

Мощные землетрясения Большого Кавказа

Член-корреспондент АН СССР В. П. Солоненко
В. С. Хромовских
Кандидат геолого-минералогических наук

Десять лет тому назад, 16 июля 1963 г., вечером, на Кавказе произошло 9-балльное землетрясение. Случись оно в каком-либо густонаселенном районе Грузии, о нем писали бы все газеты мира — энергия его более чем в 300 раз превышала энергию всем памятного Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. Но эпицентр лежал в глубине Большого Кавказского хребта, и землетрясение прошло почти незамеченным. Исследователи, прошедшие по свежим его следам (А. Д. Цхакая, Б. Л. Соловьев и др.), единодушно оценили силу землетрясения в 9, а в районе селения Реква — более 9 баллов. Мощные об-

валы произошли на склонах гор на площади около 80 км². Наиболее крупный из них — Ацгарский, на левом склоне р. Чхалты, имел длину около 2 км и ширину до 400 м, объемом 3 млн м³. Обвальная конус высотой до 300 м перекрыл на высоту 30 м р. Чхалту, на которой образовалось озеро. Однако через 3 дня запруда была прорвана. На правом берегу р. Чхалты, между селениями Ацгара и Реква, в коренных юрских глинистых сланцах образовалась сейсмоструктурная трещина длиной более 500 м.

Как будто, 9-балльная сила этого «Чхалтинского» землетрясения не должна была вызывать сомнений. Но некоторые сейсмологи, давно изучающие сейсмичность Кавказа, рассудили иначе. Считая, что на Кавказе землетрясений сильнее 8 баллов не было и быть не может, они отнесли 9-балльные эффекты Чхалтинского землетрясения на счет плохих инженерно-геологических условий.

Кто же прав? Теперь это уже вопрос отнюдь не праздный и не академический: в теснины Большого Кавказа неудержимо двинулась новая жизнь, нацеленная прежде всего на использование мощных гидроэнергетических ресурсов рек, текущих с южного склона Большого Кавказа: Ингури, Кодори, Риони. Уже в разгаре строительства Ингури-ГЭС 270-метровая толща воды нависнет над густозаселенной Колхидой, и авария плотины может принести неисчислимые бедствия: разрушительные волны достигли бы Поти и Батуми. Совершенно ясно, что необходимо обезопасить плотины и водохранилища от любых случайностей.



Виктор Прокопьевич Солоненко, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией сейсмогеологии Института земной коры СО АН СССР (Иркутск). Последние годы работает в области сейсмоструктурной и инженерной сейсмологии.



Владимир Сергеевич Хромовских, старший научный сотрудник лаборатории сейсмологии того же института. Ведет исследования в Байкальской рифтовой зоне, на Кавказе и других районах.

Сбросо-обвал(?) на склоне ущелья р. Хумпрери — результат землетрясения не ниже 9 баллов. Развитие сбросо-обвала способствует сочетанию крутых тыловых разломов и более пологих ослабленных зон, наклоненных в сторону подошвы склона. В таких условиях даже при небольших подвижках по сбросам тыловые трещины на гребнях сильно расширяются и вследствие крутизны склона создается впечатление значительного вертикального смещения. Часто сбросо-обвальный эскарп к тальвегу долин боковых притоков сходит на нет и анфас он имеет форму усов. Здесь проходит мощный свежий разлом (показан стрелками), а ниже его — трещина сбросо-обвала. Разломы уходят под язык ледника Лайла-Летели (край его виден слева), обуславливая образование ледопада и интенсивное разрушение ледника, поэтому работали мы в этом районе при постоянном аккомпанементе грохота рушащихся глыб льда на Лайле-Летели.

Фото С. Д. Хилько.

Институту земной коры Сибирского отделения АН СССР было предложено провести исследования по определению максимальной сейсмической опасности створов ГЭС по палеосейсмогеологическим признакам — геологическим следам сильных землетрясений прошлого¹.

Первые шаги

Палеосейсмогеологический метод был разработан преимущественно на материале Монголо-Байкальского сейсмического пояса. Здесь сейсмические процессы развиваются в специфических геологических условиях — в зонах активизации древней платформы и древней складчатости, где на поверхность выходят жесткие кристаллические горные породы, а очаги сильных землетрясений располагаются в средней части земной коры (на глубине около 20 км). На значительном отрезке пояса (около 2 тыс. км), в полосе рифтов Байкальской системы земная кора испытывает растяжение, что способствует образованию при сильных землетрясениях мощных трещин, долго сохраняющихся в рельефе.

Пользуясь случаем, мы решили проверить применимость палеосейсмогеологического метода в иных сейсмогеологических условиях — в зоне молодой альпийской складчатости, сложенной мощными пластичными осадочными толщами, при господстве напряжений сжатия и при малой глубине (преимущественно 5—10 км) очагов землетрясений. Поэтому наши исследования вышли далеко за границы сейсмоопасной зоны каскада Ингури-ГЭС и проходили в западной половине и центральной части Большого Кавказа (т. е. от Анапы до верховьев р. Ингури), а также на крайнем его востоке (Шемахинском эпицентрально-м поле близ Каспийского моря).

Палеосейсмогеологические исследования кажутся простыми, когда в кратком отчете или статье излагаются их результаты. В действительности же путь к фиксации палеосейсмодислокаций, особенно в новом районе, — это длительный путь блужданий в потем-

ках, неудач и разочарований. На десятках тысяч квадратных километров среди хаоса гор, ущелий, в непролазных субтропических зарослях — внизу, среди нагромождения скал, горных пиков и ледников — в заоблачных высотах нужно найти остаточные деформации Земли, вызванные землетрясениями, неизвестно когда и где происшедшими. А деформации — трещины, сбросовые уступы и другие формы — могут иметь протяженность всего в сотни метров и высоту (или ширину) в десятки сантиметров или первые метры. К тому же их еще нужно отличить от десятков форм — ледниковых, оползневых, обвальных, нивальных и иных, внешне похожих, но не связанных с землетрясениями. Нужно просмотреть сотни книг, отчетов и карт — сейсмологических, геофизических, геологических, археологических, исторических, тщательно отдешифрировать многие тысячи аэрофотоснимков, прежде чем наметятся первые эскизы картины сейсмической жизни горной страны.

Впереди еще десятки тысяч километров аэровизуальных наблюдений с вертолета. Он поднимается с прокаленного солнцем сухумского аэродрома, а спустя полчаса, когда вертолет кружит у снежных и ледяных полей, через открытые для удобства наблюдения иллюминаторы вас уже пронизывает ледяной ветер. Но вот на карту ложатся первые контуры — результат визуальных наблюдений. От оз. Рица через оз. Амткел, подпруженные гигантскими обвалами, через реки Кодори и Ингури, верховья р. Цхенисцкали, и далее к юго-востоку через ущелье р. Арагви, где Л. В. Когошвили обнаружила «живые» разрывы земной коры, до самого Шемахинского эпицентрального поля выстраивается цепочка поразительных остаточных деформаций Земли: мощные трещины, проседания вершин гор, феноменальные оползания и обрушения склонов гор. Чтобы исключить все возможные варианты образования замеченных шрамов Земли, кроме одного истинного (не всегда сейсмического), необходимы наземные исследования.

