

550.3

Г-62.

НО-ПОПУЛЯРНАЯ
БЛИОТЕКА

Проф. Г. П. ГОРШКОВ

Землетрясения



ОГИЗ «ГОСТЕХИЗДАТ» 1948

5501

Г-67

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

Г. П. ГОРШКОВ

доктор геолого-минералогических наук

ПРОВЕРЕНА

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ОГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1948 ЛЕНИНГРАД

Библиотека Зовет, И-та
г. Ереван Арм.ССР



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
I. Как и где происходят землетрясения	4
1. Описание землетрясений	4
2. Где происходят землетрясения	11
3. Строение земной коры	16
II. Причины землетрясений	20
1. Смещения масс в земле и землетрясения	20
2. Причина землетрясений — тектонические движения	23
3. Движения на больших глубинах и внутреннее строение Земли	27
4. Причины движений земной коры	29
5. Бывают ли другие землетрясения, кроме тектонических?	31
III. Изучение землетрясений	32
1. Можно ли предсказать землетрясение?	32
2. Приборы для изучения землетрясений	34
3. Как ослабить вредные последствия землетрясений	36
Заключение	39

Редактор В. А. Мезенцев.

Техн. редактор М. Д. Суховцева.

Подписано к печати 20/X 1948 г.

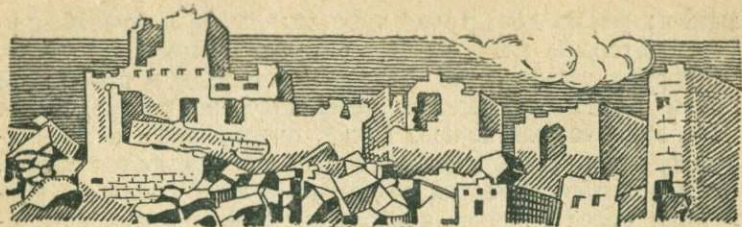
Объем 2,5 печ. л. 2,33 уч.-изд. л.

37 300 типогр. зн. в печ. л. А-07582

Тираж 100 000 экз. Цена 70 коп.

Заказ № 1120.

3-я типография «Красный пролетарий» треста «Полиграфкнига» ОГИЗа при
Совете Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.



ВВЕДЕНИЕ

Бурно развивающееся социалистическое строительство в нашей стране сопровождается небывалым размахом строительных работ. Возникают новые города и посёлки, строятся сотни заводов и фабрик, проводятся железные и шоссейные дороги, сооружаются плотины, мосты, каналы, вступают в строй новые мощные электростанции, шахты, рудники. Принимаются все меры к тому, чтобы новые здания и сооружения были достойны нашей великой Советской родины, чтобы они были удобными и прочными, чтобы никакие случайности не повредили зданиям. Благодаря мудрой сталинской национальной политике особенно быстро развивается строительство в наших национальных республиках — на Кавказе, в Средней Азии, а также во многих областях Сибири и Дальнего Востока. Но здесь в некоторых местах, особенно в южных горных районах, строителю иногда приходится встречаться с землетрясениями и уделять особое внимание предохранению зданий от вредных последствий подземных толчков.

Уже давно разработаны особые правила строительства в таких районах. Подобные мероприятия являются в СССР, в отличие от капиталистических стран, государственным делом, направленным на обеспечение наибольшей долговечности зданий и полной безопасности для населения.

Обычно поверхность земли представляется нам неподвижной. На самом деле это не так. Всегда и всюду земная поверхность испытывает лёгкие сотрясения, лёгкие колебания. Чтобы убедиться в этом, нужно поста-

вить на землю достаточно чувствительный и точный прибор, который мог бы записывать сотрясения. Этот прибор ни секунды не будет находиться в покое, всё время будет записывать небольшие, но непрерывные колебания частиц почвы. Такие, очень малые и для человека незаметные, колебания почвы наблюдаются всюду. Но в некоторых местах земли возникают время от времени и более сильные колебания. Вблизи места возникновения таких колебаний, или, как говорят, вблизи очага колебаний человек ощущает подземный удар, толчок, иногда подземный гул. От этого места распространяются во все стороны колебания почвы. Это и есть землетрясение.

При сильном землетрясении колебания почвы распространяются на огромные пространства, а вблизи очага землетрясения появляются различные изменения на поверхности земли — трещины, обвалы и оползни; здесь разрушаются здания, гибнут под их обломками люди.

Уже очень давно люди изучают землетрясения, пытаются выяснить причины их возникновения. Далеко не все землетрясения опасны и не всюду они бывают. Но всё же каждый год на всём земном шаре происходит около 100 тысяч землетрясений, и из них несколько десятков оказываются разрушительными. Такие землетрясения причиняют вред сёлам, городам, целым странам, уносят с собой человеческие жизни, поэтому приходится постоянно помнить об этих грозных природных явлениях и тщательно их изучать. Существует наука о землетрясениях. Эта наука называется сейсмологией. Благодаря ей мы знаем, как и где происходят землетрясения, почему они возникают, можно ли заранее предсказать их возникновение и как уменьшить те бедствия, которые они приносят людям.

І. КАК И ГДЕ ПРОИСХОДЯТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

1. ОПИСАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Великий русский поэт Александр Сергеевич Пушкин в раннем детстве некоторое время жил в Москве. Однажды, играя под присмотром няни в саду, он засмотрелся на мраморную статую. Вдруг ему показалось, что каменная фигура наклоняется и падает на него. Он

испугался, заплакал и бросился к няне. Няня спокойно дремала, сидя на скамейке, ничего не заметила и успокоила мальчика. Так описывает это маленькое событие современный писатель Ю. Тынянов. Пушкину в то время было три года, и, может быть, всё происходило несколько иначе, но основной факт верен: в тот день, 26 октября 1802 года, было землетрясение. У многих жителей Москвы несколько минут кружилась голова; они слышали, что звенит посуда в шкафах, потрескивают и сами собой приоткрываются двери, дребезжат оконные стёкла;



Рис. 1. Действие землетрясения (с рисунка 1550 г.).

в некоторых местах обсыпалась штукатурка. Все только и говорили о неслыханном событии. В течение нескольких минут в Москве колебалась почва, и не только в Москве, но и во многих других городах России. И чем ближе к Карпатским горам, тем сильнее.

Городам и деревням широкой Русской равнины приходилось иногда встречаться с этим грозным явлением. Ещё много веков тому назад русские летописцы отмечали в своих записях: в Киеве в 1091 году «...земля стукну, яко мнози слышаша». В 1230 году во Владимире «...потрясется земля и церкви и трапезы и иконы подвижашася до стенам... и светилна поколебашася; людие же изумешася... бысть же се во многих церквах и в домах господских, и во иных градах бысть сие». В 1446 году

«потрясая город Москва, Кремль, посад весь и храм поколебашася, мнози людие не спяще и слышавши то, во мнози скорби быша и живота отчаявшеся».

Такое событие отмечалось и совсем недавно, осенью 1940 года. Многие, вероятно, хорошо помнят, как несколько минут ощущались колебания почвы в Москве, Харькове, Воронеже, Киеве, Львове и во всех остальных городах и сёлах, расположенных между Москвой и Карпатскими горами.

Для жителя гор ничего удивительного в колебаниях почвы нет. Он знает, что время от времени земля колеблется, и привык к этому. В некоторых местностях это бывает иногда так часто, что дня не проходит без одного или нескольких подземных толчков.

Чаще всего при землетрясениях ощущаются слабые толчки, но иногда они достигают огромной силы. Вот, например, как проходило известное губительное землетрясение 1929 года в городе Ашхабаде, столице Туркменской ССР. 1 мая, под вечер, в почве возникли слабые колебания, шедшие с юга, со стороны Ирана. Они быстро усиливались. Затем раздался оглушительный подземный грохот, и земля содрогнулась под сильнейшими ударами, от которых начали рушиться постройки. Землетрясение причинило очень много убытков Ашхабаду и окрестным селениям. В Иране было убито более 3 тысяч человек. Начиная с 1 мая до конца года подземные толчки и колебания почвы ощущались почти ежедневно, а иногда и несколько раз в день. Но с каждым днём их становилось всё меньше и сила их падала. За 8 месяцев было зарегистрировано до трёхсот толчков.

Особенно сильными и частыми землетрясениями отличаются восточные районы Средней Азии, расположенные в пределах горных систем Тянь-Шаня и Памира.

