

Гоголев Б.Б.
Природные явления

В авторской редакции

Владимир
2007

ББК 20

Гоголев Б.Б.

Природные явления: Учебное пособие.

Владимир: ВлГУ, 2007. 104 с.

В настоящем пособии рассматриваются вопросы, связанные с изучением природных явлений, интересовавших людей с древнейших времен, — смерчей и землетрясений, задачами и методами научных исследований, посвященных их изучению, их практической значимостью.

Пособие предназначено студентам, изучающим курс «Концепции современного естествознания».

ББК 20

© Гоголев Б.Б., 2007.

Введение

Пособие «Природные явления» содержит сведения о двух природных явлениях: смерчах и землетрясениях. Несмотря на то, что эти явления привлекали к себе внимание людей с глубокой древности, остается много нерешенных задач, от решения которых зависит не только состояние научных знаний о процессах происходящих на нашей планете, но и жизнь людей.

Круг вопросов, рассматриваемых при изучении этих явлений, относится к сфере научных дисциплин, изучающих Землю, ее современное состояние, историю развития, процессы, происходящие в ее недрах, на поверхности и в атмосфере. Приведены результаты некоторых исследований, решенные и пока не решенные задачи, имеющие как практическую, так и познавательную ценность.

Пособие ставит задачу привлечения внимания студентов к казалось бы известным явлениям, изучение которых, тем не менее, далеко не завершено. Исследование этих явлений требует привлечения методов и использования результатов различных научных дисциплин, требует привлечения специалистов различного профиля.

Пособие предназначено для студентов, изучающих курс «Концепции современного естествознания» и служит для его наполнения конкретным содержанием в одной из естественнонаучных областей — изучении нашей планеты, в частности, с целью предотвращения возможных катастроф.

Смерчи

Структура смерча

Смерч — это атмосферный вихрь, возникающий в грозовом облаке и распространяющийся вниз, часто до самой поверхности Земли, в виде темного облачного рукава или хобота диаметром в десятки и сотни метров. Существует смерч недолго. Перемещаясь вместе с облаком, он может причинить большие разрушения. Смерч над сушей называют также тромбом.

Смерчи, как одно из явлений природы, до сих пор вызывает споры. Так неясны причины его образования.

Смерч, который в Северной Америке называется торнадо — это по существу часть грозового облака. Без грозового облака он не возникает.

Другая его характерная особенность — быстрое вращение вокруг оси, перпендикулярной к поверхности Земли. Сначала вращение наблюдается только в самом облаке. Затем часть вихревого облака отвисает вниз в виде воронки. Воронка все более удлиняется и, наконец, соединяется с землей. В это время она имеет вид громадного столба — колонны или хобота, расширяющегося к облаку и сужающегося к земле. Воронка смерча вращается иногда со сверхзвуковой скоростью. Это вращение, направленное по спирали снизу вверх, служит причиной тех невероятных явлений, которые сопровождают смерчи.

Строение смерча довольно просто. Его воронка состоит из внутренней полости и стенок. Внутренняя полость в разрушительной деятельности смерча имеет второстепенное значение. Она наполнена воздухом, сравнительно медленно движущимся вниз. Размеры воронки зависят от размеров и формы смерча. Ширина ее обычно колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров. Высота определяется высотой смерча и достигает нескольких сот метров, реже до 1000–1500 м и более. Характерная особенность внутренней полости — разреженность воздуха. В ней барометрическое давление резко понижено. По сравнению со стенками и даже с окружающим воздухом она является как бы пустой. Поэтому когда полость соприкасается с каким-нибудь замкнутым предметом, наполненным воздухом с обычным давлением, то предмет взрывается, воздух из него устремляется во внутреннюю полость смерча. Это служит причиной ряда своеобразных явлений.

Смерч — явление страшное. Поэтому, когда он надвигается, все стараются по возможности укрыться. Увидеть внутреннюю полость смерча, оказаться в ней и остаться живым чрезвычайно трудно. Описания ее вида и того, что в ней делается, крайне редки, но все же есть. Они выполнены в то

время, когда смерч отрывался от земли и, как бы прыгая, проносился над головами наблюдателей на небольшой высоте.