Для начала мы выбрали один из наиболее выразительных разломов на горе Абакура, на водоразделе рек Ин-

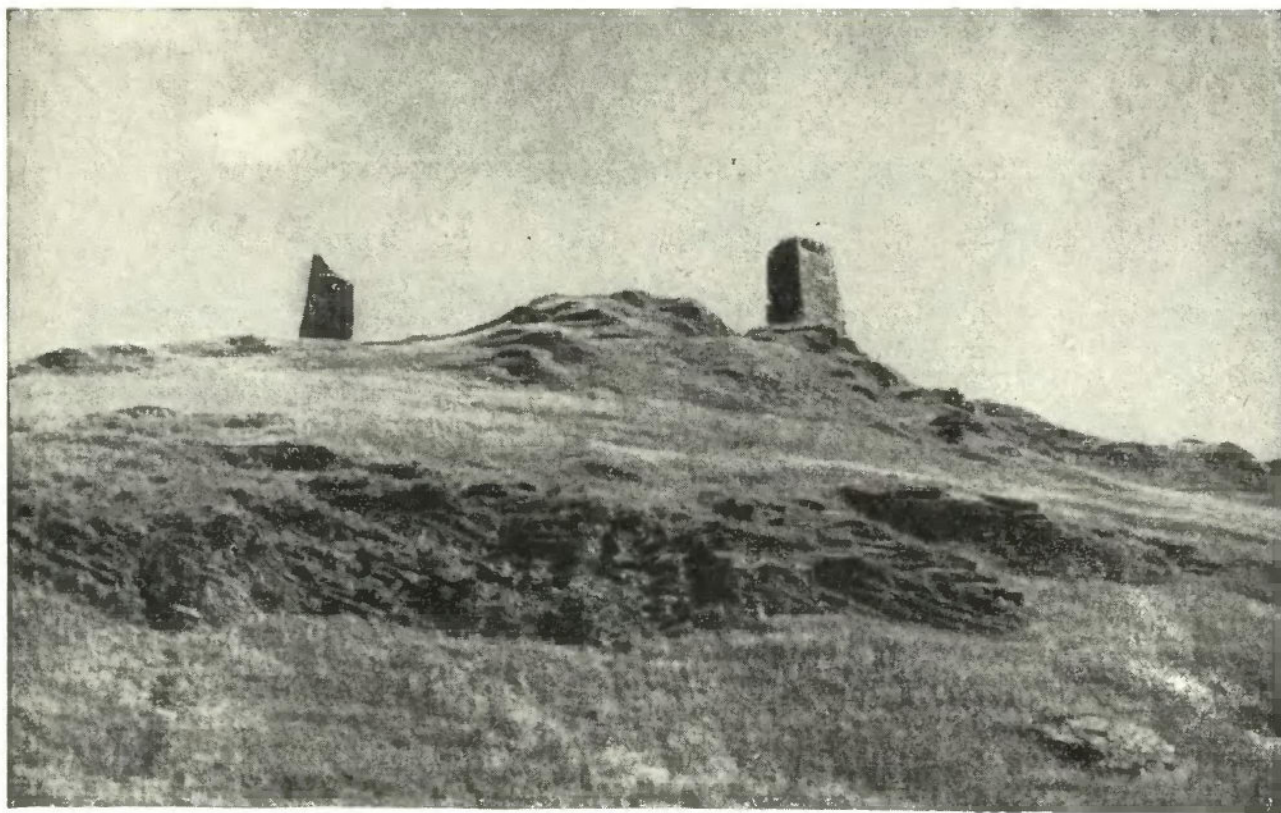
Крепость Ушгули (по-свански — царицы Тамары). Построена на скальном основании. Несет следы сейсмических разрушений.

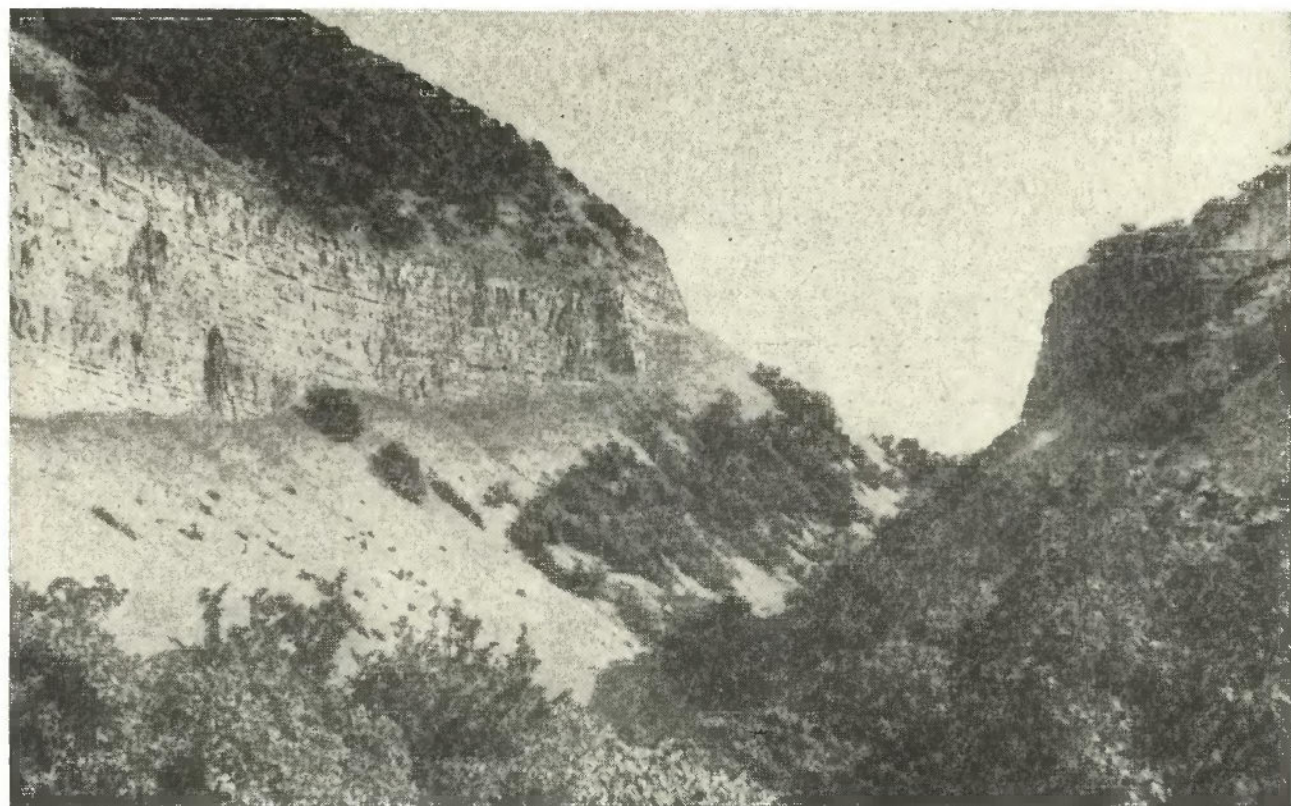
Фото Р. М. Семенова.

Структура Бзыбь. Расположена в 30—35 км восточнее оз. Рица. Здесь главный сброс (показан стрелками) структуры на протяжении 4 км разрывает и смещает четыре горные вершины Бзыбского хребта, сложенные среднеюрскими вулканогенно-осадочными отложениями (на фото видна одна из вершин). Амплитуда сброса колеблется от нескольких метров до 50—60 м (увеличение амплитуды возможно за счет дополнительного гравитационного смещения). К структуре тяготеют отвалы и оползни, частью гигантские (до 0,8 × 1,5 км). Такие деформации могли возникнуть только при силе землетрясения порядка 10 баллов ($M \sim 7\frac{1}{2}$).

Фото В. С. Хромовских.

¹ О палеосейсмогеологическом методе см.: В. П. Солоненко. Шрамы на лике Земли. «Природа», 1970, № 9.





Структура Квира находится в 15 км восточнее Ингури-ГЭС. Это — сброс в приводораздельной части левого склона ущелья р. Цинцкали протяженностью около 2 км с амплитудой 5—9 м (показан стрелками). К нему приурочен односторонний грабен (60 × 500 м), в котором ранее было озерко. Сброс разорвал 5 русел водотоков, ранее стекавших в р. Цинцкали, и направил их сток через разорванный водораздел в долину р. Джолори. Со структурой Квира связаны два крупных обвала. Такого рода сейсмодислокации могут образоваться только при землетрясениях не менее 9 баллов.

Фото В. П. Солоненко.

Вибрационно - сеймотектоническая трещина на п-ве Абрау на побережье Черного моря. Ширина ее — до 150 м, видимая глубина — до 90 м. Она, по-видимому, образовалась при длительных сейсмических колебаниях умеренной интенсивности (не более 8—9 баллов).

Фото В. П. Солоненко.