Можно назвать грандиозное Кебинское землетрясение 4 января 1911 года, центр которого располагался несколько южнее города Алма-Ата (тогда он назывался город Верный), в долине реки Кебин. Землетрясение было действительно исключительным по своей силе и по площади распространения колебаний почвы. Это был колоссальный взрыв энергии, таящейся в глубинах земли, удар, отзвуки которого распространились по всей земле, три раза обогнув весь земной шар. В центре сотрясений местность претерпела изменения необычайные. «Это ка-

кой-то огромный ледоход, где глыба наворочена на глыбу, оплывина на оплывину, бугор на бугор, будто гигантские руки схватили наше жилище и встряхнули его, как встряхивают пузырёк с лекарством, чтобы разболтать его содержимое», — писал один свидетель этого бедствия. Склоны окрестных гор, долина реки Кебин, вся система горных цепей южнее города Алма-Ата были потрясены. Бесчисленные обвалы и отдельные устремляющиеся вниз камни уничтожали на своём пути лесные массивы прекрасной тьяншанской ели. Сползающие со

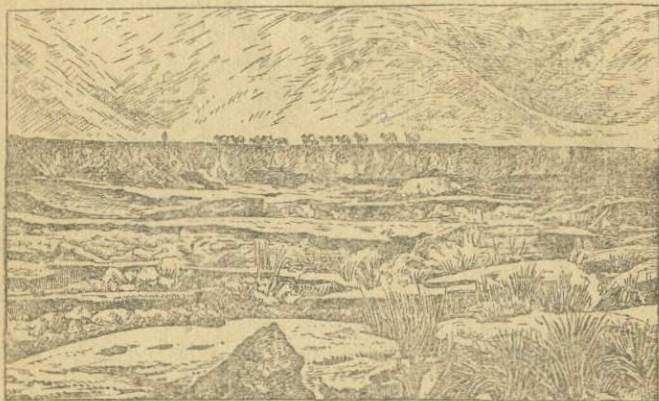


Рис. 2. Разрывы и смещения почвы при Кебинском землетрясении 1911 г. в Тянь-Шане.

склонов массы земли перегородили узкие горные долины, и запруженные реки превратились в длинные и глубокие озёра. Сотни миллионов кубометров земли в виде так называемых оплывин спустились в долины, глубоко обнажив развороченные склоны; внизу они были подхвачены мощными струями горных потоков, которые понесли их к низовьям, погребая в жидкой грязи дороги, русла рек, постройки и сады. Огромные пространства покрылись трещинами, многие из трещин тянулись на километры, не прерываясь. Даже на ровных местах земля была разворочена, будто гигантский плуг прошёл по мёрзлой жёсткой земле, и борозды взломанной, вскрытой породы чернели бесконечными буграми на белом снегу (рис. 2).

Подземные толчки явственно ощущались на площади свыше одного миллиона квадратных километров.

При каждом землетрясении освобождается какое-то количество таящейся в земле энергии; эта энергия расходуется на приведение земли в колебательное состояние и на те разрушения, которые происходят на поверхности земли.

Виднейший сейсмолог (учёный, изучающий землетрясения) нашей страны, П. М. Никифоров, подсчитал энергию, освободившуюся при Кебинском землетрясении. Чтобы дать такое количество энергии, крупнейшей электростанции СССР (Днепровской) нужно работать на полную мощность 325 лет непрерывно!

Кебинское землетрясение является примером того, какими опасными, разрушительными могут быть эти грозные явления природы.

К районам, подверженным землетрясениям, относятся в нашей стране: Кавказ, особенно Закавказье, Туркмения, восточные республики Средней Азии, то-есть районы Памира, Тянь-Шаня и их отрогов, Прибайкалье, Камчатка и другие.

Ещё опаснее землетрясения в некоторых других странах.

Чарлз Дарвин, великий учёный, в молодости совершил большое кругосветное путешествие. Во время этого путешествия он посетил город Консепсион в Южной Америке, который незадолго до этого был почти сметён с лица земли грандиозным землетрясением. Свежие следы этой катастрофы — развалины зданий, обвалы скал, трещины в земле — наблюдались всюду. «Не берусь описывать, — пишет Ч. Дарвин, — подробности зрелища, какое представлял Консепсион, потому что считаю совершенно невозможным выразить те сложные впечатления, которые я испытал... Обидно и больно видеть, что произведения, стоившие людям столько времени и труда, были уничтожены в одну минуту; но чувство сострадания к потерпевшим жителям как-то бледнело перед чувством изумления, возбуждаемым зрелищем переворота, который обыкновенно совершается веками, а тут произошёл в одну минуту... Достаточно одних землетрясений, чтобы разорить целый край».

На рисунке 3 показаны разрушения в том же г. Консепсионе, вызванные недавним землетрясением 1939 года.

Максим Горький пережил в 1908 году на юге Италии, где он лечился, очень сильное землетрясение. Он так описывает это событие: «Земля глухо гудела, стонала, горбилась под ногами и волновалась, образуя глубокие трещины — как будто в глубине проснулся и ворочается веками дремавший некий огромный червь, — слепой, он ползёт там в темноте, изгибаются его мускулы и рвут кору земли, сбрасывая с неё здания на людей и животных... Вздвогнув и пошатываясь, здания наклонялись, по их белым стенам, как молнии, змеились трещины, и стены



Рис. 3. Разрушения в г. Консепсионе (Чили), вызванные землетрясением в 1939 году.

рассыпались, заваливая узкие улицы и людей среди них... Подземный гул, грохот камней, визг дерева заглушают вопли о помощи, крики безумия, стоны раненых... Люди и камни смешиваются в кучи, и всё чаще, всё сильнее дрожат дома, церкви, их режет под основание какая-то невидимая коса — ничто не может устоять перед её гигантскими взмахами... Земля волнуется, как море, сбрасывая с груди своей дворцы, лачуги, храмы, казармы, тюрьмы, школы, каждым содроганием уничтожая сотни и тысячи женщин, детей, богатых и бедных, неграмотных и учёных, верующих в бога и отрицающих его...» (рис. 4).

23 декабря 1854 года у берегов Японии, близ города Токио, остановилось по пути в Россию русское военное

судно, фрегат «Диана». Внезапно пронеслось землетрясение огромной силы. На берегу все окрестные селения были мгновенно превращены в дымящиеся развалины. На море разыгралось необычайное волнение. Один из пассажиров «Дианы», В. Махов, писал, что фрегат, «как мелкую щепку, брошенную в пучину, начало вертеть, трепать, бить, колотить; снасти трещали, бока лопались, борты наклонялись стремительно то в одну, то



Рис. 4. Разрушения в г. Мессине (Италия) при землетрясении 1908 года.

в другую сторону. Страшное оцепенение овладело нами!.. Вода схлынула, и фрегат с треском и скрипом повалился на левый бок... мы ухватились за правый борт и повисли над бездной...». Когда всё стихло, фрегат остановился «среди обломков японских зданий, разбитых лодок, трупов утопленников; ила и разного мусора, нанесённого с местности городской и поднятого со дна моря».

Почему же возникает вдруг грандиозный подземный удар, рождаются колебания, сотрясающие землю на громадном пространстве? В чём причина землетрясений?

Вопрос о причинах землетрясений интересовал людей очень давно. В старинных египетских, вавилонских, греческих преданиях можно разыскать много интересных рассказов о том, как и отчего возникают землетрясения. В те времена наука только что зарождалась и ещё

не могла дать ответа на этот вопрос. Люди придумывали разнообразные несуществующие причины землетрясений. Так, древние греки считали виновником землетрясений особого бога Нептуна. Они изображали его в виде сильного мужчины с трёхконечным копьём в руках, с помощью которого он якобы мог приводить землю в движение.

Много таких же сказок появлялось и позже. По японскому народному преданию, например, земля держится на китах и содрогается в тот момент, когда киты движутся под нею. В Иране говорят, что земля держится на роге быка, бык стоит на спине огромной рыбы, плавающей в подземном океане; бык иногда перебрасывает землю с одного рога на другой — отсюда землетрясения. Невежественные буддийские ламы (священнослужители) рассказывают, что земля опирается на золотую лягушку, которая время от времени почёсывает голову или вытягивает ноги, и тогда земля колеблется.

В других поверьях, чтобы объяснить землетрясение, привлекают на помощь воображаемых великанов, духов, черепах, морских зверей и прочих сказочных вымышленных существ.

К таким же сказкам относятся и различные религиозные, в том числе и православные, легенды о землетрясениях.

Ни малейшего отношения к действительным причинам землетрясений все эти боги, духи, огромные киты, быки, рыбы, лягушки, великаны и прочие вымышленные существа не имеют. «Природа всё делает самопроизвольно, без вмешательства богов», — сказал ещё в древности римский поэт Лукреций. И это правильно.

Что же говорит о землетрясениях наука?

2. ГДЕ ПРОИСХОДЯТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Чтобы выяснить причину землетрясений, нужно сначала узнать, где они бывают.