В 1930 году в штате Канзас любознательный фермер, стоя у входа в погреб, наблюдал за приближением смерча. Смерч был уже близко, и фермер шагнул вниз по лестнице, как вдруг смерч оторвался от земли и пронесся над его головой. Фермер был так поражен этим, что забыл броситься вниз по лестнице в погреб и остался стоять на верхней ступеньке. Позже он писал, что большой лохматый конец воронки повис прямо над его головой, кругом все было неподвижно, из конца воронки шел гудящий, шипящий звук. Взглянув вверх, он, к своему удивлению, увидел сердце смерча. В его середине была полость диаметром 30–70 м, шедшая кверху на расстояние около километра. Стены полости были образованы вращающимися облаками, а сама она была освещена непрерывным блеском молний, зигзагом перескакивающих с одной стены на другую. Полость была совершенно пустой, и только туманные образования двигались вверх и вниз. Смерч двигался медленно, и у фермера было время хорошо рассмотреть все, внутри и снаружи.

В 1951 году в Техасе смерч, подходя к наблюдателю, прыгнул, поднялся на 6 м и прошел над его головой. Ширина внутренней полости была около 130 м, толщина стенки — всего 3 м. В середине полости светилось голубым светом прозрачное облако. Стенки быстро вращались; вращение было видно до самого верха и, очевидно, уходило в облако. Когда смерч прошел над головой наблюдателя и снова опустился к земле, то коснулся дома соседа и в одно мгновение разрушил его.

Группа студентов, отдохавшая в окрестностях города Линкольна в штате Небраска, не обратила внимания на низкое грозовое облако, неожиданно надвинувшееся па них из-за деревьев. Когда они подняли головы, над ними проносился смерч. Все, что они успели рассмотреть, «имело вид громадного пустого цилиндра, ярко освещенного внутри блеском молний. Шум был как от жужжания десяти миллионов пчел, а рев не поддавался описанию». К счастью студентов, этот цилиндр не опустился на них.

26 мая 1963 года наблюдался смерч около города Оклахома-Сити. Двумя служащими радарной станции было приведено его описание: «Внешняя сторона воронки была гладкая, непрерывная и определенно круглая в поперечном сечении. В то же время хорошо ограниченной внутренней стены не было, не было и видимых признаков пустого пространства внутри воронки. Вся полость внутри внешней оболочки была наполнена хлопьевидными облаками. Эти хлопья турбулентно двигались и изменялись па фоне правильного вращения всей воронки. Не было видно ни мол-

ний, ни свечения. Не было никакого рева, единственный звук — свист бури».

Это описание имеет и сходства и отличия от предыдущих. Основное отличие — неясность внутренней поверхности стенок воронки. Наружная поверхность стенок тоже бывает неясной, расплывчатой. Вообще смерчи — это образования весьма изменчивые и разные.

Стенки смерчей бывают двух типов. Первый, наиболее распространенный, отличается резко ограниченными, гладкими поверхностями стенок. Образования подобной формы обычно и называются смерчами. Позднее было установлено, что существует вторая группа смерчей, довольно редкая, у которых резко ограниченная наружная поверхность отсутствует. Они представляют собой низкое, широкое столбообразное облако, которое, медленно двигаясь по земле, одновременно вращается с большой скоростью. Разрушительная сила таких смерчей велика. Нередко они приносят гибель людям и огромные материальные убытки, оценивающиеся в десятки, а иногда и сотни миллионов долларов. Такие смерчи очень близки к шквальным бурям в Европе.

Смерч состоит из воздуха, наполненного водой и грязью, а разрушения вызываются колоссальной скоростью. Сам по себе, воздух, наполненный водой и грязью, не способен причинить вреда, но на большой скорости он уничтожает все на своем пути.

Скорости вращения воронки, точнее, скорости ветра в ее стенках представляют важнейшую особенность смерча. Эти скорости различны и быстро изменяются даже у одной и той же воронки, но самое главное то, что они могут превышать скорость звука, равную 1200 км/ч, или 332 м/с. Это служит причиной ряда своеобразных явлений. Чем больше скорость ветра, тем больше его давление. Кроме того, оно увеличивается вследствие примеси к воздуху воды и грязи (пыли с водой). В результате ни один из существующих аппаратов для измерения скорости ветра такого давления не выдерживает, ломается, а иногда просто бесследно исчезает. Поэтому непосредственные замеры скоростей ветра в смерчах отсутствуют. Однако специалисты по сопротивлению материалов довольно точно высчитали эти скорости по тому, как изгибались и ломались различные предметы.