гури и Хумпрери в Сванетии. Он по диагонали рассекает водораздел и представляет собой мощную сбросо-сдвиговую трещину с амплитудой вертикального смещения от 0,5 до 20 м, горизонтального — до 50 м. Суммарная протяженность этого разлома — 3,7 км. Трещина продолжает поглощать обломки скал, некогда раздробленных землетрясением, и местами поглощающие воронки в ней имеют глубину до 50 м.

Морфология, положение, геологическая обстановка и приуроченность к этой зоне линии мощных обвалов не оставляют места для сомнений — происхождение структуры Абакура может быть только сейсмогенным. К тому же она здесь не единственная.

Обнаруженные сейсмогенные структуры показали, что в Ингури-Хумпрерском районе несколько сот лет тому назад происходили 10-балльные землетрясения (магнитуда $M \sim 7\frac{1}{2}$). На структуре Абакура в трещине мы увидели сложный комплекс изверженных горных пород, в том числе основные и ультраосновные породы с сульфидным оруденением — признак глубинного разлома земной коры. На другой сейсмогенной структуре — Ненскра (юго-западнее Эльбруса) мы увидели граниты, разорванные сбросовыми трещинами, которые могли возникнуть лишь при землетрясении интенсивностью не менее 10 баллов. Кстати, Ненскра расположена рядом с Чхалтинской эпицентральной зоной. И снова всплыл вопрос по Чхалтинскому землетрясению: кто же прав? Те, кто снизил оценку интенсивности землетрясения до 8 баллов, отнеся 9-балльные эффекты разрушений построек к неблагоприятным инженерно-геологическим условиям, или же первые исследователи землетрясения? Пришлось на время отвлечься от поисков следов ранних землетрясений и заняться проверкой такого утверждения. А для этого надо было провести повторное обследование эпицентральной зоны Чхалтинского землетрясения.

Небольшой экскурс в историю

Наши наблюдения подтвердили заключения А. Д. Цхакаи и Б. Л. Соловьева. Разрушенные землетрясением

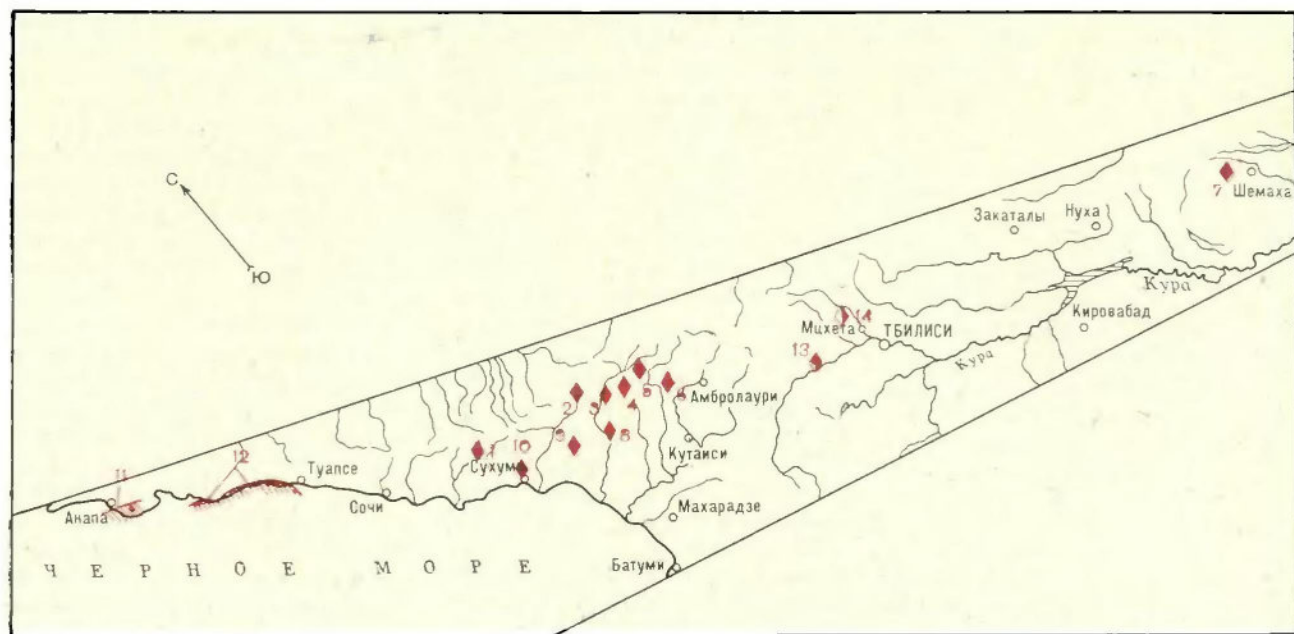
ем усадьбы и селения — преимущественно деревянные (в эпицентральной зоне каменных зданий вообще нет) и построены в благоприятных инженерно-геологических условиях — на плотных глубообломочных отложениях, частью на скальном основании, с глубоким залеганием грунтовых вод. Поэтому не может быть никакой речи о повышении эффекта землетрясения за счет неблагоприятных инженерно-геологических условий.

Позднее сотрудники нашей экспедиции¹ провели инженерно-сейсмогеологическое обследование Цаишской, Верхнесванетской, Мцхетской и Шемахинской эпицентральных зон, в которых землетрясения неоднократно разрушали селения, храмы и крепости. Оказалось, что подавляющее большинство обследованных древних сооружений и населенных пунктов построено на скальных, полускальных или валунно-галечниковых и песчано-глинистых отложениях высоких речных террас и горных склонов. Углы наклона земной поверхности на застроенных площадях нигде не превышают 7—8°, а обычно меньше. Грунтовые воды залегают преимущественно на глубине более 10 м, лишь под храмом Свети-Цховели (г. Мцхета) они находятся на глубине 6 м, но уже в трещиноватых полускальных сланцево-песчаниковых грунтах.

Сохранившиеся от разрушения родовые башни в Верхней Сванетии имеют вид суживающегося кверху усеченного конуса (высота до 30 м). Фундаменты их заложены на глубине до 3 м, а весь первый этаж отдельных башен до 6,8 м заполнен каменной кладкой на прочном известковом растворе, являющейся по существу продолжением кладки фундамента. Все это обеспечивает высокую сейсмостойкость сооружений, хотя внешне они выглядят легкой добычей землетрясений.

Авторы, ссылающиеся на сохранность храмов, крепостей и родовых башен, как признак того, что в соответствующем районе не было силь-

¹ Кроме авторов, в ней принимали участие сотрудники Института земной коры СО АН СССР В. М. Жилкин, П. Я. Зеленков, Р. М. Семенов, С. Д. Хилько и др., а в 1971 г. сотрудники Гидропроекта Ф. Д. Гордеев и Б. Н. Хованский.



Вверху.

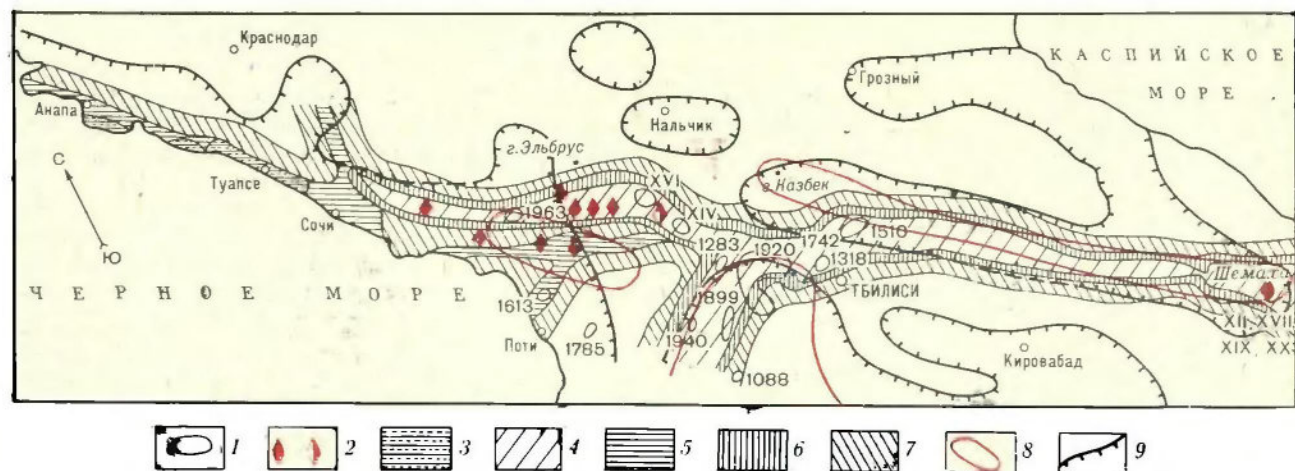
Схема расположения сейсмогенных структур, которые в данной статье приводятся в качестве одного из доказательств сильнейших землетрясений Большого Кавказа. 1 — Взыбь, 2 — Ненскра, 3 — Абакура, 4 — Лабскалди, 5 — Цери, 6 — Гоби, 7 — Шемахинская палеосейсмодислокация, 8 — Квира, 9 — Акиба, 10 — Амткел, 11 — район распространения вибрационно-сейсмогенных образований; 12 — то же предположительно, по данным А. Б. Островского. Приблизительное положение предполагаемых палеосейсмодислокаций по данным Л. В. Когошвили (1970): 13 — разрыв II надпойменной террасы