Можно точно указать те места на земле, которые подвержены землетрясениям, и те, которые спокойны. Землетрясения происходят главным образом в горных районах. На равнинах их почти не бывает; такова, например, Русская равнина. Колебания почвы и подземные толчки наблюдаются здесь редко, и по своей силе они так слабы,

что большая часть населения их не замечает. Эти колебания приходят издалика: место их возникновения — их очаг — находится в Карпатах, в Румынии. До центральных частей России доходят лишь слабые отголоски землетрясений.

Совсем не то в горных районах: здесь землетрясения часты и сильны. В самом деле, рассмотрим землетрясения в СССР. Начнём с Крыма. В специальных каталогах описывается около 100 более или менее сильных землетрясений в Крыму; из них последние землетрясения многие помнят — они были в 1927 году. В тот год, в июле



Рис. 5. Старинный армянский монастырь в селении Татев до землетрясения 1931 года.

и в сентябре, наблюдались очень сильные подземные толчки, было разрушено много зданий. Земля не могла успокоиться в течение последующих 2 лет — за это время зарегистрировано более 200 повторных толчков. Все эти толчки чувствовались сильнее всего именно в той части Крыма, где проходят горы (Яйла). Севернее, в равнинной части Крыма, подземные толчки ощущались очень слабо, и лишь самые сильные из них докатывались до городов и сёл Украины.

Часто бывают землетрясения на Кавказе. Кавказ — это мощная цепь горных хребтов с такими высокими вершинами, как Эльбрус и Казбек. Известно более 1000 сильных землетрясений на Кавказе.

В Закавказье, то-есть в Грузии и Армении, также большая часть поверхности земли занята горами; и здесь землетрясения часты. В столице Грузии, Тбилиси, землетрясения известны с древнейших времён, о них рассказывается во многих древних грузинских рукописях. За последние 100 лет в этом городе отмечено до 200 землетрясений. То же самое в городе Ереване — столице Армении. Армения — страна древней культуры и богатой истории. В её архивах, музеях и специальных институтах хранятся тысячи ценнейших старинных рукописей. Особенной известностью пользуется большое собрание таких рукописей, которое называется «Матенадаран». В этих рукописях можно разыскать много интереснейших описаний сильных землетрясений. Можно указать на многочисленные землетрясения в городе Ани, древней столице Армении. В 1319 году этот город был полностью разрушен землетрясением, покинут жителями навсегда и лежит в развалинах доныне.

На рисунках 5 и 6 изображён старинный Татевский монастырь в Закавказье — до землетрясения 1931 года и после него.

Направляясь от Кавказа на восток, мы, минуя Каспийское море, попадём в Туркмению. Здесь, на южной границе СССР, рядом с Ираном, располагается горный



Рис. 6. Татевский монастырь после землетрясения 1931 года.

хребет Копет-даг. Бóльшая же часть площади Туркмении занята низменностью или пустыней; в Туркмении находится самая большая песчаная пустыня СССР — Кара-Кумы.

Все землетрясения Туркмении возникают в Копет-даге, в этом узком горном хребте, или в других горных кряжах, которые расположены поблизости. В пустыне же Кара-Кум своих очагов землетрясений почти нет, и если там иногда ощущаются колебания почвы, то приходят они обычно издалека, из того же Копет-дага.

Особенно сильные землетрясения бывают в Иране. И это не удивительно, так как именно там, южнее нашей границы, проходят главные горные цепи, которые соединяют горы Турции и Закавказья с горами Памира. Хребет Копет-даг, что лежит в Туркмении, лишь маленькая часть этих обширных и высоких горных цепей Ирана. В 1893 году в Иране в окрестностях города Кучана погибло под развалинами домов 5000 человек. Через два года, в 1895 году, новое кучанское землетрясение унесло 8000 жизней. Последнее сильное землетрясение произошло в Иране совсем недавно, осенью 1948 года.

Ещё дальше к востоку лежат высочайшие горные хребты Памира и Тянь-Шаня. Здесь находятся самые высокие в СССР горные вершины — пик Сталина, пик Ленина, громадный массив Хан-Тенгри, пик Победы и многие другие.

Памир и Тянь-Шань — очень сложная система горных хребтов и промежуточных долин, с непроходимыми ущельями и ледниками, с вечными снегами и бурными реками. И как раз эти места отличаются самыми частыми и сильными землетрясениями в СССР. В 1911 году в северных хребтах Тянь-Шаня разразилось одно из сильнейших землетрясений — Кебинское, о котором мы говорили.

Очень сильные землетрясения в пределах горных участков Средней Азии произошли в 1902 году в городах Кашгаре и Андижане, в 1907 году в городе Каратаге, в 1911 году на Памире, и так далее, вплоть до последних лет. Особенно часты землетрясения в Таджикистане; в таких местах, как посёлки Гарм, Оби-Гарм, Тавильдара, редкий год проходит без значительных колебаний почвы.

В целом в Средней Азии насчитывается до 1000 землетрясений в год, то-есть примерно по 3 в день; очаги всех

этих землетрясений лежат в горных районах. Между тем, к северу от Средней Азии, то-есть на равнинах и в степях Казахстана и Западной Сибири, землетрясений почти не бывает.

К востоку от Средней Азии, вдоль нашей границы, тянутся многочисленные горные хребты — Тарбагатай, Алтай, Горная Шория, Саяны, Южное Прибайкалье. Всюду здесь бывают землетрясения, правда, не такие сильные и не такие частые, как в Средней Азии, — но зато и горы здесь меньше. А в некоторых местах и здесь бывают очень сильные землетрясения. Известно, например, что в самом начале 1862 года часть берега озера Байкал при землетрясении ушла под воды озера, и при этом утонуло много людей и животных. До сих пор на местности хорошо виден этот участок. Он так и называется — залив «Провал».

На рисунке 7 показаны области землетрясений и расположение горных возвышенностей на территории СССР. Эти области совпадают. То же самое можно сказать и о зарубежных странах. Поэтому мы вправе утверждать, что землетрясения, в основном, действительно связаны с горными районами, они рождаются в пределах горных цепей.

3. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Подойдите к краю какого-нибудь оврага и посмотрите, из чего и как сложены его крутые склоны. Вероятно, всем хорошо известно, что горные породы, которые слагают размытый и обнажённый берег, то-есть песок или глина, песчаник или известняк, лежат слоями. При этом они лежат горизонтальными плоскими спокойными слоями, которые тянутся вдоль берега очень далеко. Откуда же взялись эти слои? Почему тот же песок или та же глина не лежат сплошной массой, а обязательно слоисты? И почему эти слои обычно лежат ровно, горизонтально?

Дело в том, что наши обычные пески, глины, известняки и т. д. — это преимущественно морские осадки. Миллионы лет тому назад они отлагались на дне бывших здесь морей. Узнали это по окаменевшим ракушкам, то-есть остаткам морских животных, которые обнаружили в слоях земли. Раньше думали, что эти ракушки — своеобразная «игра природы». Это неверно. Перед нами — действительно следы настоящей жизни, окаме-

невшие от времени остатки морских животных. Иногда находят в земных слоях позвонки или зубы рыб, кости гигантских древних морских ящеров и другие окаменелые остатки частей животных. Почти всюду можно найти окаменелости, этих свидетелей древней жизни давно ушедших морей. На дне морей отлагались песок, глина и другие осадки. Они ложились слоями, спокойно, один на другой, год за годом. За миллионы лет их накапливалось очень много, и теперь там, где моря схлынули, мы можем



Рис. 8. Пласты горных пород, изогнутые в складки.

видеть их осадки в обрывах оврага или реки или в искусственных обнажениях. Вот почему осадочные породы лежат ровными горизонтальными слоями.

Так обстоит дело на равнинах — под Ленинградом, под Москвой, под Харьковом — всюду, где нет гор, где земная поверхность спокойна и где нет землетрясений.

Ничего подобного нет в горных районах. Конечно, и там есть слои, и там они состоят из морских осадков с остатками раковин, но лежат они не горизонтально. Они наклонены. Уже в предгорьях слои, до того лежавшие горизонтально, оказываются приподнятыми, наклонёнными, а под ними видны какие-то другие слои, более глубокие и, видимо, более древние. Наклонённые слои — удивительное зрелище, и каждый любознательный человек в каждом веке невольно задумается о причинах такого нарушения в залегании пластов (рис. 8).



2298 5290

Далее, в горах находятся не только наклонённые слои, но и вертикальные. Геологи о таких слоях говорят: они «стоят на головах». Они даже изгибаются, образуя складки, самые настоящие складки — с выпуклостью то вверх, то вниз, разной величины, и иногда столь сложные и запутанные, что трудно найти связь между их концами. Нередко пласты оказываются в опрокинутом, перевёрнутом положении: древнейшие пласты, которым следовало бы находиться внизу, покоятся на более молодых.



Рис. 9. Крупный разрыв в пластах горных пород.

