Шрамы на лике Земли

Член-корреспондент АН СССР В. П. Солоненко

Уже давно работают ученые над проблемой предсказания землетрясений, подходя к ней с разных сторон. Журнал «Природа» печатал, например, материалы о попытках выявить сейсмически опасные участки в районе Байкала, исходя из установленной периодичности землетрясений. В настоящей статье автор рассказывает о новом, палеосейсмологическом методе, который позволяет по современным формам рельефа устанавливать место, силу и повторяемость происходивших сильных землетрясений. Такой метод дает возможность в короткий срок получить необходимые сведения о сейсмичности осваиваемых районов. Кроме того, использование палеосейсмологического метода позволяет решать и вопросы прогнозов землетрясений.

Фундаментальное значение имеют первичные проявления землетрясения. Свежий сбросовый уступ или новый конус вулканического пепла являются по самой своей природе прямыми доказательствами, по сравнению с которыми даже данные, полученные хорошими сейсмографами, представляют лишь подробности.

Ч. Рихтер

Виктор Прокопьевич Солоненко, профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией инженерной сейсмогеологии Института земной коры СО АН СССР (Иркутск). Занимался проблемами инженерной геологии в условиях вечной мерзлоты, поисками и изучением месторождений графитов в Сибири и на Дальнем Востоке. С 1957 г. работает в области сейсмотектоники и инженерной сейсмогеологии. Автор большого числа научных работ и научно-популярной книги (в соавторстве с И. А. Кобеляцким) «Восточные Саяны» (1947).

Совсем еще недавно освоение новых территорий шло в основном по соседству с обжитыми землями. Знания о местных природных условиях, в том числе и о землетрясениях, передавались как эстафета — из рук в руки. Но интенсивное развитие производительных сил в последние 15—20 лет коренным образом изменило и способы освоения новых земель, и методы строительства. Крупнейшие промышленные узлы, гидротехнические сооружения, многоэтажные бетонные города, пути сообщения строятся в ранее пустынных районах. К проектам предъявляются строгие требования: они должны обеспечивать надежность эксплуатации сооружаемых предприятий и путей сообщения, удобства и безопасность для жителей. Вот почему наряду со многими инженерно-геологическими явлениями и процессами, опасными для искусственных сооружений, необходимо знать сейсмичность осваиваемой территории. Но для новых районов не было сведений об их сейсмической активности, а для надежности сейсмического районирования нужны сведения за сотни лет.

Перед сейсмологами и геологами встала задача: в короткий срок определить вероятную силу и повторяемость землетрясений для территорий, сведения по которым отсутствовали или были скудными. Чтобы решить эту задачу, разными путями, но к одной цели пошли сейсмологи и геологи различных школ.

В Сибири на материале Монголо-Байкальского сейсмического пояса зародился палеосейсмогеологический метод определения места, силы и повторяемости сильных землетрясений. Этот метод явился логическим результатом изучения геологических и геофизических условий эпицентральных полей, новейших движений земной коры и тех следов на поверхности Земли, которые оставляют сильные землетрясения [1].

Фото автора.

[1] Подробнее см. в кн.: В. П. Солоненко, А. А. Тресков и др. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М., «Наука», 1966.

Естественно, может возникнуть вопрос: почему ранее не обращали внимание на эти шрамы на лике Земли — явные следы сейсмических катастроф? Причин тому много, но истоки главной из них уходят в XIX столетие, когда была развенчана теория катастроф Кювье, и в 30-е годы нашего века — годы резкой критики неокатастрофистской теории Штилле. Но вместе с несостоятельными взглядами катастрофистов забвению была предана и роль катастрофических явлений в истории Земли вообще. Вульгарно-эволюционная, униформистская [1] теория развития Земли (фактически так же далекая от диалектико-материалистического понимания истории Земли, как и теория катастроф) настолько завоевала умы геологов, что даже вулканологи и сейсмогеологи, изучающие катастрофические явления и процессы, рассматривали последние как явления случайные и эпизодические. Под впечатлением Чилийского землетрясения Г. Тазиев пишет: «Мне казалось... непостижимым, что огромная полоса земли шириной 20—30 км и протяженностью 500 км могла внезапно опуститься... на 2 м... Это выходило за пределы моего воображения..., но так уж мы созданы, что нам невероятно трудно признать реальность того, что идет вразрез с представлениями, глубоко укоренившимися в нашем сознании [2]. Если с таким трудом перестраивается сознание автора знаменитой книги и кинофильма «Встречи с дьяволом», легко себе представить, насколько сложнее перестраиваться подавляющему большинству геологов и сейсмологов, которые никогда не видели собственными глазами буйства подземных сил.

Еще недавно сейсмологи и сейсмогеологи считали (многие считают и сейчас), что разрывы грунтов, сопровождавшие некоторые сильные землетрясения,— явления случайные и захватывают они только верхние рыхлые слои. Известный американский сейсмолог Ч. Рихтер систематизировал материал по сильным землетрясениям. Он смог найти сведения и включить в список сейсмических катастроф, сопровождавшихся разрывами земной коры, видимыми на поверхности, только 55 землетрясений. Это не иллюстрация истинного положения дел, а пример подавления наблюдательности исследователей «глубоко укоренившимися представлениями». Только в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе в 1902—1967 гг. при землетрясениях образовалось 15 сейсмотектонических трещинных зон протяженностью от 1,5—2 до 350 км. Суммарная длина разломов, видимых на поверхности Земли, достигает почти 2500 км. При изучении новейшей тектоники и форм рельефа в Байкальской рифтовой зоне и Монголии были встречены такие элементы рельефа и формы накопления осадков, образование которых нельзя связать ни с какими иными природными силами, кроме как с сейсмическими. Размеры и типы их, как выяснилось при обследовании современных землетрясений, зависят от силы землетрясения и условий его возникновения (глубина и механизм очага, геологическое строение эпицентральной области и т. п.).

Установление закономерности связи масштаба и типа сейсмических дислокаций и сопутствующих явлений с энергией землетрясения позволили выявлять эпицентры землетрясений, о которых нет статистических сведений.

Шкала сейсмических дислокаций

При глубине очагов до 25—30 км подвижки по разломам при восьмибалльных землетрясениях обычно до поверхности Земли не доходят или они настолько малы, что следы их быстро уничтожаются денудацией. Но все же иногда эпицентральную зону таких землетрясений можно установить по обновлению сейсмогенных разломов и остаточным сейсмогравитационным деформациям (обвалы, оползни), связанным с сейсмогенной структурой.