р. Куры в районе с. Бебниси, 14 — сбросы, рвущие I надпойменную террасу р. Арагви в Нацхорском ущелье.

Внизу.

Схема сейсмического районирования Большого Кавказа. 1 — эпицентральные области 9-балльных землетрясений по сейсмостатистике ($M \geq 6\frac{1}{2}$) с указанием года или века, когда они происходили; 2 — эпицентральные области сильных землетрясений, установленные по палеосейсмодислокациям: 9—10-балльные (цветные ромбики) ($M \sim 6\frac{1}{2} - 7\frac{1}{2}$) и 8-балльные (наполовину окрашенные ром-

бики) ($M > 5\frac{1}{2}$); 3 — районы с вибрационно-сейсмогенными остаточными деформациями земной коры, возникающими предположительно при продолжительных землетрясениях силой не более 8—9 баллов ($M \geq 5\frac{1}{2}$). Потенциальные эпицентральные зоны сильных землетрясений: 4 — силой 9—10 баллов ($M \sim 6\frac{1}{2} - 7\frac{1}{2}$); 5 — силой 8 баллов ($M \sim 5\frac{1}{2} - 6\frac{1}{2}$). Зоны различной сотрясаемости за пределами ожидаемых эпицентральных областей максимальных землетрясений: 6 — силой 9 баллов; 7 — силой 8 баллов; 8 — силой 8 баллов по существующей карте; 9 — силой 8 баллов по данным В. И. Буня, И. В. Кирилловой и др., 1971.

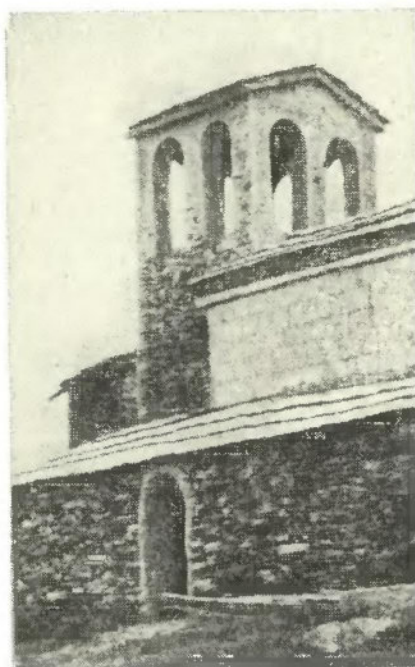


ных землетрясений, не учитывают ряда важных обстоятельств. Прежде всего, многие древние сооружения находятся не в первоизданном виде, а реставрированы. Например, храм Свети-Цховели в Мцхете разрушался землетрясениями в 1283, 1318 и, по-видимому, в 1656 гг., но каждый раз восстанавливался.

Когда в верхних бассейнах Ингури и Цхенискали по палеосейсмогеологическим признакам нами было выявлено несколько эпицентральных зон сильных землетрясений, наши оппоненты выдвинули, как будто, веский контраргумент — сохранность в верховьях Ингури древней церкви Святого Квирика. После осмотра района с вертолета у нас, действительно, еще были сомнения: в глубоком ущелье р. Ингури на высоком скальном пике много веков простояла и прекрасно сохранилась замшелая церковь. Но когда мы спустились на землю, все встало на свое место. На поясе арки церкви сохранилась надпись на древнегрузинском языке (XVI в.): «Церковь сию святых Ивлиты и Квирика, которая подверглась разрушению сильным землетрясением, восстановил я, Георгий, сын Антония, чтобы не предалось забвению мое имя. Вспоминайте нас, и бог вас помилует»¹. Комментарии, вероятно, излишни.

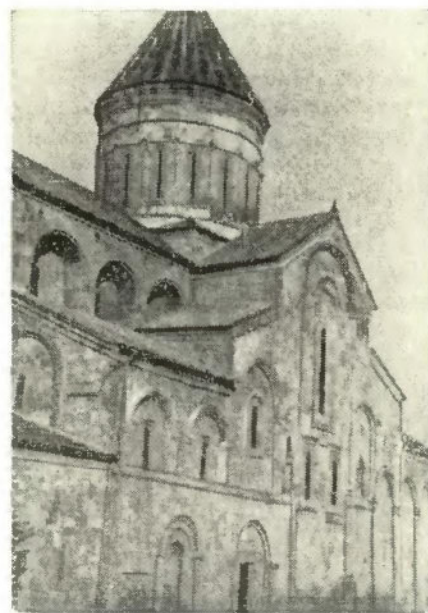
В 10 км от церкви Св. Квирика находятся руины крепости Ушгули (царицы Тамары по-свански). При ее обследовании установлен ряд надежных признаков разрушения этой крепости мощными сейсмическими толчками, хотя построена она на скальном основании. Что касается родовых башен в Сванетии, то, несмотря на их прочность и сейсмостойкость, сохранились они в небольшом количестве.

Сейсмологи апеллируют к сохранившимся сооружениям, но ничего не говорят о резком сокращении их в одних районах и полном разрушении — в других. Например, на правом берегу Ингури, в районе приустьевой части р. Накры, некогда густо заселенном, а потом полностью заброшенном, мы видели многочисленные ос-



Фрагмент церкви Святого Квирика, построенной на высоком скальном пике. Как свидетельствует надпись на поясе арки церкви, она была разрушена сильным землетрясением и восстановлена неким Георгием, сыном Антония.

Фото В. П. Соложенко.



Храм Свети-Цховели в Мцхете разрушался землетрясениями в 1283, 1318 и, по-видимому, в 1656 гг., но каждый раз восстанавливался.

Фото В. П. Соложенко.