Но не только складки, изгибы и наклоны пластов замечаются в горных районах. Там сплошь и рядом встречаются ещё более поразительные явления — разрывы в толще пород. Представьте себе какой-нибудь пласт, положение которого вы прослеживаете на местности. И вдруг в каком-то месте он неожиданно исчезает: срезается трещиной, как ножом, и сразу за ним начинается совсем другой пласт, ничего общего с первым не имеющий. Такие разрывы — самое распространённое явление в горах. Одна часть горы может быть приподнятой на несколько сот или тысяч метров, другая опущенной, а между ними проходит разрыв, по которому и совершалось движение горных масс (рис. 9). Именно таким движением горных масс и объясняется возникновение складок и разрывов.

Наклон пласта, складка, разрыв — это необычное положение слоёв; слои здесь лежат ненормально, они сдвинуты с прежних мест, участвуют в движении горных масс, свидетельствуя о том, что твёрдая земная кора движется, сминается и разрывается. Геологи называют такие нарушения и движения тектоническими, то-есть движениями, ведущими к нарушениям внутри Земли.

Что земная кора подвижна, можно показать иначе. Для этого достаточно лишь подумать о том, как, какими судьбами те морские раковины, о которых мы говорили, могли оказаться на суше, где мы их теперь находим. Действительно, ведь раньше здесь было море. Почему же море ушло и теперь на том месте суша? А в горах такие же морские породы лежат на очень большой высоте, нередко на несколько километров выше уровня моря. Как они попали на такую высоту? Ответ один: земля в таких местах поднялась. В других случаях бывает наоборот: прежняя суша оказывается залитой водами морей; в таких местах суша опустилась.

Подобные изменения происходили всегда и повсюду. Следы их мы видим везде, и уже давно гениальный русский учёный М. В. Ломоносов писал по этому поводу: «Такие перемены произошли на свете не за один раз, но случались в разные времена несчётным множеством крат, и ныне происходят, и едва ли когда перестанут».

Действительно, такие движения происходят и сейчас. Например, маленькая страна Голландия, лежащая на берегах Северного моря, уже много веков подряд опускается вся целиком на 2 миллиметра ежегодно. Очень давно голландцы стали строить на берегах плотины, потому что иначе море проникло бы на сушу и залило её. Плотины приходится всё время обновлять, ремонтировать и увеличивать.

В противоположность этому, берега Балтийского моря, особенно в его северной части, в течение нескольких последних тысячелетий поднимаются; в некоторых местах подъём достигает 1 сантиметра в год. Если темп движения сохранится, то через десять тысяч лет вследствие поднятия дна моря Финляндия и Швеция соединятся перешейком там, где сейчас они разделены морем.

В только что описанных примерах движения земных масс происходят медленно и без заметных нарушений в

пластах. В горных районах такие движения происходят гораздо сильнее во всех направлениях, в том числе и в горизонтальном, и сопровождаются возникновением разрывов, складок и наклонов пластов. Другими словами, там можно видеть в действии, в росте и развитии все те нарушения, о которых мы говорили выше.

Именно в этом заключается разница между равнинами и горными местностями. Первые испытывают небольшие, медленные движения, а вторые — наоборот, отличаются очень сильными, быстрыми и резкими движениями земной коры, с измятиями и разрывами пластов.

Невольно начинаешь думать: а не эти ли движения земной коры служат причиной землетрясений? Нельзя ли где-нибудь найти такие случаи, когда заметные смещения почвы и землетрясения совпали бы, то-есть чтобы они произошли в одном и том же месте и в одно и то же время?

II. ПРИЧИНЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

1. СМЕЩЕНИЯ МАСС В ЗЕМЛЕ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В учебниках и в специальных книгах часто описывается землетрясение 1891 года в Японии, в местности Мино-овари, которое произошло в момент образования огромного разрыва почвы. Этот разрыв тянулся в длину на 100 километров, а в высоту достигал в некоторых местах почти 6 метров. Одна часть местности внезапно опустилась, а другая, соседняя, часть поднялась.

Другой пример — грандиозное землетрясение 1899 года на Аляске (в Северной Америке), на берегах Тихого океана. Здесь в некоторых местах прибрежные части морского дна поднялись до 10 и даже до 15 метров, причём обнажилось морское дно, и берег продвинулся далеко в море (рис. 10). В других местах суша опустилась, и берег ушёл под воду; солёная морская вода залила прибрежные участки лесов, и деревья погибли, но их мёртвые стволы ещё долго стояли в воде.

Ещё раньше, в 1811 году, такой же случай произошёл в районе города Новый Мадрид (в Северной Америке). Здесь мгновенно опустился огромный участок

земли в долине реки Миссисипи, и на месте полей и лесов образовалось большое озеро. На озере пышно расцвели водоросли и лилии, развелась рыба, но ещё и по сию пору из воды торчат засохшие стволы могучих деревьев, среди которых приходится пробираться лодке рыбака.

Несколько отлично Калифорнийское землетрясение 1906 года. Здесь, вдоль берегов Тихого океана, уже давно было обнаружено несколько линий разрыва, при-



Рис. 10. Дно моря, поднятое на 6,7 метра при землетрясении 1899 года на Аляске в Северной Америке (пунктиром показано положение линии берега до землетрясения).

чём одна из них, самая большая, проходила рядом с городом Сан-Франциско и в длину тянулась больше чем на 500 километров. Вдоль этой линии произошло внезапное и быстрое смещение горных масс. В отличие от предыдущих случаев здесь земные массы сместились не вверх или вниз, а главным образом по горизонтали. Восточное крыло разрыва, то-есть участок земли, который находился к востоку от разрыва, сдвинулось на юг, а западное крыло — участок к западу от разрыва — сместилось к северу. Это было заметно на всём: если разрыв пересекал дорогу, то одна часть дороги оказывалась перемещённой к югу, другая к северу; разошлись стены и заборы, пересекавшие разрыв, сместились попавшие

на линию разрыва улицы, сдвинулись плотины и пристани на берегу. Смещение доходило до 6 метров. И именно в этот момент произошло сильнейшее Калифорнийское землетрясение, от которого очень сильно пострадал крупнейший город Америки — Сан-Франциско.

Таких примеров можно отыскать сколько угодно. Известно много подобных случаев и в СССР. В последние годы в некоторых странах пробовали измерять такие смещения почвы с помощью точных специальных приборов; эти приборы называются геодезическими, и похожи они на те, которыми пользуются землемеры. Такие



Рис. 11. Один из разрывов (сбросов) высотой в 0,6 метра, возникший при землетрясении 1899 года на Аляске.

измерения производились не только у самого очага землетрясения, но и вдали от него; измерения производились как после землетрясений, так и до них. И стало совершенно ясно, что землетрясения связаны с внезапными мгновенными смещениями почвы, с теми смещениями, которые называются тектоническими и которые проявляются на земной поверхности в виде разрывов, поднятий, опусканий, наклонов и измятий земной коры. При быстром смещении земных масс под землёй возникает мощный толчок, который распространяется во все стороны на далёкое расстояние, подобно тому как расходятся волны по воде от брошенного в неё камня.

Из приведённой ниже таблицы видно, какие серьёзные изменения претерпевает земная кора при землетрясениях.

Районы землетрясения	Год землетрясения	На сколько метров опустилась (или поднялась) поверхность земли (наибольшее вертикальное смещение)	На сколько метров сдвинулись отдельные участки (наибольшее горизонтальное смещение)	Общее протяжение разрыва в километрах
Байкал	1862	2,5	—	—
Калифорния	1872	6,9	5,4	68
Япония	1891	5,7	3,9	102
Ассам	1897	10,5	—	20
Аляска	1899	14,1	—	—
Формоза	1906	1,8	2,4	41
Калифорния	1906	0,9	6,3	—
Невада	1915	4,5	—	37
Новая Зеландия . .	1931	2,7	1,8	—

На рисунке 11 приводится фотография одного из разрывов, возникших при землетрясении 1899 года на Аляске.

2. ПРИЧИНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ — ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Итак, землетрясения происходят при внезапных смещениях и разрывах земной коры.

Но иногда, и даже весьма нередко, никаких перемещений земных масс при землетрясениях не наблюдается. В Средней Азии, например, каждый год происходит несколько сот землетрясений, а резкие изменения почвы замечаются редко. Как же в этом случае объяснить землетрясения?

Ответ нужно искать в том, на какой глубине находится очаг землетрясения, то-есть то место, в котором рождается подземный удар, от которого расходятся во все стороны колебания земли. Если очаг мелкий, то-есть в движение приведены самые верхние участки земной коры, то эти движения и обнаруживаются без труда на самой поверхности земли. Если же очаг глубок, то движения масс, происходящие в нём, отражаются на поверхности слабее; в этом случае ощущается лишь мгновен-

ный подземный удар или колебания почвы, но без смещений её верхних слоёв.