Во время девятибалльных землетрясений при главном и последующих толчках (афтершоках) образуется зона трещин протяженностью обычно до 2—3, иногда до 10—12 км. Ширина трещин — до десятков сантиметров, редко — до 1—1,5 м и более, а амплитуда вертикального смещения редко превосходит 0,8 м. Благодаря тому что подвижки по разлому продолжаются и после землетрясения, такие сейсмодислокации могут иногда сохраняться десятки и сотни лет. По-видимому, более значительные подвижки происходят при землетрясениях в быстро развивающихся впадинах морей и рифтовых озер. Например, при землетрясении 29 августа 1959 г. (9 баллов) дно Байкала в эпицентральной зоне опустилось на 10—15 м, а вероятная протяженность обновленного разлома достигала 30—35 км [1].

9-балльные землетрясения вызывают обвалы, оползни, грязевые извержения, иногда земляные лавины или грязекаменные (селевые) потоки.

Землетрясения в 10 баллов и выше в эпицентральной зоне часто сопровождаются грандиозными движениями земной коры, обвалами, обычными и скальными оползнями, земляными лавинами, оседанием берегов и крутых склонов гор и т. п. Тип и масштаб этих явлений в значительной степени зависит от характера поля напряжения, геологических условий, рельефа, типа сейсмогенных структур.

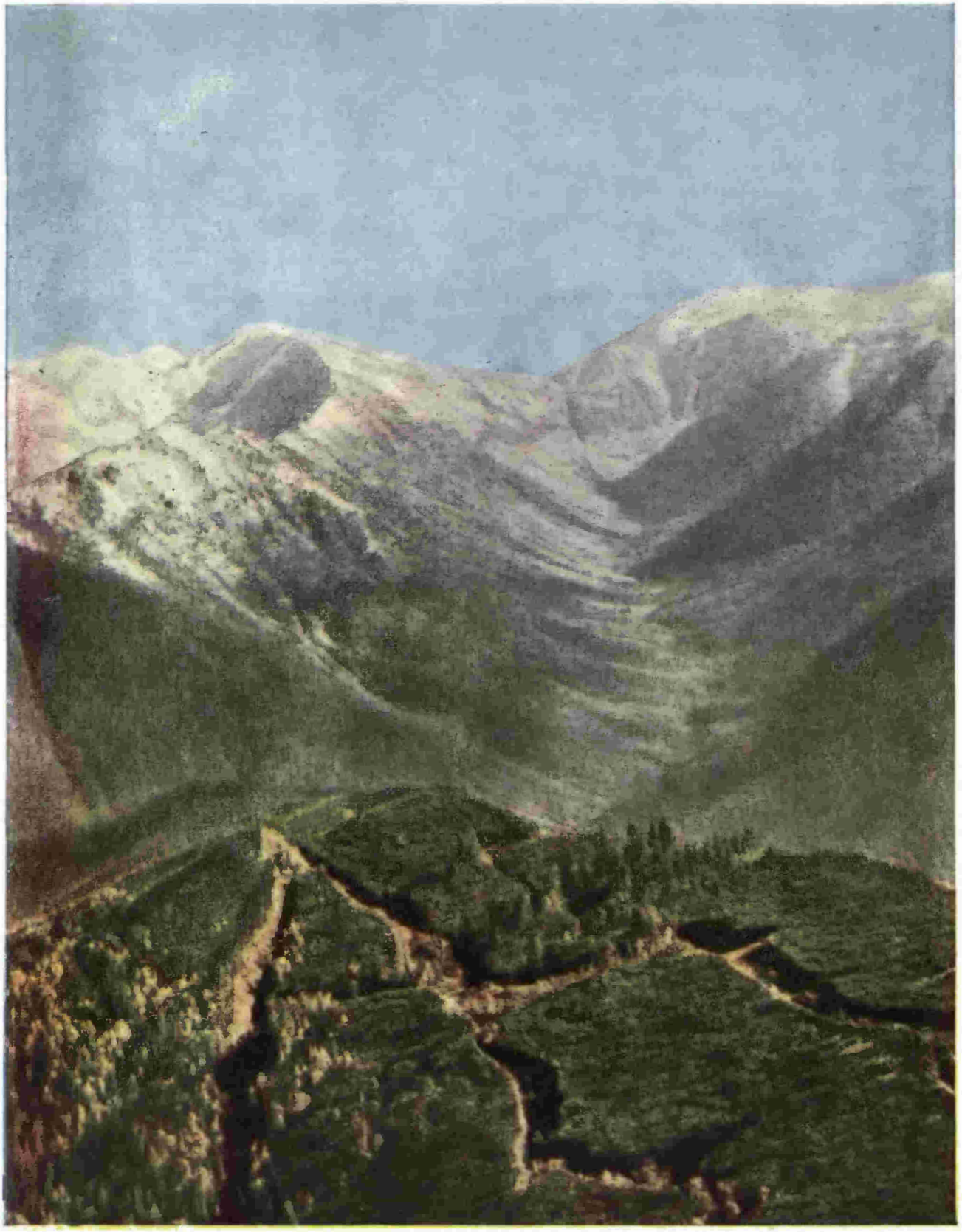
В условиях Монголо-Байкальского сейсмического пояса при 10-балльных землетрясениях земная кора, по расчетам, вовлекается в движение на площади 6—7 тыс. км^2, а резко выраженные вертикальные смещения (до 7—8 м) охватывают блоки земной коры площадью в 250—300 км^2. Так, при землетрясении 11—12 января 1862 г. на Байкале тектонический блок земной коры с северной стороны дельты р. Селенги опустился на 7—8 м, часть его оказалась ниже уровня озера и на месте Цаганской степи образовался залив Провал площадью в 203 км^2. С южной стороны дельты р. Селенги находятся еще два подобных залива — Истокский и Посольский. Последний из них образовался