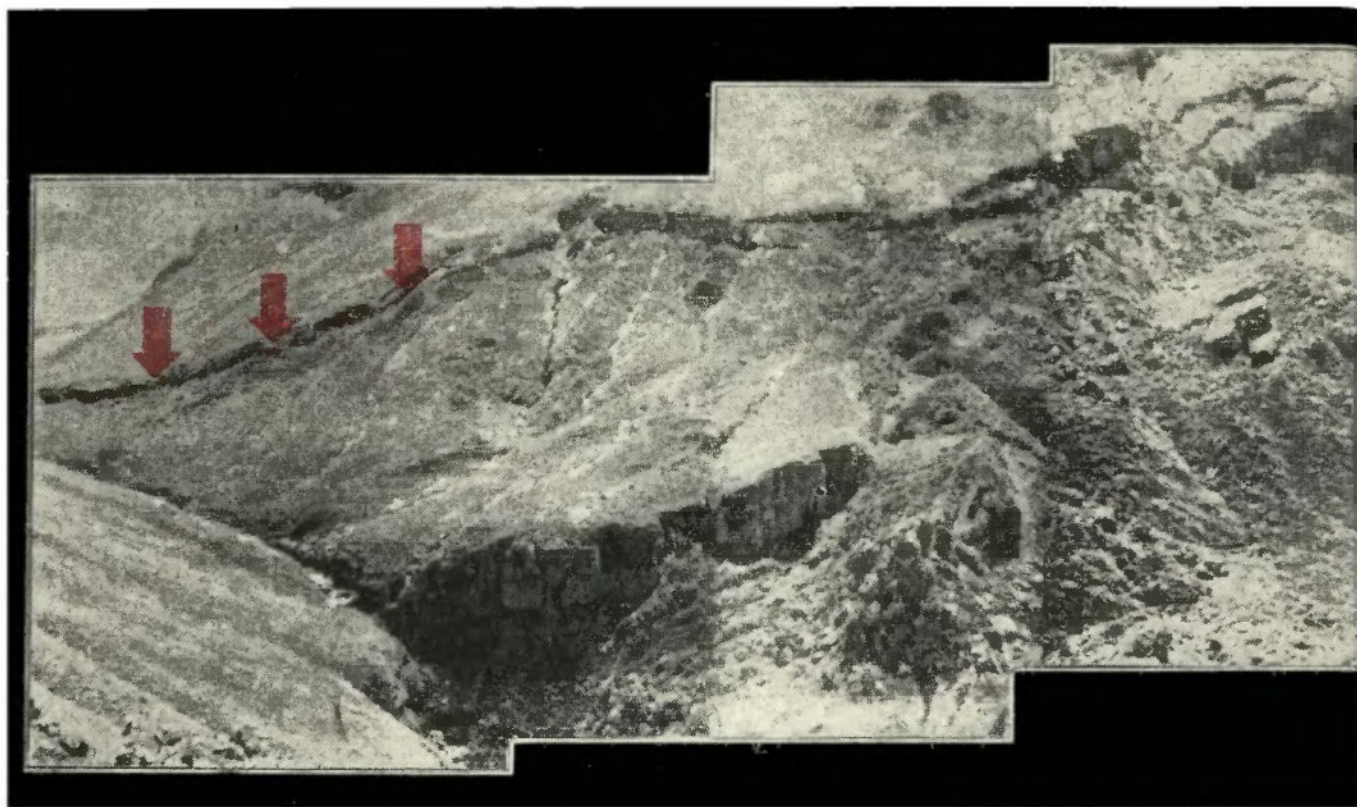
татки разрушенных родовых башен. Примечательно, что этот район лежит между двумя сейсмогенными структурами Абакура и Ненскра (сбросовые рвы в гранитах, глубиной до 12 м, длиной 2,7 км), связанными с землетрясениями интенсивностью порядка 10 баллов ($M \sim 7\frac{1}{2}$).

Далее, если невозможно отрицать факт разрушения исторических сооружений, сторонники низкого сейсмического потенциала Кавказа снижают балльность разрушительных землетрясений, ссылаясь или на неблагоприятные инженерно-геологические условия, или низкое качество строительства. Первое положение во всех проверенных нами случаях не подтвердилось. Второе — тоже не подтверждается. Мастерство грузинских строителей хорошо известно, а антисейсмическое строительство в Грузии началось по крайней мере с VII в. (Сионский собор в Тбилиси). Храм Джиграшени в Тбилиси (XVII в.) имел 6 антисейсмических поясов, тем не менее сохранил следы сейсмических ударов. Здесь же впервые применено армирование кирпичной кладки железом. Такие же антисейсмические связи установлены в реставрированной (XVI в.) колокольне храма Ниноцмида (50 км восточнее Тбилиси), в куполе храма Ананури (XVIII в.) в 70 км севернее Тбилиси и т. д. Антисейсмические пояса установлены в древних гражданских сооружениях в Кахетии и Картли, в домах XVIII и XIX вв. в Тбилиси¹. Таким образом, вопрос о низком качестве строительства снимается сам собой.

И еще одно важное обстоятельство не учитывают сторонники сейсмического «благополучия» Кавказа: по отдельным сохранившимся сооружениям невозможно судить об интенсивности землетрясений. При обследовании сильнейших землетрясений всех ступеней балльности от 9 до 12 мы каждый раз сталкивались с пока фактически необъяснимыми явлениями, когда сейсмические удары буквально сметали или взрывали сооружения, но однотипные одиночные из них, находящиеся на расстоянии километров,

¹ Д. М. Мшвениерадзе. Строительное дело в древней Грузии. Тбилиси, 1952.

¹ Эвтимее Такайшвили. Археологическая экспедиция в Лечхуми и Сванетию 1910 г. Париж, 1937 (на груз. яз.).



Сейсмогравитационная структура Акиба в Мегрело-Сванском эпицентральном поле с тыловой стенкой отрыва более 2 км длины. Она возникла в сложно стратифицированной среднеюрской туфогенно-осадочной толще. Тыловая стенка отрыва на своих окончаниях переходит в четко выраженные сбросы (показаны стрелками). Один из них (слева) деформирует современные формы рельефа с недавней ледниковой штриховкой, а другой (справа) рассекает ряд русел временных водотоков. Главный сместитель разорвал широкую ледниковую долину и на нем образовался 20-метровый водопад (виден в правой части фото).

Фото В. М. Жилкина.

а иногда и нескольких метров, не разрушались¹. Позднее такие же явления подмечены при обследовании землетрясений Иранского, Сан-Фернандо, Перуанского и др.

Однако вернемся к основной цели наших исследований — к поискам эпицентральных зон сильных землетрясений по палеосейсмогеологическим данным. Рассмотрим три типа сейсмогенных геодинамических явлений, изучение которых позволило сделать вывод о высокой балльности землетрясений Большого Кавказа.

Сейсмогенные геодинамические явления

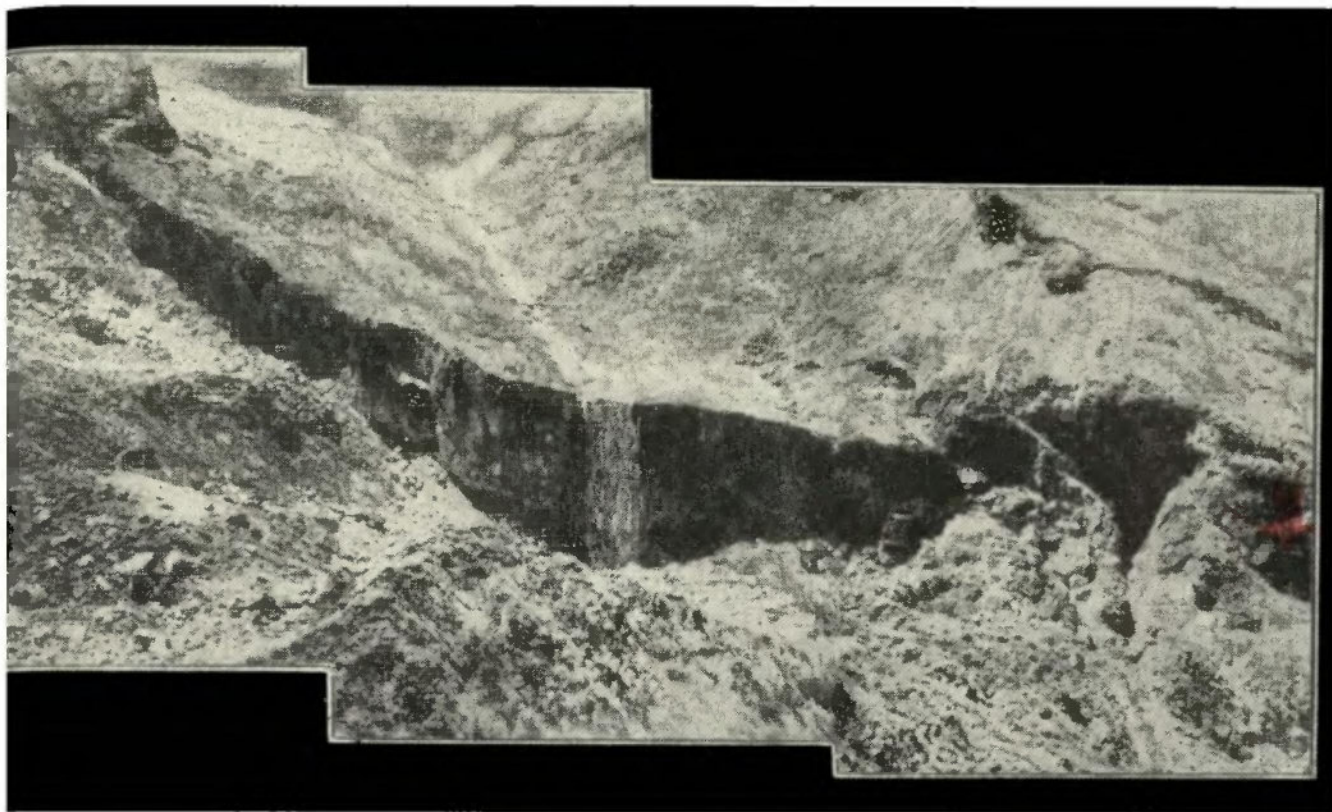
По своим генетическим особенностям среди них выделяется три типа: сеймотектонические, гравитационно-сеймотектонические и сейсмогравитационные. Совершенно ясно, что первый тип, т. е. сеймотектонические явления (в свою очередь, в них различают региональные, зональные и