Оказывается, большинство очагов лежит близ самой поверхности земли, на глубине не более 10 километров. Но многие очаги, и притом самых сильных землетрясений, лежат значительно глубже, на расстоянии 30—40 километров от поверхности земли. Бывают, хотя и не часто, даже такие очаги, которые лежат на глубине нескольких сот километров. Самый глубокий очаг, который известен сейчас учёным, имеет глубину около 800 километров.

Остановимся немного на этих цифрах. После сильных крымских землетрясений 1927 года земля очень долго не могла успокоиться. Была найдена глубина, на которой возникали толчки: от 9 до 40 километров; но чаще всего толчки возникали на глубине 20—30 километров.

На Кавказе за пять с половиной лет, с 1933 по 1938 год, зарегистрировано более 1000 землетрясений. Для многих из них удалось определить глубину очага — от 5 до 70 километров.

Для Средней Азии известна глубина очагов очень большого количества землетрясений. Здесь громадное большинство очагов лежит либо у поверхности земли, на глубине 10 километров, либо в более глубокой зоне — около 40 километров; промежуточные глубины встречаются реже. В районе Памира обнаружены очаги глубиной до 300 километров.

Из этого перечня видно, что глубина очагов сильно меняется, и можно предположить, что землетрясения с разной глубиной очага будут ощущаться на поверхности земли различно.

Сравним между собой некоторые землетрясения.

Во время Кебинского землетрясения 1911 года местность была потрясена на площади больше 1 миллиона квадратных километров, и, начиная от центра землетрясения к его краям, сила толчков и колебаний ослабевала медленно и постепенно. Точно такая же картина наблюдалась при землетрясениях в Семиречье в 1889 году, в Красноводске в 1895 году, в Ашхабаде в 1929 году и в некоторых других случаях. Область распространения этих землетрясений огромна, их разрушительная сила в центре громадна; однако нельзя указать тех линий разрыва, по которым сместились близ поверх-

ности земли горные массы. Движение затронуло на большую глубину крупные горные массивы в целом. Очаги таких землетрясений лежали не менее чем на 40—50 километров ниже поверхности земли.

Землетрясения в Шемахе в 1902 году и в Зангезуре в 1931 году были слабее упомянутых выше; ощутимые толчки распространялись не так далеко, колебания ослабевали быстрее, а форма потрясённой области оказалась не такой правильной, как у первых. Глубина очага этих землетрясений была меньше: она не превышала 20—30 километров.

И, наконец, при таких землетрясениях, как Ленинканское в 1926 году, Ереванское в 1937 году или многочисленные сильные землетрясения за последние 15 лет в Таджикистане, область ощутимых толчков оказалась совсем небольшой, хотя сила толчков в центре была довольно велика. Участки самых сильных разрушений, вызванных этими землетрясениями, в точности располагаются по линиям тектонических разрывов. Особенно показательным является в этом смысле таджикское землетрясение 1930 года близ г. Файзабада. Глубина очагов таких землетрясений обычно не превышает 10 километров; а иногда очаги лежат у самой поверхности земли.

Таким образом, если смещение земных масс происходит близ поверхности земли, то-есть очаг землетрясения не глубок, то мы видим его тесную связь с геологическими линиями складок и разрывов. В этом случае наиболее сильные разрушения на поверхности наблюдаются вдоль тектонических разрывов, которые описаны выше. Если же такие движения происходят на большой глубине и подземный удар достаточно силен, тогда колебания тоже дойдут до поверхности, но они широко расплывутся, никакой связи с видимыми на поверхности тектоническими разрывами не дадут и никаких перемещений земных масс у поверхности видно не будет.

Так как движения земной коры называются тектоническими движениями, то такие землетрясения называются также тектоническими. Очаг, то-есть точка под землёй, которая является источником землетрясения, называется гипоцентром (гипо — глубоко). Прямо над нею на поверхности земли находится так называемый эпицентр (эпи — мелко), вокруг которого располагается область, испытывающая при землетрясении

наисильнейшие толчки; эта область именуется эпицентральной.

От очага, или гипоцентра, по твёрдому телу земли во все стороны расходятся колебания, которые называются упругими или сейсмическими волнами. Различают два главных вида этих волн. Первый вид — это продольные волны, они возникают вследствие колебания частиц почвы в том направлении, в котором распространяются сами колебания. Можно сказать, что частицы колеблются как бы вдоль лучей, которые расходятся от очага во все стороны; эти направления так и называются — сейсмическими лучами. Каждая частица смещается на очень небольшую, совсем незаметную величину и в конце концов возвращается на своё почти прежнее место; но эти её смещения передаются соседним частицам, от них к следующим и так далее, и в целом вдоль по сейсмическому лучу распространяется сейсмическая или упругая волна, притом с огромной скоростью — около 8—10 километров в секунду.

Другим видом волн являются поперечные волны; при них частицы почвы колеблются в другом направлении, чем при продольных волнах, именно в направлении, поперечном к линии сейсмического луча; скорость распространения этих волн несколько меньше, чем первых, — 4—5 километров в секунду.

В целом же каждая частица испытывает весьма сложные колебательные движения, участвуя сразу во всех их видах, так что если бы нам пришлось начертить весь путь отдельной частицы земли во время землетрясения, то получилась бы очень сложная линия.

Различают ещё и другие виды сейсмических волн, из них большое значение имеют так называемые поверхностные волны. Они возникают не в очаге, а в эпицентре, и затрагивают только самый верхний слой земли. Они распространяются сравнительно медленно, но нередко являются главной причиной катастрофических разрушений при землетрясениях.

Итак, землетрясения вызываются движениями земной коры. Разумеется, такие движения должны быть, как говорят геологи, молодыми, то-есть относиться к настоящему периоду в развитии Земли. Следы древних тектонических движений, прошедших в давние времена, встречаются очень часто; весь Урал, например, состоит из

таких нарушений. Но современные землетрясения вызываются не старыми тектоническими движениями, а теми, которые происходят теперь. На земной поверхности имеется много районов, где тектонические движения сильны в настоящее время. Такими районами являются прежде всего горы, но не только они. Движения происходят нередко на большой глубине в земле, и на рельефе земной поверхности отражаются не только в форме гор, но в форме глубоких впадин, например, под дном многих морей и океанов, особенно в тех местах, где они наиболее глубоки. Те участки в земле, в пределах которых подобные тектонические движения наблюдаются в настоящее время, причём безразлично, есть там горы или нет, называются «современными складчатыми зонами». Большинство землетрясений и есть следствие тектонических движений в современных складчатых зонах.

3. ДВИЖЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Можно ли быть уверенным в том, что на очень больших, неизведанных глубинах в земле тектонические движения идут так же, как на поверхности? Можно ли сказать, что в глубине горные породы такие же, как наверху? Конечно, нет.

Во-первых, там, в глубине, другие горные породы. Там нет таких горных пород, как песок, глина или известняк, то-есть осадочных пород, которые преобладают на поверхности земли. Там есть только одна порода — очень тяжёлая, плотная чёрная каменная кристаллическая масса с большим количеством железа и малым количеством кремнезёма. На поверхности земли таких пород мало.

Во-вторых, там, в глубине, высокая температура. Горнякам, работающим в шахтах, известно, что чем глубже шахта, тем в ней жарче. Можно поэтому предполагать, что на глубине 100 километров температура доходит до 1500 градусов и больше, и горные породы должны там расплавиться. Иногда такие расплавленные массы породы, ослепительно сверкающие красным или жёлтым светом, действительно выбрасываются на поверхность земли — происходит, как говорят, вулканическое извержение.

Наконец, пласты горных пород, лежащие на большой глубине, испытывают громадное давление: на них давят всей своей огромной тяжестью пласты, находящиеся над ними. Если рыхлую породу очень сильно сжать — получится плотная порода с иными свойствами, чем раньше. То же и в земле. Если на глубину в 100 километров поместить серебряную монету, то её маленькая площадка будет испытывать давление в 30 тонн.

Значит, на больших глубинах земного шара и породы иные, чем на поверхности, и температура выше, и давление больше. Поэтому нельзя думать, что там движения земных масс происходят так же, как вверх. В глубине земли движения масс развиваются как-то иначе. Но они также вызывают землетрясения; очаги землетрясений, как мы знаем, лежат не только в верхней части земного шара, но и на глубине во много сот километров.

При землетрясении сейсмические волны, о которых уже говорилось, идут не только вверх, к эпицентру, но и во все другие стороны, в том числе и прямо вниз, к центру земли. Если толчок в очаге был достаточно сильным, то волны могут пройти через центр Земли, пересечь земной шар насквозь и дойти до противоположной стороны его, причём такой путь они пройдут скорее, чем кругом, вдоль поверхности. Изучая пути этих сейсмических волн, можно судить о внутреннем строении Земли. Таким способом удалось выяснить, что Земля состоит из нескольких оболочек. Самая верхняя из них называется земной корой; она тверда, состоит из кристаллических горных пород и распространяется до глубины около 100 километров. В ней располагается наибольшее количество очагов землетрясений. Земная кора в свою очередь состоит из нескольких слоёв.