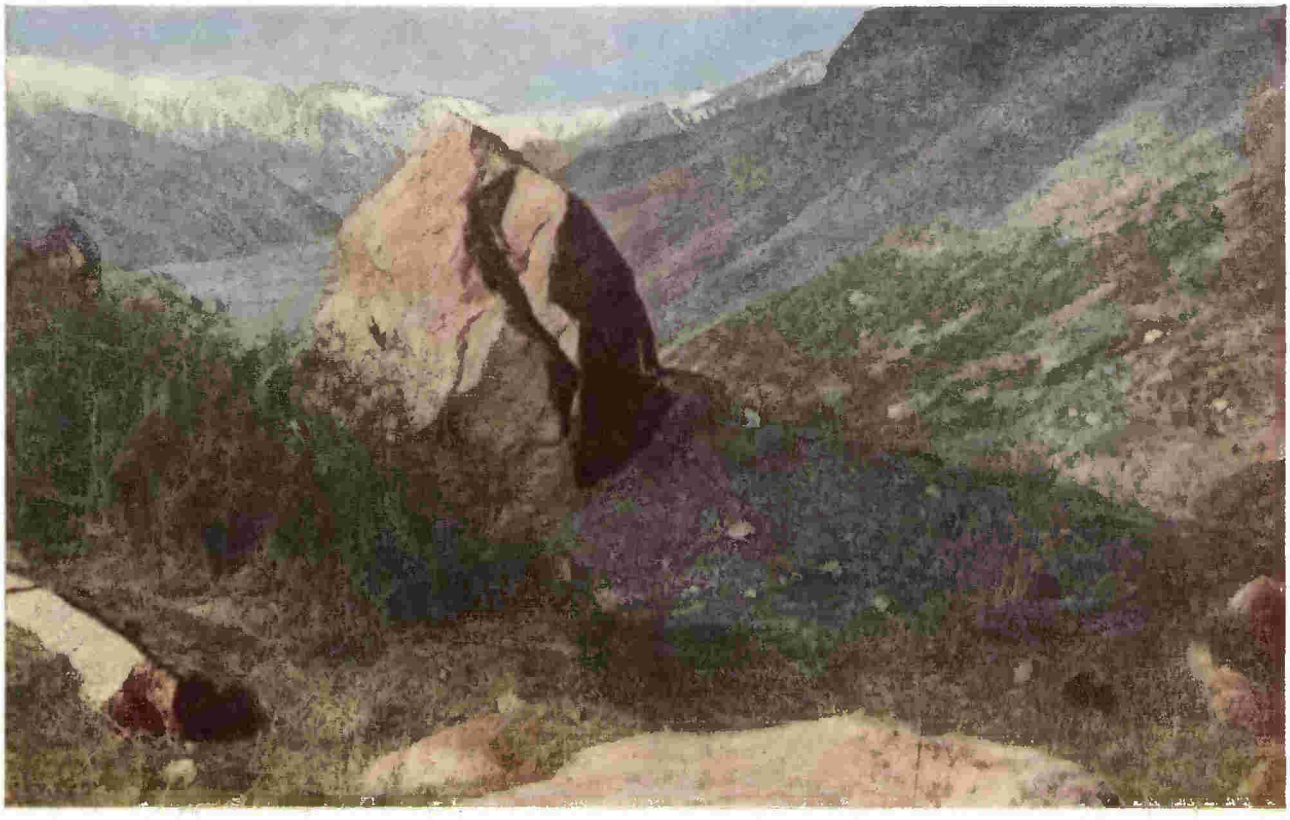
---

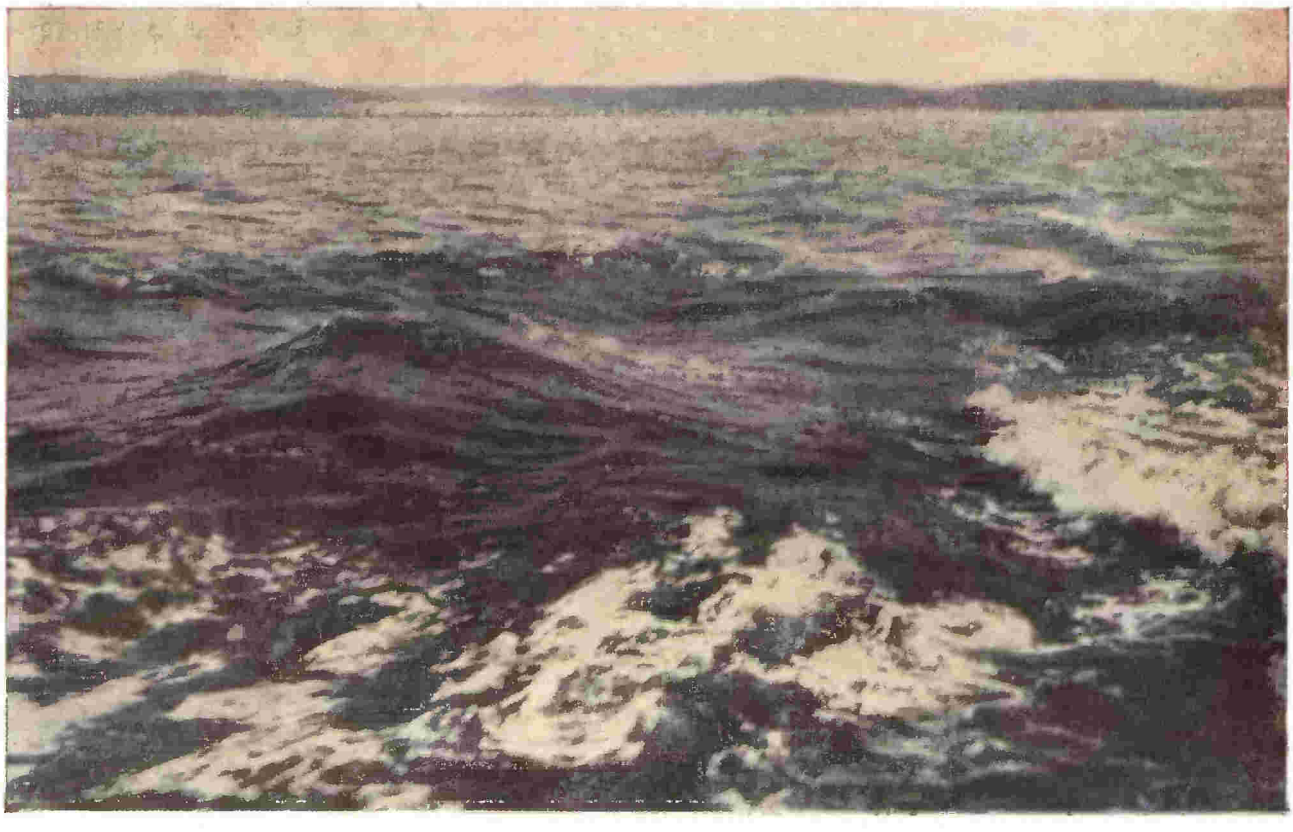
[1] Униформизм — концепция в геологии, отстаивающая полное тождество геологических процессов прошлых эпох и сил, их вызывающих, с современными. (Прим. ред.).

[2] Г. Тазиев. Когда земля дрожит. М., «Мир», 1968, стр. 40.

