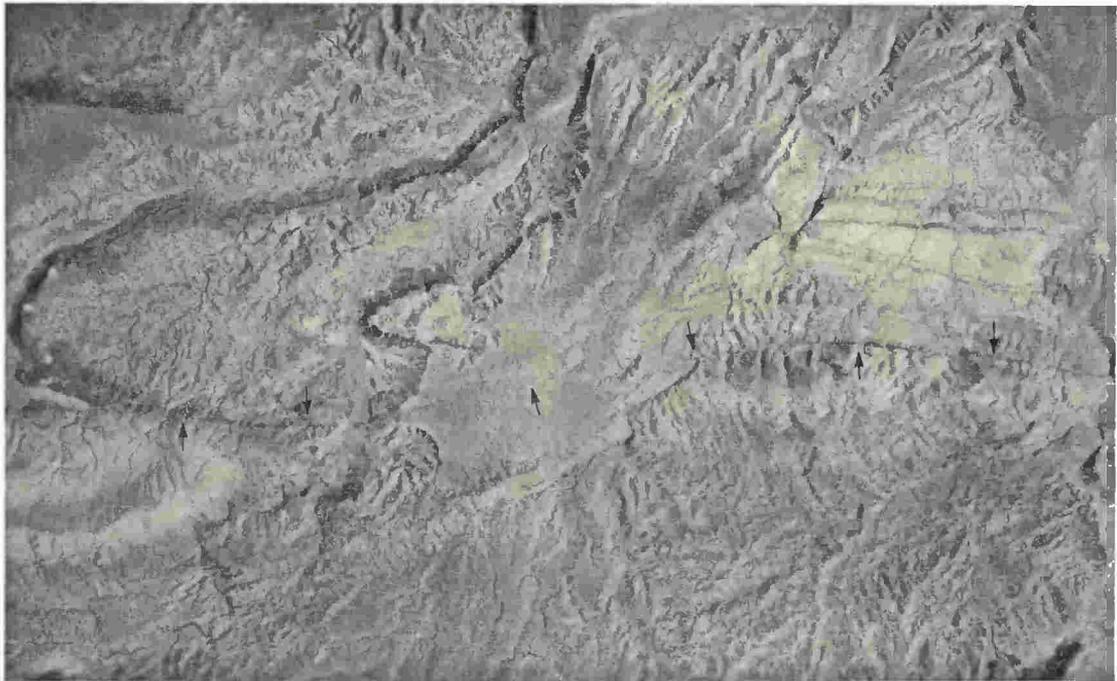
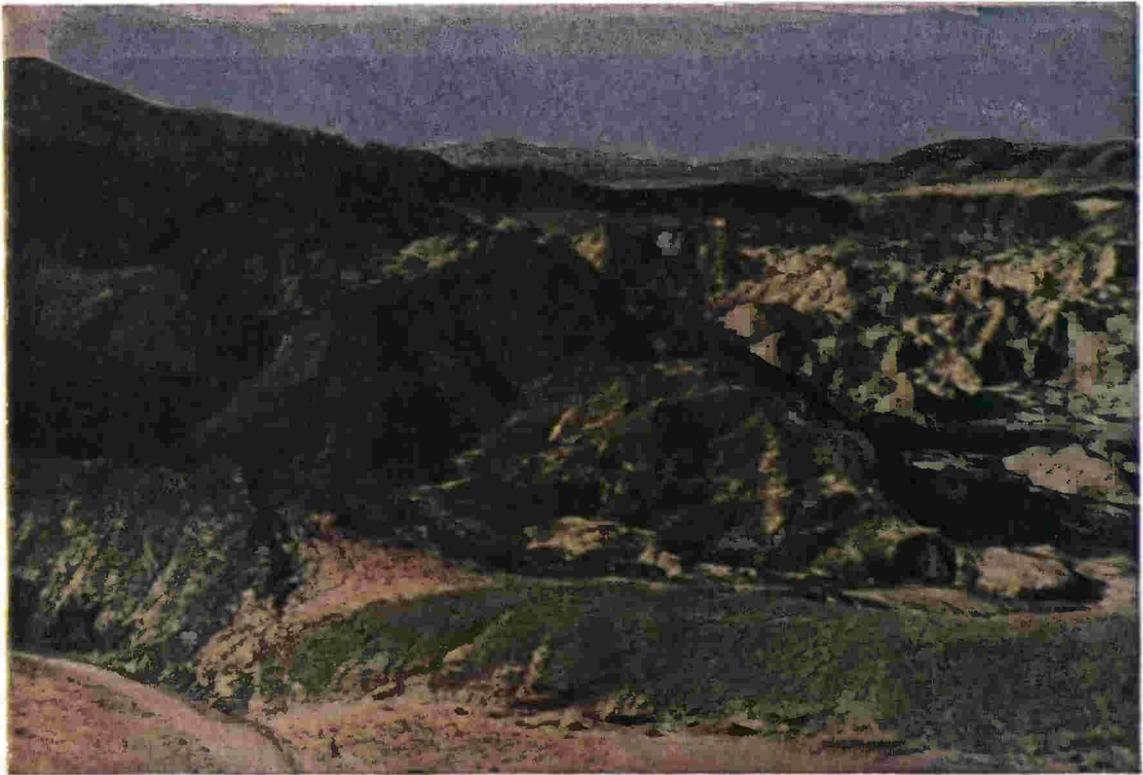
Начальный эпицентр Гоби-Алтайского землетрясения расположен в Бахарской зоне мозаичных структур, между тектоническими блоками Ихэ-Богдо и Баян-Цаган. В нее входит много небольших по площади горных массивов, с высотами почти до 3000 м. Все они изолированы друг от друга геоморфологически и геологически, но имеют единую «корневую» систему и четко вписаны в общий контур хребта.