Под земной корой находится так называемая минеральная оболочка, толщина которой оценивается в 1100 километров. Всюду в этой оболочке температура превышает 1500 градусов, давления очень велики, и, таким образом, всё, что говорилось выше об особенностях тектонических движений в таких условиях, прямо относится к минеральной оболочке. В этой оболочке также возникают землетрясения, но в гораздо меньшем числе, чем в земной коре.

Наконец, ниже следует так называемая промежуточная оболочка, а с глубины в 2900 километ-

ров — земное ядро. Ядро почти целиком состоит из железа, температура в нём по некоторым данным достигает 5—6 тысяч градусов, а давление — больше 2 миллионов атмосфер (то-есть каждая площадка в 1 квадратный сантиметр испытывает давление, превышающее 2 тысячи тонн). В промежуточной оболочке и в ядре обнаружить очагов землетрясений пока не удалось.

4. ПРИЧИНЫ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Мы говорим, что земная кора движется, что пласты горных пород, из которых она состоит, изгибаются, давая огромные складки, и рвутся, давая тектонические разрывы. Но откуда же берутся эти движения? Что заставляет твёрдую, прочную и, казалось бы, навеки неподвижную Землю испытывать такие сложные изменения?

Есть предположение, что Земля в начале своего образования, то-есть после того как она стала самостоятельным небесным телом, была большим расплавленным шаром. Это было около трёх миллиардов лет тому назад. Человеку невозможно представить себе такой громадный промежуток времени, но хорошо известно, что именно так давно существует планета Земля. С течением времени раскалённый земной шар остывал, и, как остывающее тело, уменьшался в объёме. На его поверхности уже образовалась твёрдая холодная кора, а в глубине всё ещё оставался жар; но Земля продолжала остывать и, следовательно, сжиматься. Значит, и коре нужно уменьшаться, сокращаться в площади; она коробится, сминается, даже рвётся, лишь бы приспособиться к ещё не остывшему ядру. Отсюда те движения и нарушения на поверхности Земли, которые мы наблюдаем. Такова одна из гипотез, пожалуй самая ранняя. Однако чтобы лучше и точнее объяснить причины тектонических движений, найти их источник, в последние десятилетия было предложено много новых гипотез.

Так, например, в одной из гипотез говорится, что материки, состоящие из сравнительно лёгких пород, можно представить себе как бы плавающими в более тяжёлых породах нижней части земной коры. При этом материки могут медленно передвигаться по своему основанию, как льдины по воде. Можно рассчитать, какие силы и в ка-

ком направлении стремятся сдвинуть огромные массы материков. Если это так, то при своём движении материка будут испытывать различные деформации, то-есть тектонические нарушения, что и явится, с одной стороны, причиной образования гор, а с другой, землетрясений, вулканических извержений и т. п.

В другой гипотезе указывается на то, что материковые массы могут перемещаться не только в горизонтальном направлении, но и в вертикальном, то-есть либо подниматься, либо опускаться. Если такая огромная масса, как целый материк, опустится хотя бы немного и очень медленно, то она с такой силой выжмет из-под своего основания подстилающие её породы, что образуются горы.

Указывают далее на то, что в Земле имеется некоторое количество так называемых радиоактивных веществ, которые всё время испускают тепло, нагревают землю и могут со временем даже расплавить её. Отсюда — опять возникают движения, которые мы именуем тектоническими.

Наконец, многое говорит за то, что в глубинах Земли существуют очень медленные, но мощные потоки вещества, перетекающего с одного места на другое. Вещество в глубинах Земли, вследствие огромного всестороннего давления, обладает пластическими свойствами, то-есть податливо, способно к перемещениям. Подобные подкоровые потоки вовлекают в движение благодаря трению и земную кору; отсюда тектонические нарушения, горы и землетрясения.

Как видим, вопрос о причинах горообразовательных движений очень сложен, и окончательного ответа на него пока нет. Но постепенно мы узнаём о них всё больше, и со временем можно будет гораздо подробнее и точнее говорить о причинах землетрясений.

Как отдельный человек, или отдельное растение и животное, рождаются, растут, развиваются, изменяются, стареют и погибают, так и вся Земля в целом не остаётся неизменной. И земная кора, и горы, и реки, и даже отдельные камни и минералы — всё в мире медленно, но неуклонно изменяется. Всё находится в постоянном движении. Землетрясения — лишь маленькая часть этого грандиозного непрерывного всеобщего движения и изменения природы.

5. БЫВАЮТ ЛИ ДРУГИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, КРОМЕ ТЕКТЕНИЧЕСКИХ?

Бывают ли ещё какие-нибудь землетрясения, кроме тектонических? Почти все известные нам землетрясения — тектонические. Но всё же остаётся ещё небольшая группа землетрясений, отличных по своему происхождению от них. Прежде всего это так называемые обвалыные землетрясения. Они возникают в том случае, если обрушивается кровля каких-либо подземных пустот, пещер или даже искусственных горных выработок. Затем можно указать на вулканические землетрясения. Они бывают, когда действует огнедышащая гора, то-есть вулкан, и расплавленные массы горной породы, пробиваясь с больших глубин на поверхность, ударяют в стенки подземных ходов, внезапно высвобождаются и стремительно вырываются наружу газы, пары и т. д.

Примером обвалыных землетрясений могут служить недавние многочисленные колебания земли на Урале, в районе Губахинского посёлка в Кизеловском районе Молотовской области. Это было в октябре — декабре 1934 года. Первые подземные удары, ощущавшиеся отдельными лицами, отмечены 10—11 октября. Затем толчки ощущались в октябре, ноябре и в декабре. Особенно заметный удар был записан 28 ноября утром. В общем же толчки и колебания были слабыми. Кое-где слегка была повреждена штукатурка, звенели стёкла в окнах и посуда в шкафах, вздрагивали и слегка перемещались предметы домашней обстановки. Такие явления замечались только в районе одного посёлка. Произведённое обследование показало причину подземных толчков. В этом районе уже давно добывают каменный уголь из глубоких пластов. После горных работ остаются в земле пустые пространства, кровля которых постепенно оседает. Выше, в пластах известняков, имеются естественные пустоты, образованные действием подземных вод. Из-за прогибов в нижних каменноугольных пластах нарушается равновесие верхних известняковых пластов. Кровля и стенки пустот обрушиваются, и в результате на поверхности ощущаются подземные толчки.

Конечно, такие явления встречаются и в обычных естественных природных условиях, как это чаще всего и бывает при обвалыных землетрясениях.

Примером вулканических землетрясений являются некоторые землетрясения на Камчатке. На этом громадном полуострове имеется около 130 вулканов, 20 из них действуют и ныне. Время от времени они выбрасывают в воздух огромные массы различных газов, водяных паров, камней, пепла. Из жерла и щелей вытекает расплавленная лава. Такие явления называются вулканическими извержениями. В 1944 и 1945 годах большой активностью отличался крупнейший на Камчатке вулкан Ключевская сопка. Извержения, то усиливаясь, то ослабевая, продолжаются иногда очень долго. Во время извержения вулкан бурлит в глубине и вздрагивает, как паровой котёл. Пары и газы стремятся вырваться наружу, в расплавленной лаве следуют один за другим взрывы, рушатся стенки подземных пустот и каналов, по которым движется лава. При этом почва окрестностей испытывает небольшие колебания. Это и есть вулканические землетрясения; они отличаются тем, что сила их невелика, колебания распространяются недалеко, но зато удары следуют очень часто, иногда почти непрерывно в течение весьма долгого времени, один за другим.

Много таких землетрясений было отмечено в районе Ключевской сопки в 1937 году (о вулканах см. брошюру в серии «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата — Е. П. Заварицкая, Вулканы).

Обвальные и вулканические землетрясения не так широко распространены и не так опасны, как тектонические. Тектонические землетрясения очень сильны, очень опасны. Вот почему в этой книжке им уделено наибольшее внимание.

III. ИЗУЧЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

1. МОЖНО ЛИ ПРЕДСКАЗАТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ?