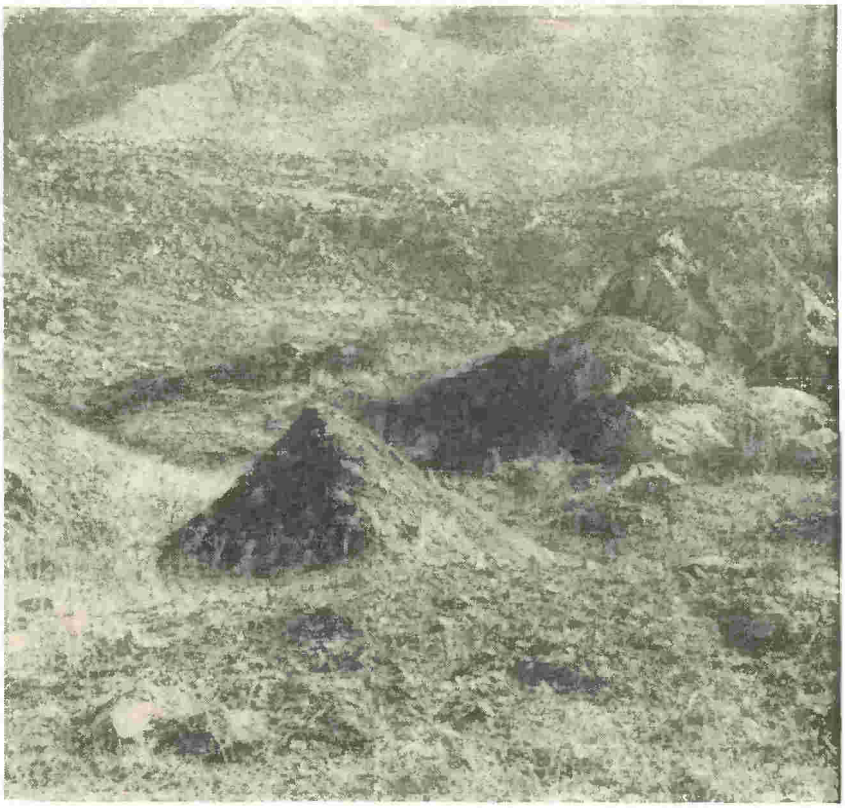
[1] В. П. Солоненко, А. А. Тресков. Среднебайкальское землетрясение 29 августа 1959 г. Иркутск, 1960.



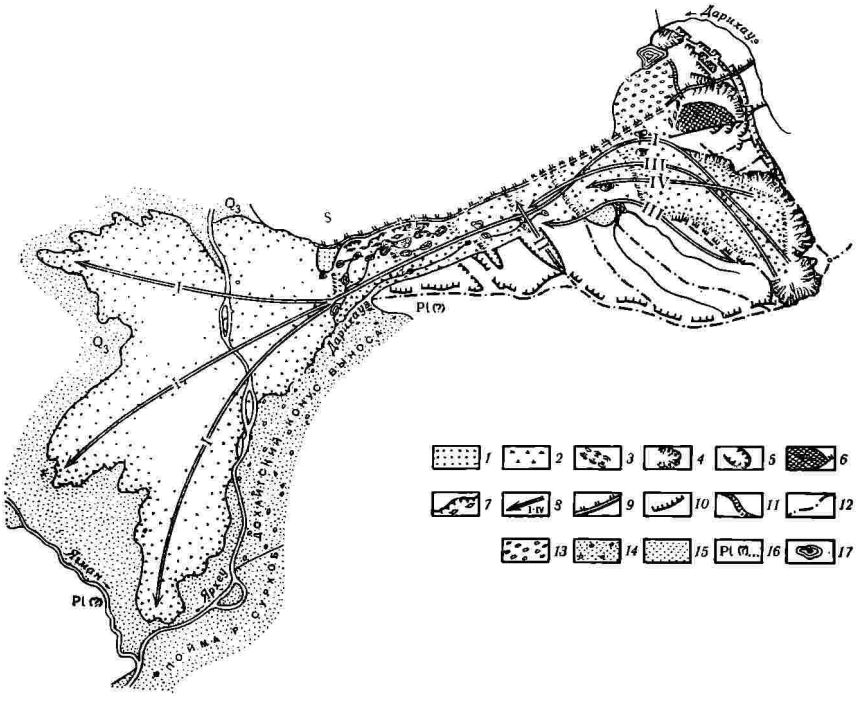




Общий вид Хаитского сейсмогенного обвала. На переднем плане — конусы фонтанирования, за ними (справа) — выжатые из обвальной массы скалы. Под обвалом погребен районный центр Хаит.



Фронтальная часть одной из «волн» Хаитского обвала.



На вклейке.

Сложенная гранитами горная вершина разбита трещинами. Предполагаемая сила землетрясения — 11 баллов.

Фото В. Хромовских

Глазомерный план Хаитского сейсмогенного обвала 10 июля 1949 г. (составил В. Солоненко при участии Д. Дельяновича, М. Исмаилова, Х. Мирзобаева, О. Павлова, О. Романова, С. Хилько и Х. Хайдарова). 1 — валы древних обвалов; 2 — Хаитский обвал; 3 — уступы («волны») обвальной массы; 4 — скальные обвальные амфитеатры; 5 — обвальные амфитеатры в лессах; 6 — сейсмогенный скальный оползень-обвал и направление его движения; 7 — оползни и бугры выпирания; 8 — направление движения обвалов; 9 — сейсмогенный взброс; 10 — сейсмогравитационные обвально-оползневые трещины; 11 — селевая промоина; 12 — водоразделы; 13 — морена; 14 — пролювий; 15 — аллювий (Q_3); 16 — протерозойская (?) и силурийская (S) метаморфические толщи и граниты; 17 — озера; I, II, III, IV — последовательные фазы обвалов.

не позднее чем 2—3 тыс. лет назад, так как он врезан в террасу, датированную культурой позднего неолита. Блок земной коры при этом историческом землетрясении опустился по крайней мере на 12—15 м.

Если землетрясение связано со сбросами земной коры, на поверхности видны разрывы протяженностью 15—25 км. Ширина трещин достигает 8—10 м, в отдельных случаях — 20 м, но обычно значительно меньше, крылья трещин по вертикали относительно друг друга смещаются до 7—8 м. Если они разрывают русла рек, на них образуются водопады или они играют роль дамб, выше которых образуются временные озера. Следы таких озер выше сейсмогенных разломов — надежные свидетели бывших сейсмических катастроф. По мощности осадков, уровню стояния воды можно определить амплитуду смещения крыльев разлома, а по захороненным растительным остаткам — приблизительно время землетрясения.