Далласский смерч 2 апреля 1957 года, пересекая железную дорогу, опрокинул несколько груженных, очень тяжелых товарных вагонов. По их весу и форме определили, что скорость ветра достигала 210–225 км/ч, а порывами — до 350 км/ч. Немного дальше была разрушена громадная и прочная подставка для объявлений, скорость ветра в этом случае составила 480 км/ч.

Эти данные обоснованы математическими расчетами, но ряд наблюдателей приводят другие цифры: 600·1000 км/ч, указывают даже 1300 км/ч, что превосходит скорость звука.

В основе этих заключений лежат поразительные, почти невероятные факты. Например, после некоторых смерчей неоднократно попадалось куриное яйцо, пробитое сухим бобом, но так, что скорлупа яйца вокруг пробоины осталась невредимой, как при прохождении револьверной пули. Во время других смерчей мелкая галька пробивала оконные стекла, не повреждая их вокруг пробоины, опять-таки как револьверные пули.

Пожалуй, еще более поразительный случай произошел во время знаменитого смерча Трех Штатов в 1925 году. Недалеко от отремонтированного дома стояла дюймовая доска. При прохождении смерча она была проткнута другой такой же доской с острым концом, летевшей параллельно земле. Сам этот факт уже вызывает удивление, но еще более невероятно то, что проткнутая доска даже не раскололась, а летевшая застряла посредине. Все эти случаи связаны со сверхзвуковыми скоростями ветра.

Описан еще и такой пример. После прохождения смерча стена одного деревянного дома оказалась проткнутой насквозь застрявшей в ней старой, с одного конца обуглившейся доской. Пробивание стен деревянных домов досками и другими обломками наблюдалось неоднократно у различных смерчей, в этом ничего особенного нет. В данном случае важно то, что стена была проткнута острым, обуглившимся концом доски и при этом углистая, сравнительно рыхлая масса на острие доски оказалась почти не поврежденной. Доска летела с такой скоростью, что проткнула стену дома, как иголка протыкает материю. Это произошло в конце 1928 года в Канзасе.

В городе Нашвилле (штат Теннесси) 14 марта 1933 года прошел смерч необыкновенной силы. Он вызвал большие разрушения и гибель 15 человек. Особенно интересны были факты, подтверждавшие огромную скорость ветра. Соломинка, несшаяся концом вперед, проткнула насквозь лист довольно толстого картона. Планка толщиной 2 см пронзила ствол небольшого дерева. Большая стальная опора для линии высокого напряжения согнулась до самой земли.

Во время смерча 1919 года в штате Миннесота тонкий стебель растения проткнул насквозь толстую доску. Лист клевера несся с такой скоростью, что был вдавлен в твердую штукатурку и найден в таком положении. Трудно поверить, что соломинки могут втыкаться в дерево, но этот факт наблюдался неоднократно.

Самый фантастический случай произошел во время смерча 1896 года в Сент-Луисе: сосновая палка пробила лист железа толщиной около сантиметра.

Во время смерча 23 августа 1953 года в Ростове (Ярославская область) во дворе дома у колодца снесло деревянный сруб, а стоявшие рядом ведро и деревянная кадка остались на месте. В другом доме на той же улице будильник, стоявший на комодe, сильным потоком ветра был пронесен через три двери, кухню и коридор и оказался на чердаке. Будильник при этом остался цел и невредим и продолжал ходить. На другой улице в одном доме сорвало и унесло с подушки наволочку, а сама подушка осталась нетронутой.

В Белоруссии во время смерча 25 апреля 1859 г. доска пробила свинью насквозь. Другой смерч перенес колоды с пчелами на 500 м.

Точные измерения скорости вращения обломков редки и дают разные результаты: 180, 306, 382, 540 и даже 720 км/ч.

Подъем и перенос тяжелых предметов убеждают, что скорости, вращения в воронке значительно изменяются. Нижняя ее часть вращается быстрее верхней. Она способна поднять тяжелые и большие предметы, в том числе, людей и животных, но высота подъема не превышает десятков метров. Выше вращение становится медленнее, большие предметы выбрасываются из воронки и падают на землю. В облако поднимаются только предметы не тяжелее нескольких килограммов. У расплывчатых смерчей распределение скорости такое же, как у ураганов. В центре ближе к внутренней полости, скорости громадны, поэтому расплывчатые смерчи иногда бывают разрушительными.