Было бы очень важно научиться предсказывать начало землетрясения, предвидеть тот день, когда оно произойдёт, чтобы заранее предупредить о нём жителей. Много раз пытались учёные найти путь для предсказания землетрясений. Задача эта необычайно трудная. Действительно, сравните землетрясение с погодой. Всегда и всюду люди имеют дело с погодой, с ветрами и дождями; от погоды зависит в значительной мере и урожай, и со-

стояние дорог, и многое другое. Многие учреждения, тысячи учёных занимаются вопросами погоды. Каждый день изменяется погода, приходят и уходят облака, рождается дождь, падает туман — всё это у нас на глазах, за всеми этими событиями можно следить, можно даже частично воспроизводить их в лаборатории, на опыте. Эти опыты помогают изучению погоды, и учёные научились предсказывать её. Что же сказать о землетрясениях, которых в лаборатории не воспроизведёшь, которые возникают на недоступных для человека глубинах и которые назревают медленно, постепенно, на протяжении многих лет, незаметно и скрытно от человеческих глаз? И всё же, несмотря на трудность задачи, попытки предсказать землетрясения делаются, и есть надежда на то, что мы сможем, в конце концов, их предвидеть.

Предсказать землетрясение — это значит ответить на три вопроса: где ожидается землетрясение, какой силы оно будет и когда оно будет. На первый вопрос наука отвечает вполне точно. Достаточно хорошо известно, в каких районах возникают землетрясения и в каких их не бывает. И на второй вопрос, о силе землетрясения, можно дать определённый ответ. Известно, например, что в Москве могут быть лишь самые слабые, почти незаметные и совершенно неопасные колебания почвы и то крайне редко. Но зато для многих городов, особенно на юге, приходится опасаться сильных землетрясений, от которых эти города могут пострадать, если не принять мер предосторожности.

Последний вопрос — когда будет землетрясение? — является, конечно, основным. Ответить на него нелегко. В данное время можно ответить на него лишь очень приблизительно.

Делались попытки ставить специальные приборы и продолжительное время вести с их помощью наблюдения, чтобы точнее выяснить время возникновения землетрясений. Неплохие результаты получаются с приборами, которые называются *наклономерами*; они измеряют с очень большой точностью наклоны земной поверхности. Оказывается, что в любой точке земной поверхности её наклон к горизонту хотя и очень медленно, но всё время меняется. Перед землетрясением наклон изменяется быстрее; нужно заметить этот момент по прибору и сделать надлежащие выводы. Задача трудная, но совсем не без-

надёжная, и такие исследования сейчас ведутся. В нашей стране такие исследования проводит Академия Наук СССР (проф. В. Ф. Бончковский).

Конечно, здесь много ещё неясного, многое нужно изучать. Астрономы уже давно и с изумительной точностью научились предсказывать солнечные или лунные затмения, притом за много сот лет вперёд. Но астрономия существует уже не одну тысячу лет, а наука о землетрясениях, сейсмология, не имеет от рода ещё и ста лет. Ясно, что придёт время, и мы сможем предсказывать землетрясения также с большой точностью.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Самый лучший путь к тому, чтобы полнее изучить землетрясение, это — использование точных специальных приборов. Таких приборов построено в разных странах много. Главные из них называются сейсмографами.



Рис. 12. Первый русский сейсмолог академик Б. Б. Голицын (1862—1916 гг.).

У нас в СССР одним из лучших считается сейсмограф, построенный лет 40 назад академиком Б. Б. Голицыным. Академик Б. Б. Голицын (рис. 12) был очень крупным учёным, большим знатоком землетрясений и основателем русской сейсмологии. Построенный им прибор показан на рис. 13 (сверху). Таким прибором пользуются до сих пор не только у нас, но и за границей.

Сейсмограф Голицына устроен и работает следующим образом: тяжёлый металлический груз прикреплен к раме, подвешенной на пружине, которая видна на рисунке. Груз может колебаться вверх и вниз. На конце рамы прикреплены катушки из провода, помещённые между сильными магнитами. Если землетрясения нет, то вся система

неподвижна. Когда же почва начинает колебаться, то подставка, на которой укреплен весь прибор, смещается по отношению к тяжёлому грузу, потому что последний из-за своего большого веса отстаёт в движении от подставки. Тогда дальний конец рамы с катушкой переме-

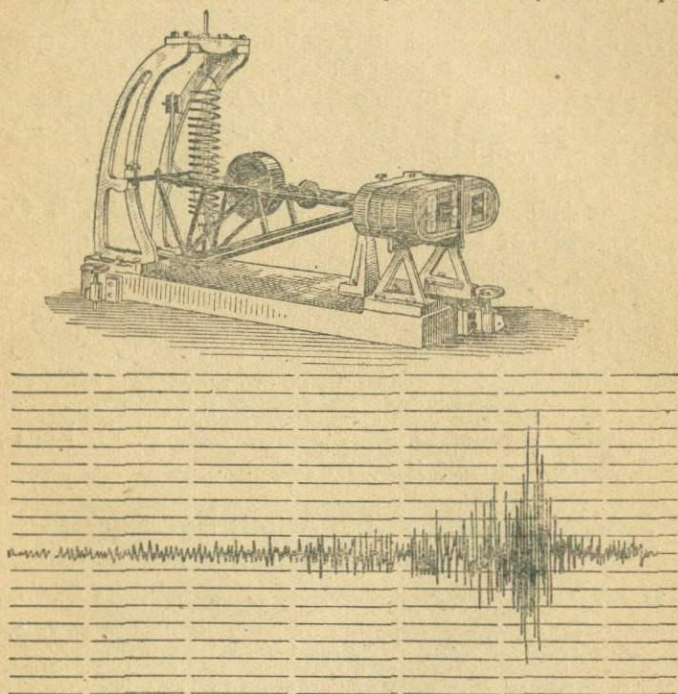


Рис. 13. Сейсмограф системы Б. Б. Голицына, записывающий колебания земли, распространяющиеся от очага землетрясения. Внизу — запись землетрясения (сейсмограмма).

щается между магнитами, и в катушках возникает электрический ток. Ток идёт в зеркальный гальванометр, то есть в такой прибор, в котором под влиянием электрического тока поворачивается небольшое зеркальце. На зеркальце направляют тонкий луч света; луч отражается от зеркала и падает на медленно движущуюся ленту фотографической бумаги.

Колебания почвы при землетрясении, особенно вдали от очага, продолжаются довольно долго, много минут, и

всё это время прибор воспринимает эти колебания — световой луч бежит по фотобумаге. В результате на бумаге получается сложная кривая линия, отражающая движения почвы. Такая записанная прибором кривая линия называется сейсмограммой (на рис. 13 внизу).

При внимательном изучении такой сейсмограммы можно сказать очень многое: определить, где было землетрясение, на какой глубине помещался его очаг и многое другое. С помощью именно таких приборов или им подобных и изучаются землетрясения.

Приборы устанавливаются в особых помещениях, которые называются сейсмическими станциями. В СССР сейчас работает более 20 таких станций. Они находятся в Москве, Свердловске, Тбилиси, Ташкенте, Иркутске, Самарканде и других городах.

За границей около 40 сейсмических станций снабжены русскими приборами академика Б. Б. Голицына. В СССР многие сейсмические станции, расположенные поблизости от очагов землетрясения, снабжены новыми советскими приборами системы П. М. Никифорова, В. Ф. Бончковского, Д. П. Кирноса и Д. А. Харина.

3. КАК ОСЛАБИТЬ ВРЕДНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

На всей Земле сейчас имеется около 500 сейсмических станций. Во многих странах организованы специальные институты и лаборатории, в которых изучаются землетрясения и явления, их сопровождающие. Государства расходуют большие средства на развитие сейсмологии. И всё это потому, что землетрясения причиняют огромный вред и нужно найти способы уменьшения его. Насколько опасны землетрясения, показывает пример хотя бы только одного такого землетрясения, какое произошло 1 сентября 1923 года в Японии. В этой небольшой стране, на её островах, землетрясения происходят постоянно, и население привыкло к ним. Но землетрясение 1923 года было исключительно мощным. Сильнейшие подземные толчки и колебания почвы, продолжавшиеся несколько секунд — не минут, а секунд! — причинили следующие повреждения и потери: разрушено полностью — 127 266 домов; разрушено частично — 126 233 здания; сгорело — 447 128

зданий; унесено волной в море — 868 зданий; погибло судов (баржи, пароходы и т. п.) — около 8000. Было убито и пропало без вести — 142 807 человек; ранено и обожжено — 103 733 человека.

Землетрясение 1923 года за несколько секунд причинило Японии убытков в 5 раз больше, чем убытки, понесённые ею за 19 месяцев русско-японской войны 1904—1905 годов!

Примерно такие же катастрофы время от времени постигают и некоторые другие страны — Италию, Испанию, Грецию, Турцию, Иран, Индию, Китай, оба материка Америки и многие другие районы.

Чтобы уменьшить опасность разрушения зданий при землетрясении, нужно строить их так, как требуется специально разработанными правилами. Например, нельзя строить на крутых косогорах, у края обрыва, на плохих рыхлых грунтах, на влажных болотистых почвах. Лучше всего выбрать крепкий скальный грунт. Особенно важно заложить основательный, прочный фундамент. Чистый с поверхности, первосортный бутовый камень, который обычно идёт на фундаменты, желательно класть на лучшем растворе цемента или извести. Глину использовать в этих целях не рекомендуется. Камень нужно выбирать однообразный по толщине; подошва под фундаментом должна быть ровной; углы, выступы и прочие ответственные части должны укрепляться железными стержнями или балками.