локальные), связан с тектоническими движениями земной коры. При сильнейших землетрясениях (9—12 баллов) региональные сеймотектонические явления охватывают площади до десятков и даже сотен тысяч квадратных километров (Чилийское 22.V.1960 г. — более 130 тыс. км², Аляскинское 27.III.1964 г. — 300 тыс. км²). Наиболее вероятно, что именно с ними связаны опускание части побережья между пос. Лазаревским и Геленджиком, массовое развитие сеймодеформаций на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа, внезапное погружение под уровень Черного моря обширных площадей античных городов и колоний¹. Для условий причерноморской и центральной частей Кавказской сейсмической зоны максимальная площадь региональных движений земной коры может быть определена по этой эмпирической формуле:

$$\lg S \text{ км}^2 = 0,92M - 3,6,$$

¹ По-видимому, так погиб древнегреческий город Диоскурия, просуществовавший на месте современного Сухуми около 8 столетий.

¹ В. П. Солоненко. «Геология и геофизика», 1960, № 3.



т. е. при сильнейших из известных землетрясений площадь деформируемой земной коры могла достигать 6—7 тыс. км², а по палеосейсмогеологическим данным — 20 тыс. км².

Мы не будем останавливаться на зональных сеймотектонических явлениях, поскольку на Кавказе еще не выделены конкретные сейсмогенные морфоструктуры. (Мы не сомневаемся, что при целенаправленных комплексных исследованиях — это только дело времени.) Но вот о локальных сеймотектонических явлениях необходимо сказать хотя бы несколько слов. Это — сбросы, взбросы, сдвиги, грабены, т. е. прямые признаки остаточных тектонических деформаций земной коры в эпицентральных зонах сильных землетрясений. Для условий Кавказского сейсмического региона протяженность зоны сейсмодислокации (1 км) приблизительно определяется по соотношению:

$$lg l = 0,99M - 6,18,$$

т. е. для самых сильных землетрясений ($M = 7$) общая протяженность

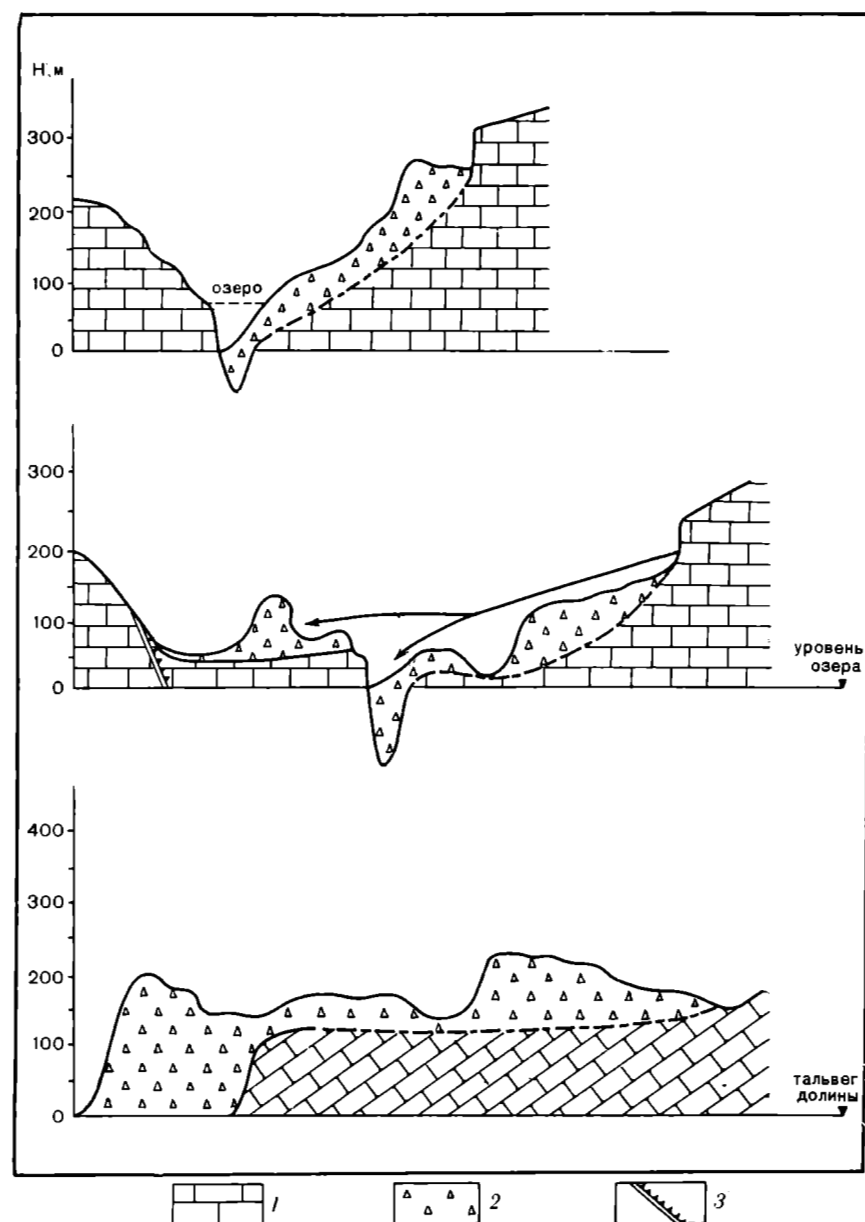
разрывов могла достигать 5 км, и даже при предполагаемых самых сильных землетрясениях она не выйдет за пределы первого десятка километров.

Хорошо известно, что зоны сейсмогенных разломов местами быстро нивелируются денудационными процессами и на отдельных участках (особенно в нижнем ярусе рельефа) уже через несколько лет их не видно. Поэтому в кавказских условиях можно рассчитывать найти палеосейсмодислокации протяженностью в сотни метров или первые километры и преимущественно в верхних ярусах рельефа. А это требует большого внимания при их поисках и тщательного изучения сопутствующих сейсмогравитационных явлений — обвалов, оползней и т. д.

Помимо сеймотектонической структуры Абакура, о которой уже упоминалось, назовем в качестве характерного примера структуры Бзыбь, Квира и Лабскалди. Структуры подобного типа могли возникнуть только при землетрясениях силой порядка 10 баллов (Бзыбь) и 9 баллов, а может быть даже и выше (Квира, Лабскалди).

Второй тип геодинамических явлений, связанных с сильными землетрясениями, это — гравитационно-сеймотектонические образования. Они могут быть связаны как непосредственно с активными сейсмогенными разломами, так и с другими разрывами, испытывавшими пассивное вскрытие и колебание крыльев во время сильных землетрясений. Из нескольких известных нам типов структур на Большом Кавказе прежде всего наметилось развитие сбросо-обвалов, которые образуются на крутых склонах гор при высокой энергии рельефа, особенно там, где сбросы отсекают отроги гор. Такая структура, правда, еще недостаточно изученная, установлена у ущелья р. Хумпрери на склоне ледниковой горы Лайла-Лехели в Сванетском хребте. К гравитационно-сеймотектоническим образованиям относится также часть структуры Акиба и структура Цери, расположенная восточнее Лабскалди.