Интересны случаи, когда материнское облако опускается па землю, воронка отсутствует совсем и облако медленно ползет по земле. Разрушения при этом не уменьшаются, а иногда даже увеличиваются. Это показывает, что вращение с громадной скоростью свойственно не только воронке, но и той части материнского облака, с которой она связана.

Когда смерч касается поверхности моря, озера или реки, образуются массы брызг, которые поднимаются вверх, иногда на высоту в несколько десятков метров. Им было первоначально дано название «каскад». Падая обратно в море, они действительно напоминают настоящие речные каскады.

Каскад представляет собой облако или столб пыли водных брызг у основания воронки смерчей. Он напоминает речные каскады, особенно когда состоит из пыли и обломков зданий.

Позже это название было распространено на наземные смерчи, которые, касаясь поверхности земли, поднимают вверх массы пыли, сухих листьев и мелких обломков. Падая вниз, они похожи на настоящие каскады.

Каскад образуется почти каждым смерчем и представляет собой явление, наблюдавшееся тысячи раз. Тем не менее, природа его и причины образования до сих пор не разгаданы. Дело в том, что каскад создается восходящими потоками воздуха, порой очень сильными. Эти потоки идут вне воронки смерча. Изучение их, как и всего, что связано с телом смерча, исключительно трудно и опасно. Осуществить необходимые наблюдения в ближайшем будущем вряд ли возможно. Пока приходится ограничиваться только их описанием.

У известных смерчей в Небраске 1955 года ширина одного каскада достигала 1092 м, высота — 260 м, а ширина воронки — всего 70 м; ширина другого каскада была громадна — 1700 м, а воронки — лишь 220 м. Подобной ширины каскад достигает редко.

Каскад у водяного смерча на реке Янцзы, недалеко от Шанхая, отличался очень большой высотой, несколько сот метров, при небольшой ширине. Он сужался у основания, а вверху расширялся, и вода падала обратно в реку. Сама воронка была длинной, узкой, столбообразной. При образовании таких высоких и узких каскадов вокруг воронки возникают дополнительные вихри, поднимающие брызги. Такие крайности редки. Обычно каскады значительно меньше и по ширине, и по высоте: их размеры колеблются в пределах от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Форма каскадов исключительно разнообразна, но в основном можно выделить две группы: узкие и широкие. Высота узких каскадов значительно больше ширины. Они как бы вытягиваются вверх вдоль воронки, расширяясь у ее основания.

У водяного смерча 1964 года в заливе Тампа во Флориде брызги каскада с расплывчатыми очертаниями облекали воронку и поднимались почти до облака. При этом образуется нечто вроде футляра воронки. Подобные футляры нередко описываются в литературе.

Одно из первых таких описаний относится к водяному смерчу 1780 года у Ниццы, на побережье Средиземного моря. Воронка входит в расступ футляра, располагающегося почти у самого облака. Футляр начинается маленьким каскадом у основания воронки.

Еще более своеобразный каскад был у смерча 24 июня 1930 года в штате Небраска. Форма воронки смерча представляла собой мощное, гладкое, хоботоподобное образование. Воронка ударила о землю и подняла громадный, высокий и широкий, каскад черноземной пыли. Внизу он был расплывчатый, просвечивающий, вверху суживающийся, уплотняющийся

— настоящий футляр, сливающийся с материнским облаком. Далее воронку футляра стало не видно. Футляр заканчивался округленным воротником. Возможно, что на рисунке этого смерча представлено изображение двух образований — футляра, спускающегося из облака, и каскада, поднимающегося навстречу ему с земли. Однако не исключено, что эти две части представляют единый каскад, окружающий воронку на всем ее протяжении.

Пути и скорость движения смерчей, так же как и продолжительность их жизни, невелики. Самое большое расстояние, пройденное смерчем, равно примерно 500 км. Возможно, в отдельных случаях оно немного больше, чаще же значительно меньше.

В штатах Канзас и Оклахома, где смерчи наиболее часты, максимальное расстояние составило 150–220 км, среднее — около 20 км.

У каждого смерча бывают две скорости — вращения и поступательного движения. Первая громадна, вторая меньше, в пределах от 0, когда смерч стоит на месте, что бывает крайне редко, до 240 км/ч, что тоже нечасто. Средняя скорость составляет 50–60 км/ч. Скорость смерча определяется, конечно, скоростью движения грозового материнского облака. Путем смерча называется полоса на земной поверхности, несущая на себе следы разрушительной деятельности воронки.