Столь же внимательно нужно возводить стены. Известно, что неплохо выдерживают подземные толчки деревянные, железобетонные и кирпичные, хорошей кладки, здания, а дома из рваного камня или из глины разваливаются быстрее. Если в дело идёт кирпич, то он должен быть наилучшим по качеству, чтобы кладка была ровной, на хорошем растворе; на ответственные части — углы и перемычки — нужно ставить дополнительные крепления. Перекрытия желательно делать как можно более жёсткими и прочно соединять их со стенами. Перегородки следует устраивать из лёгких материалов и надёжно связывать их со стенами.

Опыт показывает, что при землетрясении в первую очередь разрушаются печи, трубы и дымоходы; поэтому печи желательно делать лёгкими и низкими, а кладку укреплять проволокой или полосовым железом.

Наружных украшений зданий лучше избегать: карнизы, выступы, парапеты, решётки, колонны, статуи, навесы, балконы и т. п. разрушаются легче всего и при падении могут служить причиной гибели людей.

Высота зданий также обычно ограничивается. Чем выше здание, тем хуже оно переносит подземные толчки и колебания.

Чем легче крыша, тем лучше. В аульных зданиях, на юге СССР, нередко устраивают плоскую земляную кровлю, очень толстую и очень тяжёлую; стены же обычно бывают глиняными или делаются из неровного бутового камня на глиняном растворе. Такие дома легко разрушаются при подземных толчках. Поэтому их нужно укреплять всеми доступными мерами. Дома глинобитные или из сырцового кирпича также опасны, но их тоже можно улучшить, если учесть хотя бы простейшие правила и, в частности, усилить стены деревянным каркасом.

Практика строительства многих жилых, промышленных, служебных и прочих зданий в опасных в отношении землетрясений районах СССР показывает, что если меры предохранения применяются, то здания хорошо выдерживают толчки.

Чтобы полнее изучить каждое землетрясение и лучше разработать правила строительства таких зданий, которые могли бы успешно сопротивляться разрушительному влиянию землетрясений, нужно знать о землетрясениях как можно больше подробностей. Как же получить такие сведения? Нужно собирать их от всех лиц, которые непосредственно ощущали землетрясения. Специальные приборы, специальные станции, лаборатории и институты — это всё необходимо, но этого мало. Нужно ещё собрать все сведения, все материалы от очевидцев, от лиц, ощущавших землетрясение лично. Нужно знать, как землетрясение ощущалось на месте, какие разрушения оно причиняло, вообще как оно себя проявило, какими сопровождалось последствиями. Нужны, полезны и необходимы любые подробности, и чем их больше, тем полнее можно изучить и понять землетрясение.

Можно дать такую схему для описания землетрясения:

1 Когда оно произошло (год, месяц, число, час, минуты).

2. Где ощущал его автор письма (город, село, район, область, республика).

3. В чём оно проявилось (подземные толчки, колебания почвы, подземный гул и т. п.).

4. Как оно проявилось внутри помещений (потрескивание стен, звон посуды, сдвиг или падение мебели и т. п.).

5. Были ли повреждены здания (трещины в штукатурке или сквозные трещины в стенах, падение карнизов или труб, разрушение зданий и т. п.).

6. Не наблюдалось ли нарушений в почве (трещины в земле, оползни, оплывины, обвалы и т. п.).

7. В каких других пунктах отмечены толчки.

В конце письма нужно указать свой адрес, чтобы Институт, получивший письмо, смог ответить на него.

В нашей стране изучением землетрясений занимается несколько научных учреждений, и среди них Геофизический институт Академии Наук СССР. Его адрес: Москва, 17, Пыжевский переулок, дом № 3. Сведения об ощущавшихся землетрясениях нужно присылать в этот институт или передавать в любое учреждение Академии Наук СССР на местах или в Академии Наук союзных республик. Здесь они будут обработаны, занесены в каталоги и послужат на пользу общему делу борьбы с вредными последствиями землетрясений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсмология — наука о землетрясениях. Ещё при жизни академика Б. Б. Голицына (родился в 1862 г., умер в 1916 г.) русская сейсмология шла в первых рядах мировой науки.

За годы советской власти сейсмология в нашей стране получила очень широкое развитие. Подробно изучено много землетрясений, изобретено и построено большое количество новых приборов, учёные научились с помощью методов сейсмологии разыскивать полезные ископаемые.

Теперь хорошо известно, что основная часть всех землетрясений СССР относится к землетрясениям тектоническим. Известно, какие именно тектонические нарушения особенно опасны, где они находятся и какой силы землетрясения они могут дать. Составлены специальные карты сейсмического районирования, на которых показаны опасные районы с указанием силы будущих землетрясений. Разработаны правила строительства в опасных районах, и эти правила применяются строительными организациями

в качестве обязательных норм, чем обеспечивается сохранность зданий и безопасность людей. Нашими учёными построены новые высококачественные приборы, с помощью которых можно изучать не только землетрясения, но и строение и состав Земли, можно проводить разведку полезных ископаемых и особенно разведку нефти. Методы сейсмологии используются и в промышленности, при изучении искусственных колебаний различных зданий, сооружений, машин и т. д.. Сейсмология нашла себе широкое применение и в военном деле.

Таким образом, советская сейсмология успешно продолжает и развивает хорошие традиции русской сейсмологии, а во многих отношениях она пошла по совершенно новым путям и получила результаты, о которых раньше нельзя было и думать.

Учёные ещё не научились предсказывать землетрясение; но бороться с вредными последствиями землетрясений возможно. Для этого следует в первую очередь подробно изучать каждое сильное землетрясение. Необходимо также разрабатывать способы постройки таких зданий, которые не разрушаются от подземных толчков.

В нашей стране правительство не жалеет средств на развитие сейсмологии. В случае разрушительных землетрясений пострадавшим немедленно оказывается вся необходимая помощь.

Вооружённый знаниями советский человек не мирится безропотно со стихийными бедствиями, которые доставляет ему природа. Изучая их, он активно борется с их последствиями. Когда люди научатся предсказывать землетрясения, они смогут полностью предотвратить причиняемые ими бедствия. К этому наука стремится, и этого она достигнет.



Библиотека Совет. В-та
Г. Ереван Арх.ОСР

НАУЧНО-ПОПУЛ БИБЛИОТЕ ГОСТЕХИЗДА

5290

1. Проф. М. Ф. СУББОТИН. Происхождение и возраст Земли.
2. Проф. И. Ф. ПОЛАК. Как устроена Вселенная.
3. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Подводный мир.
4. Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ. Происхождение небесных тел.
5. Проф. А. А. МИХАЙЛОВ. Солнечные и лунные затмения.
6. Проф. В. В. ЛУНКЕВИЧ. Земля в мировом пространстве.
7. Г. П. ГОРШКОВ. Землетрясения.
8. А. А. МАЛИНОВСКИЙ. Строение и жизнь человеческого тела.
9. Проф. И. С. СТЕКОЛЬНИКОВ. Молния и гром.
10. Е. П. ЗАВАРИЦКАЯ. Вулканы.
11. Проф. Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ. Воздушный океан.
12. Проф. А. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ. В мире звёзд.
13. Акад. В. А. ОБРУЧЕВ. Происхождение гор и материков.
14. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. На чём Земля держится.
15. Проф. В. Л. ГИНЗБУРГ. Атомное ядро и его энергия.
16. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
17. С. М. ИЛЬЯШЕНКО. Быстрее звука.
18. Проф. И. Ф. ПОЛАК. Время и календарь.
19. Проф. В. А. ДОРФМАН. Мир живой и неживой.
20. Г. Н. БЕРМАН. Счёт и число.
21. Проф. В. В. ЕФИМОВ. Сон и сновидения.
22. С. В. АЛЬТШУЛЕР. Меченые атомы.
23. Проф. Г. С. ГОРЕЛИК и М. Л. ЛЕВИН. Радиолокация.
24. В. Д. ОХОТНИКОВ. В мире застывших звуков.
25. Ю. М. КУШНИР. Окно в невидимое.
26. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Моря и океаны.
27. В. В. ФЕДЫНСКИЙ и И. С. АСТАПОВИЧ. Малые тела Вселенной.
28. Б. Н. СУСЛОВ. Звук и слух.
29. Проф. А. И. КИТАЙГОРОДСКИЙ. Строение вещества.
30. В. А. МЕЗЕНЦЕВ. Электрический глаз.
31. А. С. ФЕДОРОВ и Г. Б. ГРИГОРЬЕВ. Как кино служит человеку.
32. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. Было ли начало мира.