Наконец, к последнему, третьему типу — сейсмогравитационным явлениям относятся вызванные землетрясениями обвалы, оползни-обвалы, зем-



Разрезы (поперечный — сверху, продольный — внизу и диагональный — в середине) сейсмогенного (?) обвала, завалившего ущелье р. Амткел и образовавшего озеро. Часть обвальной массы перелетела через 150-метровое ущелье на его правый борт. 1 — доломитизированные известняки и элементы их залегания, 2 — обвальная масса, 3 — предполагаемый разлом. Стрелки на среднем разрезе указывают направление смещения обвальной массы.

Структура Лабскалди. Находится в 10—12 км юго-западнее г. Мestia. Северная часть хребта Лабскалди рассечена сбросами длиной 1,5—2 км с видимой амплитудой смещения от 4 до 15 м. По сбросам осела вершина горы и образовался грабен шириной 100—120 м. Структура Лабскалди — свидетель землетрясения силой 9 баллов или выше ($M \geq 6\frac{3}{4}$).

Фото В. П. Солоненко.

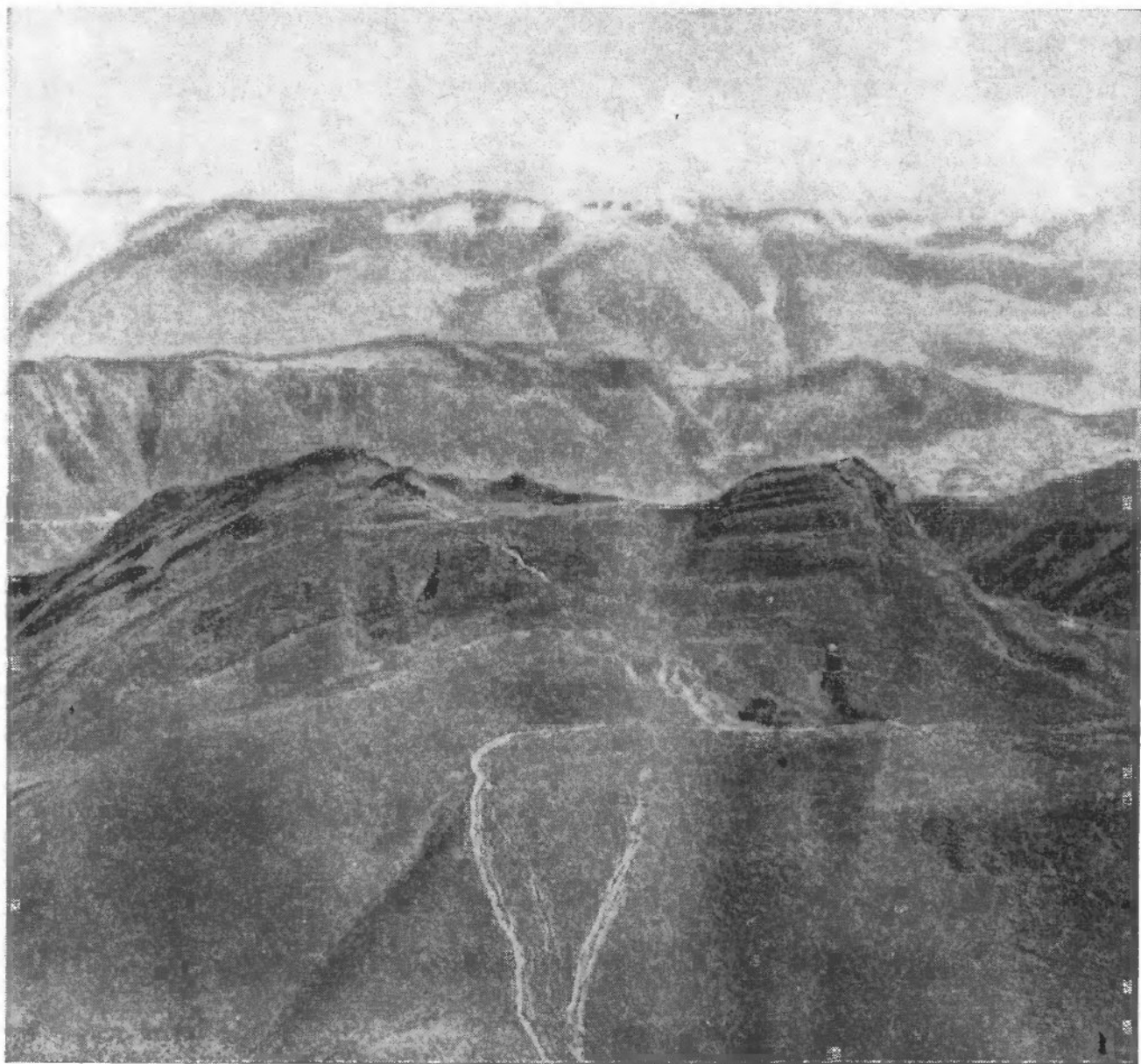
ляные лавины и потоки. Нами была обследована структура Акиба, которая обнаружена в высокогорном ярусе рельефа в 18 км северо-восточнее г. Ткварчели в верховьях р. Галидзги. Это крупный оползень, во фронтальной части переходящий в обвал. Структура Акиба находится вблизи эпицентральной зоны Мегрело-Сванского 8-балльного землетрясения, происшедшего 7 ноября 1930 г. ($M = 5\frac{1}{4}$), но образовалась она раньше, и, по-видимому, в связи с более сильным землетрясением, так как

амплитуда сбросов, где они не замаскированы оползневыми подвижками, достигает 2—3—5 м, а часть оползневой обвальной массы переметнулась через глубокое ущелье на противоположный склон долины. Гигантским оползневой полем (более 7 км длиной) с объемом смещенных полускальных пород до 100 млн м³ представлена и сейсмогравитационная структура Гоби на левобережье р. Цхенисцкале. Тыловые стенки обрыва оползней имеют здесь общую ориентировку с палеосейсмологическими

дислокациями. С более подробным описанием структур всех трех типов сейсмогенных геодинамических явлений можно познакомиться в подписях под их фотографиями.

Два феномена

На Кавказе мы столкнулись с двумя явлениями, которых не встречали ни в Монголо-Байкальской, ни в Среднеазиатской высокосейсмичных зонах. Первое из них — грандиозный обвал на р. Амткел (правый приток Кодори),



в 25 км северо-восточнее Сухуми. Обвал объемом порядка 100 млн м³ обрушился с левого борта ущелья. Главная его масса пошла не по наибольшему уклону, а по диагонали склона, засыпала ущелье на протяжении 4 км и подпрудила реку. В Абхазии появилось новое озеро — Амткел. Но самое странное, что часть обвальной массы в месте разворота (изменения направления движения) перелетела через ущелье шириной около 150 м и легла на его правое плечо 100-мет-

ровым валом. Иного объяснения найти было невозможно, хотя «полет» над ущельем обвальной массы казался совершенно неправдоподобным. Правда, на память пришел трагический случай на водохранилище Вайонт в Италии. Там ночью 9 октября 1963 г. в водохранилище внезапно обрушился оползневой массив объемом в 300 млн м³. Вода из водохранилища поднялась на 260 м (на 235 м выше плотины), с высоты 400 м низверглась в нижний бьеф и 70—90-метровой

волной скатилась вниз по долине, уничтожив г. Лонгерон и еще четыре поселка. За лонгеронской трагедией как-то незаметно прошла еще одна деталь обвала: обвальная масса перелетела на участке в 80 м через ущелье Вайонт без обрушения в него и поднялась на противоположный склон на высоту 140 м.

Мы, естественно, не могли знать, что одновременно с нами, но по свежему следу летающего обвала в Перу идут американские сейсмогеологи.