Если землетрясение связано со

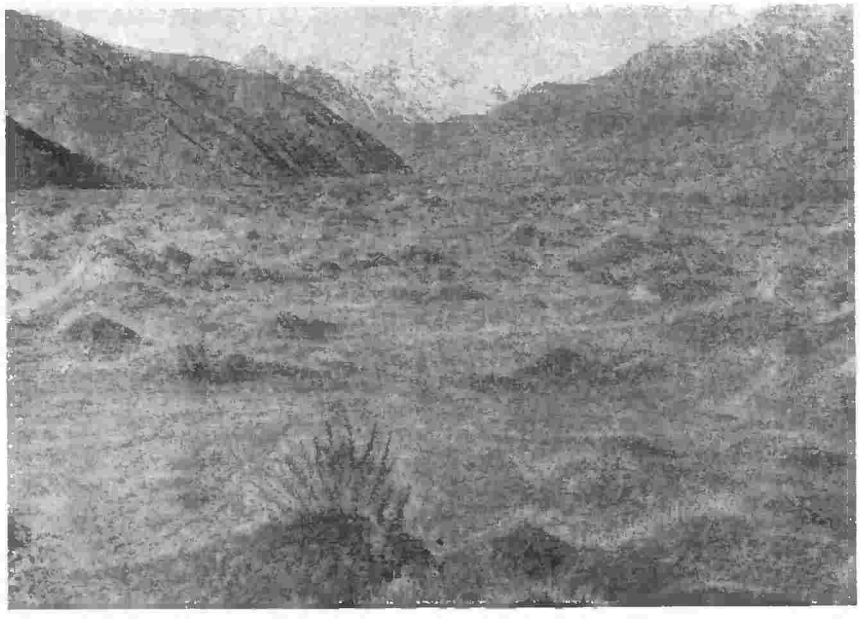
На вклейке.

Вверху.

Скалы-обелиски вздымаются из грунтовой массы сейсмогенного обвала.

Внизу.

Залив Провал на Байкале. На этом месте 13 января 1862 г. в результате 10-балльного землетрясения ушла под воду Цаганская степь с бурятскими улусами и пашнями.



Сейсмогенные земляные лавины засыпали долины Ягман, Ярхеу и других рек. Поверхность их покрыта характерными конусами земляных фонтанов.

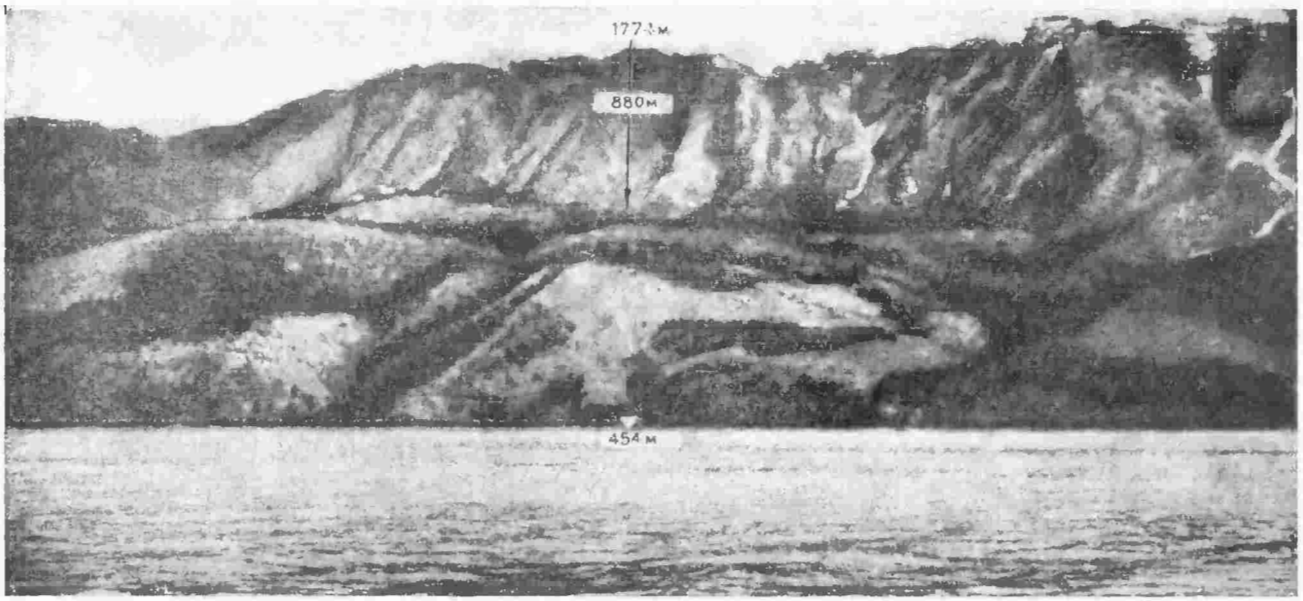
сдвигом земной коры по разломам, длина зоны трещин может достигать 100 км.

Массовые обвалы и оползни при десятибалльных землетрясениях наблюдаются нередко на громадной площади — на расстоянии до 220—230 км от эпицентра. По периферии — это гравитационные оползни и обвалы, но в эпицентральной зоне они имеют особую динамику. Сейсмические колебания, подобно вибрационному грохоту, возбуждают обвальную массу. Движение ее походит на движение реки, перегруженной льдом: плавное ее течение прерывается затором льда, и месиво из воды и льда вздувается, поднимается валом, бьют водно-ледяные фонтаны, из ледяной каши, как обелиски, медленно поднимаются крупные льдины.

Похожую картину можно видеть на Хаитском сейсмогенном обвале, который при десятибалльном землетрясении 10 июля 1949 г. пронесся по ущелью Дарихауз, погреб под собой районный центр Хаит, пересек долину р. Ярхыу и перекинулся на противоположный склон, пройдя путь около 10 км. Для обвала характерен каскадный продольный профиль. Высота уступов — десятки метров. На обвале фонтанировал грунт и образовались характерные земляные пирамиды. Вследствие сейсмической вибрации из обвальной массы выжимало наиболее крупные монолиты, и сейчас можно видеть эти каменные обелиски.

Хаитская катастрофа — не первая и не последняя в этом районе. Близ устья ущелья Дарихауз нами установлены остатки подобного же старого обвала, а в его верховье — горные массы, сейсмотектоническими процессами подготовленные к срыву при следующем сильном землетрясении. Обвал, аналогичный Хаитскому, установлен в ущелье в 12 км севернее Хаита.

Сейсмогенные обвалы широко распространены в Средней Азии, только они оставались вне поля зрения сейсмогеологов и не использовались для выделения сейсмически опасных районов. Советский геоморфолог К. В. Курдюков описал гигантские сей-



Вдоль западного побережья Байкала тянется зона сейсмогенных разрывов. К ним приурочены сейсмогравитационные клинья обрушения — характерные структуры, образующиеся при 11—12-балльных землетрясениях.

смогенные обвалы в Заалайском хребте. Обвальные массы проходили путь до 30 км, удаляясь от подножия гор на 10—15 км, и покрывали площадь до 150 км². Такие обвальные образования до настоящего времени принимают за ледниковые отложения.