Бахарскую зону по диагонали пересекает узкая Ноян-Бахарская впадина, приуроченная к наиболее жизнеспособной, мощной и активной полосе междугорных разломов.



В Монгольской Гоби. *Вверху* — разбитые трещинами наклонные слои красноцветных отложений в урочище Чудз-булак, в предгорьях Бага-Богдо. *Внизу* — взбросо-сдвиг в северных подножьях хребта Таряту-уда

Цветное фото В. Соловьева



В Монгольской Гоби. *Верху* — ландшафт «дурных земель» в северо-западных предгорьях хребта Таряту-ула; слева видна широкая трещина, образовавшаяся 4 декабря 1957 г. *Внизу* — аэрофотоснимок центральной части Ноян-Бахарской впадины. Стрелками показана трещина, обновившая старый разлом



Рис. 5. Южная трещина Бахарского грабена. На переднем плане — сопутствующие зияющие трещины растяжения; на заднем плане — надвиги

Фото В. Солоненко

Горные блоки группируются кулисообразно вдоль сдвига. Эта структура активна, по крайней мере, начиная с нижнемеловой эпохи и до наших дней.

Южное крыло синклинальной складки структуры Хутусуджи срезано древним разломом, обновленным 4 декабря 1957 г. Последний сместил межовражные мысы, овраги оказались перекрытыми скалистой стеной (рис. 4), покрытой слоем тектонической глины; местами перед мгновенно выросшей плотной образовались озерки. К востоку горизонтальное смещение несколько уменьшается, но зато увеличивается вертикальное.

К Ноян-Бахарской впадине приурочена и одна из крупнейших локальных молодых тектонических структур — Бахарский грабен, длиной 27 км и шириной до 800 м. Центральная часть грабена довольно слабо затронута разрывными нарушениями, но по пе-

риферии его ширина главных трещин достигает 19,15 м, и, кроме того, вдоль южного разлома тянется сложная система трещин (рис. 5), где в близком соседстве можно видеть и зияющие трещины растяжения, и трещины сжатия — надвиги.

Южная трещина грабена к востоку от эпицентра переходит в более прямолинейную и резко выраженную главную трещину — взбросо-сдвиг Богдо. Во время первого нашего обследования зоны перехода 3 января 1958 г. сайр Улан-Булак был перегорожен уступом взбросо-сдвига высотой 1,5—2 м, местами до 6 м, истинный же подъем местности к югу от трещины был по крайней мере на 2 м больше за счет деформации изгиба (рис. 6, 7). В начале ноября 1958 г. мы увидели здесь почти идеально ровное днище, покрытое мелкощебенистым материалом. Изпод щебня кое-где выступили коренные крас-



Рис. 6. Взбросо-сдвиг в сайре Улан-Булак (около восточного окончания гор Бахар-ула), обнаруженный 3 января 1958 г.

Фото В. Солоненко



Рис. 7. Сайр Улан-Булак 5 ноября 1958 г. Здесь год тому назад, как видно на рис. 6, возвышался взбросо-сдвиг

Фото В. Солоненко

ноцветные верхнемезозойские отложения. Весьма примечательно, что летом скольконибудь необычных дождей здесь не было, и то, что 4—6-метровая толща щебенистых отложений была смыта за одно лето, можно рассматривать как исключительное явление. Это тем более интересно, что за пределами сайров сейсмотектонические трещины в большинстве случаев сохранили свою первоначальную свежесть.

Несколько иной была картина движений при Баян-Цаганском землетрясении 7 апреля 1958 г. Во время толчка, связанного с напряжениями, подготовившими Гоби-Алтайское землетрясение, произошло сжатие и смещение грунтов к юго-юго-востоку, но в то же время действовали силы растяжения, направленные на восток-северо-восток, приблизительно в сторону эпицентра Гоби-Алтайского землетрясения, и унаследованные от него. Это привело к образованию сложной системы трещин, длиной около 15 км и шириной 40—50 м. Главным элементом в ней оказался взброс и взбросо-надвиг, но он сильно осложнен системой тесно расположенных кулисообразных трещин растяжения. Они пересекают всю главную зону трещин под значительным углом и выходят за ее пределы, чего не было при Гоби-Алтайском

землетрясении. Трещины рассекают излившиеся магматические и метаморфические породы южного склона Баян-Цаган и бороздят поверхность соседней межгорной впадины.

Баян-Цаганское землетрясение, в какой-то степени связанное с Гоби-Алтайским, было значительно слабее (10 баллов) и привлекло к себе меньше внимания.

* * *

Изучение последствий землетрясений закончено. Идет обработка экспедиционных материалов и сейсмограмм, записанных советскими и зарубежными станциями. В итоге можно будет проследить это природное явление от первых его ощутимых предвестников до периода затухания, в котором Гоби-Алтайское землетрясение находится и в настоящее время. Безусловно, это событие грандиозно.

Эпицентральная область землетрясения охватила около 7—8 тыс. км², а площадь с изосейстой 5 баллов достигала 1,4 млн. км². Внутри эпицентральной зоны произошли горизонтальные сдвиги земли до 9 м, а суммарная длина главных разрывов превышала 700 км. Все это показывает, что Гоби-Алтайское землетрясение было одним из сильнейших в истории.