При Перуанском землетрясении ($M = 7,7$) 31 мая 1970 г. обвал с горы Гуаскаран шел со скоростью 280—335 км/час, а по баллистическим расчетам — более 450 км/час, и часть его, по мнению обследователей, пронеслась на воздушной подушке над лугом, переклестнула через гребень высотой 230 м, пересекла р. Рио-Санта и поднялась на противоположный берег на высоту 83 м. Из обвальной массы в сторону до 1600 м отлетали многотонные глыбы. Так позднее неожиданно пришло подтверждение вероятности нашего объяснения феноменальной части Амткелского обвала.

Тем не менее у нас не созрела бескомпромиссная вера в сейсмогенную его природу, хотя об этом и говорят «негравитационное» направление движения основной части обвальной массы, скорость движения, позволившая части ее перелететь через ущелье, и наличие в окрестностях ряда сейсмостектонических деформаций. Малые глубины очагов и соответственно малые плейстосейстовые площади дают право предполагать связь обвала с местным очагом землетрясения не очень высокой энергии, вызвавшего сильное сотрясение на небольшой площади. Но, с другой стороны, обвал находится в зоне развития мощных карстовых процессов, которые тоже нельзя сбрасывать со счетов.

Другое необычное явление предстало перед нами на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа, между Туапсе и Анапой. Их установил А. Б. Островский и связал с катастрофическими землетрясениями¹. Наши исследования на п-ве Абрау (Новороссийск — Анапа) показали, что здесь деформации берегов скорее всего связаны с ранее не известным явлением — сейсмогенно-вибрационной ползучестью и разрушением горных массивов. Подготовка массивов к остаточным деформациям связана с региональным процессом дифференцированного прогибания черноморской впадины, что обуславливает тектоническое расщепление

верхних частей развитой здесь флишевой¹ толщи. Умеренные по силе, но длительные сейсмические колебания подобно вибрационному грохоту возбуждали перенапряженные массивы, которые смещались в сторону моря или ближайших долин. Последние местами полностью были перекрыты, изолированы от моря и в них образовались бессточные котловины или озера, в том числе и оз. Абрау. Формировались гигантские по ширине (до 100—150 м) и глубине зияния (до 90 м), но короткие (0,5—4 км) трещины, в благоприятных условиях возникали каменные потоки, уходившие до 3,5 км от своего источника, проникая до 2 км в море. Сейчас над водой поднимаются только возвышенные их участки о-вов Большой и Малый Утриши. При гравитационном же смещении обвальная масса могла отойти от подошвы обвального склона не более чем на 50—100 м. Даже при самых мощных землетрясениях, известных на Земле, подобные трещины не возникали, к тому же они не связаны с явными сейсмогенными разломами, не сопровождаются сейсмогравитационным разрушением гор соответствующего масштаба, а на вершинах скальных блоков, отошедших до 400 м от стенок отрыва, иногда сохраняется «шапка» рыхлых отложений.

Когда происходили эти феноменальные сейсмические катастрофы, трудно сказать, но имеется достаточно много свидетельств о необычайной вспышке сейсмической и вулканической деятельности в Средиземноморском поясе (включающем Черное море и Кавказ) в I в. до н.э. — V в. н.э. По историческим сведениям, в 63 г. до н.э. при катастрофическом землетрясении в Боспорском государстве разваливались горы, земли пришли в непригодное для земледелия состояние, разрушились города и крепости — Пантикапей (Керчь), Георгипия (Анапа), Фанагория (Тамань) и др. В Пантикапее опустошения были настолько значительные¹, что потребовалось заново сооружать не только

дома и крепость, но и террасы, строить подпорные стены и насыпи¹.

Еще одно опустошительное землетрясение произошло около 417 г., когда в праздник Цереры на Боспоре произошло страшное разрушение городов и полей. При раскопках на территории Боспорского государства на многих сооружениях археологи находят следы деформаций, вызванных землетрясениями. Разрушались даже склепы и подземные подходы к ним — дромосы². А каждому, кто обследовал последствия землетрясений, известно, насколько меньшему воздействию подвергаются подземные сооружения, по сравнению с наземными. Вместе с тем обращает на себя внимание одна особенность в исторических сообщениях о землетрясениях того времени: в ряде из них внимание акцентируется не столько на силе толчков, сколько на их длительности, что, как раз, и могло способствовать сейсмогенной вибрационной ползучести горных масс. Этот «пантический» феномен может быть объяснит загадки гибели или упадка некоторых средиземноморских культур перед нашей эрой и в начале нашей эры. Есть основания ожидать открытий следов подобных сейсмических катастроф на берегах и островах Средиземного и Мраморного морей.

К сейсмическому районированию Большого Кавказа

На последних официальных и неофициальных картах сейсмического районирования Большого Кавказа районы с максимальной интенсивностью 8 баллов выделяются только на юго-западном склоне хребта и в восточной приосевой его части. Весь Центральный Кавказ, от верхнего бассейна р. Кодори до Казбека, отнесен к 7-балльной зоне.

Сопоставление геологических, неотектонических, геофизических и сейсмогеологических данных показало, что они не дают никаких объективных оснований отчуждать по потенциаль-

¹ А. Б. Островский. Происхождение оз. Абрау и других бессточных котловин на Черноморском побережье Кавказа. «Изв. АН СССР, сер. географ.», 1970, № 1.

¹ Для флишевой формации характерно тонкое и правильно-ритмичное чередование обломочных и глинистых пород.

¹ В. Д. Блаватский. Строительное дело Пантикапея. «Матер. и исслед. по археологии СССР», 1957, № 56.

² А. С. Башкиров. Антисейсизм древней архитектуры. Калинин, 1948.

ной сейсмичности Центральный Кавказ от остальной части Большого Кавказа, за исключением той его части (от Пшехско-Адлерской поперечной зоны разломов до Анапы), история развития сейсмогенных структур которой явно имеет свои специфические черты. Открытие в Центральном Кавказе ряда сеймотектонических и гравитационно-сеймотектонических структур — эпицентральных зон 8—9 и 10-балльных землетрясений, происшедших сотни и первые тысячи лет назад, и исторические сведения¹, часть которых, по-видимому, не была известна составителям карт, не оставляет никаких сомнений в высоком его сейсмическом потенциале.

От Рица-Шемахинского продольно-высокобалльного сейсмического пояса Большого Кавказа на юго-запад идет его поперечная Казбек-Цхинвальская ветвь, связанная с од-

ноименной общеизвестной зоной глубинного разлома.

Учитывая малую протяженность сейсмогенных разрывов и малую площадь плейстосейстовых зон, было бы излишним выделять на карте общего сейсмического районирования Большого Кавказа 10-балльные участки. Это должно быть сделано при детальном сейсмическом районировании и микрорайонировании, 9-балльная же зона достаточно велика по площади и обоснована фактическим материалом. Не учитывать это невозможно, по крайней мере при проектировании гидроузлов и других сооружений государственного значения.

✱

Итак, палеосейсмогеологические, исторические и археологические данные надежно рушат 8-балльный потолок Большого Кавказа. В свете имеющихся данных этот «потолок», думается, появился не на научной, а на конъюнктурной основе. Мы убеждены, что задача исследователя заключается в получении достоверного

материала о степени сейсмической опасности. Только располагая такими данными, можно подходить к оценке экономических возможностей для той или иной стройки.

Задача сейсмологов и сейсмогеологов — дать объективную информацию. Это позволит всесторонне оценить и степень риска, поскольку, например, при разрушении высоконапорных плотин или атомных реакторов, которые могут выйти из-под управления уже при 5—6-балльных потрясениях, вероятны различные непредвиденные последствия.

Несомненно, на Кавказе землетрясения не так сильны и не так часты, как в Среднеазиатском, Прибайкальском и Тихоокеанском сейсмических поясах, а плейстосейстовые зоны, как правило, не велики. С течением времени, когда будут надежно выделены сейсмогенные морфоструктуры, по-видимому, удастся детализировать карту сейсмического районирования и особо выделить районы пониженной сейсмической опасности.

УДК 550.34

¹ Авторы выражают признательность Э. А. Джибладзе за предоставление исторических сведений о некоторых землетрясениях Кавказа.

Подписаться на «Природу» можно с любого очередного номера

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

Подписная цена на полгода — 3 руб.
Цена одного номера — 50 коп.