Оползни и оплывины, возбужденные в эпицентральной зоне сейсмическими колебаниями, перерождаются в земляные лавины. Они с громадной скоростью устремляются вниз по долинам даже при уклонах всего лишь в несколько градусов и могут проходить многокилометровый путь, уничтожая населенные пункты, сады, культурные земли.

Земляная масса при движении фонтанирует, и поверхность ее покрывается конусами. Такой микрорельеф обычно принимают за бугристо-западинный или за рельеф ледниковых земляных пирамид. Если же бугор земляной лавины разрезать, в нем видны каналы вторичного фонтанирования. Они заканчиваются корнями воронок паразитических кратеров фонтанирования. Это надежный признак конусов фонтанирования сейсмогенных земляных лавин, отличающий их от земляных бугров иного генезиса.

При 11-балльных землетрясениях в зонах растяжения образуются широкие (до 15—20 м) трещины протяженностью в первые десятки километров, но с большой амплитудой смещения (10—12 м и более). Подобные разломы обнаружены во многих местах Байкальской сейсмической зоны. Одна из наиболее выразительных структур находится на хребте Хамар-Дабан на южном побережье Байкала. С перерывами она прослежена на 38 км. Ширина сбросовых рвов достигает 20 м, амплитуда вертикального смещения — до 10—12 м. Местами горы, сложенные гранитами и гранито-гнейсами, во многих направлениях разорваны мощными зияющими трещинами.

Если землетрясение связано со сдвигами земной коры, то образуются зоны разломов длиной до 350 км и более с небольшой амплитудой вертикального смещения. Главные трещины осложнены оперяющими трещинами растяжения и сжатия.

12-балльные землетрясения сопровождаются резкими изменениями рельефа местности на площади во многие тысячи квадратных километров, а движения земной коры охватывают сотни тысяч квадратных километров. Например, при Аляскинском землетрясении 27 марта 1964 г. вертикальные перемещения земной коры с амплитудой до 10—15 м охватили площадь не менее 200 тыс. км². Зоны разломов имеют протяженность до нескольких сот километров, а суммарная длина разломов в плейстосейстовой области достигает 100 км. Изучение плейстосейстовых областей 11—12-балльных землетрясений позволило выявить такие формы тектонических и гравитационных деформаций земной коры, возможность образования которых ранее никто не предполагал. К ним, прежде всего, относятся гравитационно-тектонические клинья. Впервые формирование подобной структуры наблюдалось в эпицентре Гоби-Алтайского землетрясения [1].

Во время землетрясения Гобийский Алтай с обледенелыми вершинами, вздымающимися до 4 тыс. м, под-

[1] Н. А. Флоренсов. Катастрофическое землетрясение в Гобийском Алтае. «Природа», 1958, № 7; В. П. Солоненко, Н. А. Флоренсов. По следам землетрясений в Гоби. «Природа», 1960, № 2; Гоби-Алтайское землетрясение. М., изд-во АН СССР, 1963.

нялся в виде клина по взбросо-сдвигам, наклоненным под хребет под углом 68°. Вследствие этого в центральной высокогорной части хребта возникли мощные растягивающие напряжения и водораздельный массив с максимальными высотами опустился по разломам на несколько метров. Образовался Центральный грабен шириной около 10 км. В углу этого грабена в месте схождения древних и молодых разломов и трех мощных разрывов, связанных с недавними катастрофическими землетрясениями, часть горного массива площадью около 3,5 км обрушилась в глубь Земли на 328 м. Напряжения, вызванные опусканием клина, обуслобили выдавливание перед его фронтом меньшего тектонического клина на высоту около 60 м.

Перед глазами наблюдателей в ущелье Битут предстала фантастическая картина. Но после детального исследования участка она нашла простое и логическое объяснение. Оказалось, что при установленной глубине очага землетрясения (25—28 км) для возникновения этого тектонического клина во время землетрясения необходимо было образование трещин, ограничивающих клин, с суммарной шириной 12 м. В плейстосейстовой области местами наблюдались и более широкие трещины.

Подобные структуры установлены в нескольких пунктах Байкальской рифтовой зоны. Наиболее грандиозная из них находится на северо-западном побережье Байкала. Здесь часть Байкало-Ленского водораздела при катастрофическом землетрясении прошлого (сотни или первая тысяча лет назад) опустилась на 880 м. Эта структура связана с Северо-Байкальской зоной сейсмогенных разломов, протягивающейся на 180 км. К ней же приурочены другие сейсмогравитационные структуры, скальные оползни, обвалы, многие зияющие трещины и т. п.[1]

При катастрофических землетрясениях иногда по пологим поверхностям скалываются вершины гор. При Гоби-Алтайском землетрясении скалывало и сбрасывало или смещало и поворачивало вершины гор до 3,5 км в поперечнике. Срывы вершин гор мы рассматриваем как надежный признак катастрофических землетрясений. Они установлены, например, в бассейне р. Снежной на Байкале, где были сорваны горные пики высотой до 100—150 м с площадью основания 0,3×1,2 км и сброшены в ущелье[1]. Так, иногда среди пикообразных вершин альпинотипных хребтов могут появляться плосковершинные горы, над происхождением которых ломают головы и ведут бесконечные споры геоморфологи.

Палеосейсмологию — на службу практике

Палеосейсмодислокации в настоящее время известны уже во многих высокоактивных сейсмических зонах Земли — в Африканской рифтовой системе, Калифорнии, на Аляске, Филиппинах, в Чили, Новой Зеландии, Югославии, Анатомии, Иране и др. Сейчас еще далеко не всегда сейсмогеологи решаются пользоваться ими для определения уровня активности сейсмогенных структур, выпуская из своих рук почти беспроигрышный геологический козырь в решении этого чрезвычайно важного вопроса. Так, например, в районе Кара-Гаудана (эпицентральной области Ашхабадского землетрясения) и в окрестностях развалин г. Ниса (в Копет-Дагской зоне разломов) даже при беглом экскурсионном осмотре нами замечен ряд сейсмодислокаций, связанных с историческими 9—10-балльными землетрясениями. Вместе с тем в результате довольно детальных сейсмогеологических исследований в 40-х годах, незадолго до Ашхабадского землетрясения, этот район был отнесен к 7-балльным. По сейсмодислокациям же ясно видно, что землетрясение 6 октября 1948 г., уничтожившее столицу Туркмении,— явление отнюдь не случайное, хотя по силе оно близко к верхнему уровню землетрясений, случавшихся в ашхабадском секторе Копет-Дага в последние сотни или первые тысячи лет.

В Хаитском районе, на карте сейсмического районирования 1949 г. отнесенном к 8-балльным, в том же году произошло 10-балльное землетрясение. Вместе с тем в этом районе находятся старые сейсмогенные обвалы, которые могли быть связаны только с 9—10-балльными землетрясениями. Сам районный центр Хаит построили на пути таких обвалов и тем самым заранее предопределили его гибель под сейсмогенным обвалом (10 июля 1949 г.).

Перечисляя все эти примеры, мы отнюдь не намерены в какой-либо степени упрекать сейсмогеологов, проводивших исследования 20—25 лет назад. Тогда о палеосейсмогеологии вообще не было речи. Но палеосейсмогеологический метод при сейсмическом районировании Среднеазиатской и некоторых других сейсмических зон, к сожалению, не используется и в настоящее время. А это может привести к ошибкам, теперь уже непростительным.

Так, например, центральная часть западного Таджикистана на современной карте сейсмического районирования целиком отнесена к 9-балльной зоне, практически без какой-либо дифференциации сейсмической опасности[1]. Изолинии повторяемости землетрясений, нанесенные по кратковременным инструментальным наблюдениям, не повышают, а понижают степень достоверности карты, так как они по диагонали секут разнотипные сейсмогенные структуры, уже давно выделенные И. Е. Губиным[2].

Просмотр аэрофотоснимков и рекогносцировочное обследование[3] ряда участков в бассейнах рек Вахш, Сурхоб, Варзоб и др. показали, что сейсмическая активность 9-балльной зоны неравноценна: наряду с обширными участками, где нет никаких при-

---

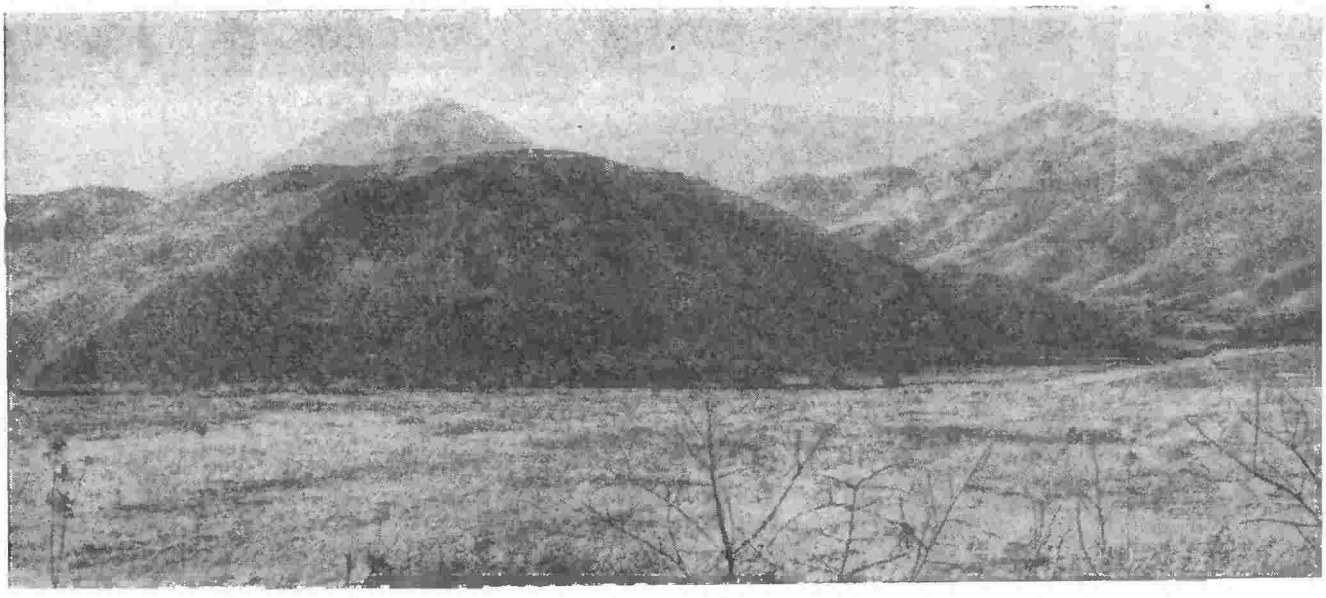
[1] В. П. Солоненко, А. А. Трескова и др. Сейсмотектоника и сейсмичность рифтовой системы Прибайкалья. М., «Наука», 1968.

[1] В. С. Хромовских. Сейсмогеология Южного Прибайкалья. М., «Наука», 1965.

[1] Сейсмическое районирование СССР. М., «Наука», 1968.

[2] И. Е. Губин. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. М., изд-во АН СССР, 1960.

[3] В обследовании принимали участие геологи Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН ТаджССР (Х. Мирзобаев, О. Романов и др.) и Института земной коры СО АН СССР (О. Павлов, В. Солоненко и др.).



знаков проявления в историческое время 9-балльных землетрясений, имеются участки с явными следами по крайней мере 9—10-балльных землетрясений. Например, выше слияния рек Сурхоб и Обихингоу, вдоль правого борта долины Сурхоб, на протяжении не менее 10 км между кишлаками Гыжмат и Зырдыр намечается линия крупных оползней-обвалов. Здесь же виден свежий сброс, падающий к юго-востоку. Такие же оползни-обвалы на междуречье Сурхоба и Обихингоу охватывают район кишлаков Тергир и Баргач. Селесборный бассейн обширного селевого поля в районе кишлака Баргач представлен громадным обвальным амфитеатром. Динамическая неуравновешенность бассейна (он бурно разрастается за счет обвалов, оползней и эрозии) — показатель его молодости.

Ниже слияния рек Сурхоб и Обихингоу, на левом берегу р. Вахш, в висячей впадине чрезвычайно ярко выражена новейшая тектоника (вплоть до сохранения реликтовых озер). На западном ее окончании сорвана вершина горы, а далее, к створу Рагунской ГЭС, тянется молодая зона разломов.

Все это дает основание предположить, что вблизи слияния рек Сурхоб и Обихингоу находится плейстосейстовая область 9—10-балльного землетрясения, происшедшего не более первых сотен лет тому назад.

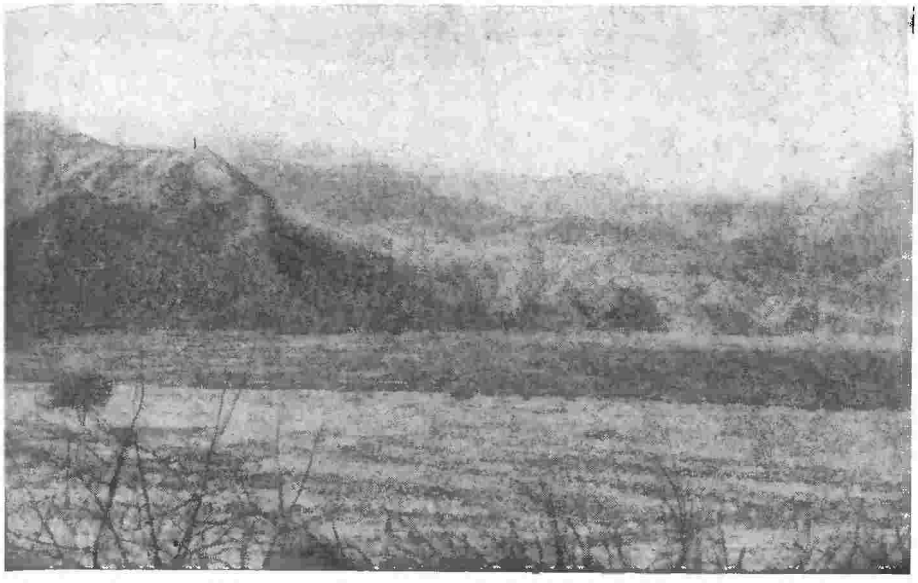
На упомянутой ранее карте сейсмического районирования Таджикистана весь бассейн р. Варзоб лежит в 9-балльной зоне. По палеосейсмогеологическим же признакам это оправдано только для зоны Гиссарского глубинного разлома и для района курорта Ходжи-Обигарм. В последнем имеются разрывы с признаками недавнего (сотни лет) обновления. Один из них тянется вдоль левого борта р. Дарайкулол. Второй разлом прослеживается по крайней мере на протяжении 7 км от курорта на северо-восток, пересекает долину р. Варзоб, отсекает нижний мыс р. Ишакколды, пересекает долину этой речки и далее уходит к северо-востоку. Выше разлома отчетливо видны следы недавнего подпруживания р. Варзоб (озеровидное расширение долины и аккумуляция аллювия). Сам террасовидный уступ на территории курорта, где при инженерно-геологической разведке якобы вскрыли коренные породы, вероятнее всего, сложен обвальными и пролювиальными отложениями. В окрестностях устанавливается по крайней мере двукратное вторжение обвальных фаций. Последнее смещение склона, хотя и без обрушения, происходило примерно 50—60 лет назад.

Наши наблюдения в Таджикистане были слишком беглыми и кратковременными, чтобы делать серьезные практические выводы, но они показали, что палеосейсмогеологический метод можно с успехом применять в разных сейсмотектонических условиях и даже в сейсмически хорошо изученных районах.

Возможности расширяются

Палеосейсмогеология начинает вторгаться в другие отрасли наук, и прежде всего — в литолого-тектонические. При обследовании катастрофических землетрясений установлено, что многие представления о геологических процессах, достоверность которых считалась незыблемой, оказывается ошибочными. Так, например, до настоящего времени полагают, что милониты[1] образуются на значительных глубинах вследствие длительного перетирания горных пород в подвижных зонах разломов. Гоби-Алтайское землетрясение показало, что они могут образоваться практически мгновенно и у самой поверхности Земли. Более того, милониты были выжаты из трещин и образовали классические дайки мощностью около метра, возвышавшиеся над поверхностью земли на несколько метров. Мгновенно изменился и минеральный состав; из разнообразных пород — гранитов, глинистых сланцев и других — образовались одинаковые по составу гидрослюди-

[1] Милонит — тонкораздробленная спрессованная горная порода со следами течения, видными под микроскопом.



По правому борту р. Сурхоб в Южном Тянь-Шане, на междуречье рек Сурхоб и Обихингоу, массовое развитие оползней-обвалов может указывать на плейстосейстовую область 9—10-балльного землетрясения.

сто-монтмориллонитовые милониты. Резкая смена типа тектонических нарушений при структурном анализе всегда рассматривалась как доказательство длительности развития структурного поля с изменением направления осей и характера поля напряжений. В действительности же при катастрофическом землетрясении мгновенно образуются почти все известные типы тектонических нарушений, часто как будто взаимоисключающие друг друга — надвиг и мощная трещина растяжения, сброс и взброс и т. п.

Резкая смена осадков глубоководных мелководными, тем более с прибрежной фауной и знаками ряби, со стратиграфическим перерывом, рассматривается как безусловное доказательство такого хода событий: 1 — быстрое тектоническое поднятие морского дна, 2 — регрессия моря, 3 — континентальная денудация, 4 — трансгрессия моря, 5 — восстановление глубоководного режима. Каждому геологу сейчас ясно, что для подобного развития событий необходимы по крайней мере десятки миллионов лет. В действительности же это может произойти в считанные часы. При мощном землетрясении прибрежные осадки приходят в движение и с непостижимой скоростью — до 80 км/час, т. е. в 4—5 раз быстрее самых бурных горных потоков, устремляются по континентальному склону, а затем, постепенно замедляясь,— и по абиссальной равнине моря или океана. Они проходят путь во многие сотни километров.

На абиссальных глубинах мощность четвертичных и миоцен-плиоценовых осадков иногда измеряется десятками сантиметров или первыми метрами. Стремительный песчаный поток, естественно, легко может уничтожить этот маломощный слой илов и лечь на олигоценовые глубоководные глины. Таким образом, в течение 13—15 час. возникает перерыв в осадках, измеряемый 30—35 млн лет.

В Тихоокеанском сейсмическом поясе ежегодно происходят землетрясения, которые могут вызывать движение наносов. Ясно, что вторжение чуждых фаций в разрезы отнюдь нельзя рассматривать как явления экзотические.

Можно привести еще много примеров решительного вторжения сейсмических процессов в формирование лика Земли и в ход геологических процессов. И приходится только удивляться, как мало на них обращают внимания. Геологи и геоморфологи настолько загипнотизированы привычными представлениями о количественной медлительности геологических процессов, что не обращали внимания на многочисленные свидетельства бурных, полных драматизма событий в жизни Земли — если не всей, то во всяком случае ее обширных орогенических, вулканических и сейсмических поясов.

Итак, если пристально всмотреться в лик Земли, можно увидеть на нем немало шрамов, подчас глубоких и незаживающих ран — следов недавних бурных событий в жизни нашей планеты. Палеосейсмогеологический метод помогает установить место, интенсивность и приблизительное время таких событий. Но не надо думать, что сделать это легко и просто. Многие силы природы не только созидают, но и разрушают скульптуру рельефа поверхности земной коры. Ледники, стремительные водные потоки, вулканические процессы, оползни, обвалы, сели и многие другие агенты денудации могут нанести земной коре раны, внешне сходные с сейсмогенными. Поэтому палеосейсмогеолог, чтобы не ошибиться в своем заключении, должен широко использовать данные тектоники, геологии, геофизики, сейсмологии, геоморфологии и инженерной геологии. Но зато сейсмогеолог, вооруженный палеосейсмогеологическим методом, может намного быстрее и точнее определить сейсмическую опасность территорий, чем это делалось раньше.

УДК 550.34