По сравнению с ураганами и бурями смерчи обладают значительно меньшими размерами.

Российский метеоролог и климатолог, доктор географических наук, заслуженный деятель науки России (1975), профессор ЛГУ (1946–53) и МГУ (с 1958) Сергей Петрович Хромов (1904–77) в своем учебнике по метеорологии справедливо назвал их мелкомасштабными вихрями.

Если поперечник путей ураганов измеряется обычно несколькими сотнями километров, то у смерчей он в 1000 раз меньше — 300–400 м, у расплывчатых смерчей — до 1,5–3 км, сужаясь у бичеподобных до 20–30 м и меньше. С самолета путь смерча кажется тонкой светлой полоской. Наблюдатель, прошедший по ней, говорил, что будто гигантским пылесосом смели с земли всю растительность, рыхлую почву и все другие подвижные предметы. Смерч был с резкими очертаниями, гладкий, поэтому путь был тоже резко ограниченный. Пустые жестяные легкие ящики в 30 м от границы пути остались совершенно нетронутыми.

Наиболее четок путь смерча, когда он идет по лесу. Его отмечают вытянутые полосы бурелома.

Смерчи нередко «прыгают», что вызывает прерывистость их путей. Полоса разрушений сменяется неповрежденным участком, далее снова идет полоса разрушений, за ней вновь неповрежденный участок и т. д.

Такие прыжки смерча детально изучены в лесу 10 мая 1920 года в Эстонии. Смерч начался к югу от Тарту и шел в северо-восточном направлении. Длина пути около 35 км, ширина от 20 до 800 м, средняя — около 400 м. Смерч сопровождался штормовым ветром, местами шел сильный град. Он двигался над холмистой местностью, покрытой лесом. В лесу его путь был особенно хорошо виден. Отдельные полосы бурелома следовали с перерывами друг за другом, указывая места, где воронка касалась земли и снова поднималась.

Своеобразен путь смертоносного французского смерча 19 августа 1845 года. Необыкновенно даже начало его: воронка опустилась не на землю, а на поверхность реки Сены, недалеко от города Руана. Сразу образовался громадный каскад, но существовал он всего лишь несколько секунд. Воронка покинула Сену и поднялась на крутой, обрывистый берег с густым лесом. Огромные деревья ломались, как прутья, но полоса бурелома была коротка. Воронка спустилась в долину небольшого притока Сены и пошла вверх по ней. Здесь она разрушила два небольших города и в одном из них, Монвилле, уничтожила несколько прядильных фабрик с сотнями рабочих. Затем воронка снова поднялась на высокий берег и пошла по лесу. Километров через шесть опять спустилась в долину, вышла из нее, и тут ее путь стал совершенно необычным — с резкими зигзагами и разветвлениями. Возникает предположение, не было ли здесь двух воронок одновременно. Пройдя от Монвилля около 30 км, воронка распалась, покрыв землю обломками, кусками ветвей, обрывками одежды и листами бумаги. Есть свидетельства, что последние долетели даже до города Дьепа, удалившись еще на 30 км к северу. Диаметр воронки вначале был около 10 м, затем увеличился до 30, у Монвилля достиг 300 м, а далее вновь сузился.

Смерчи представляют только кучево-дождевого облака. Очевидно, их появление связано с влиянием вращения Земли на атмосферные явления.

Атмосферные явления, сопровождающие смерчи

Атмосферные явления, сопровождающие смерчи, интересны, как и сами смерчи.

Атмосфера (от греч. *atmos* — пар и *сфера*) — воздушная среда вокруг Земли, вращающаяся вместе с ней.

Масса атмосферы составляет около $5,15 \cdot 10^{15}$ т.

У Земли поверхности атмосфера имеет следующий состав: 78,1% азота, 21% кислорода, 0,9% аргона, в незначительных долях процента углекислый газ, водород, гелий, неон и другие газы.

В нижних 20 км содержится водный пар (у земной поверхности — от 3% в тропиках до $2 \cdot 10^{-5}$ % в Антарктиде), количество которого с высотой быстро убывает.

На высоте 20–25 км расположен слой озона, который предохраняет живые организмы на Земле от вредного коротковолнового излучения. Выше 100 км растет доля легких газов, и на очень больших высотах преобладают гелий и водород; часть молекул разлагается на атомы и ионы, образуя ионосферу. Давление и плотность воздуха в атмосфере Земли с высотой убывают.

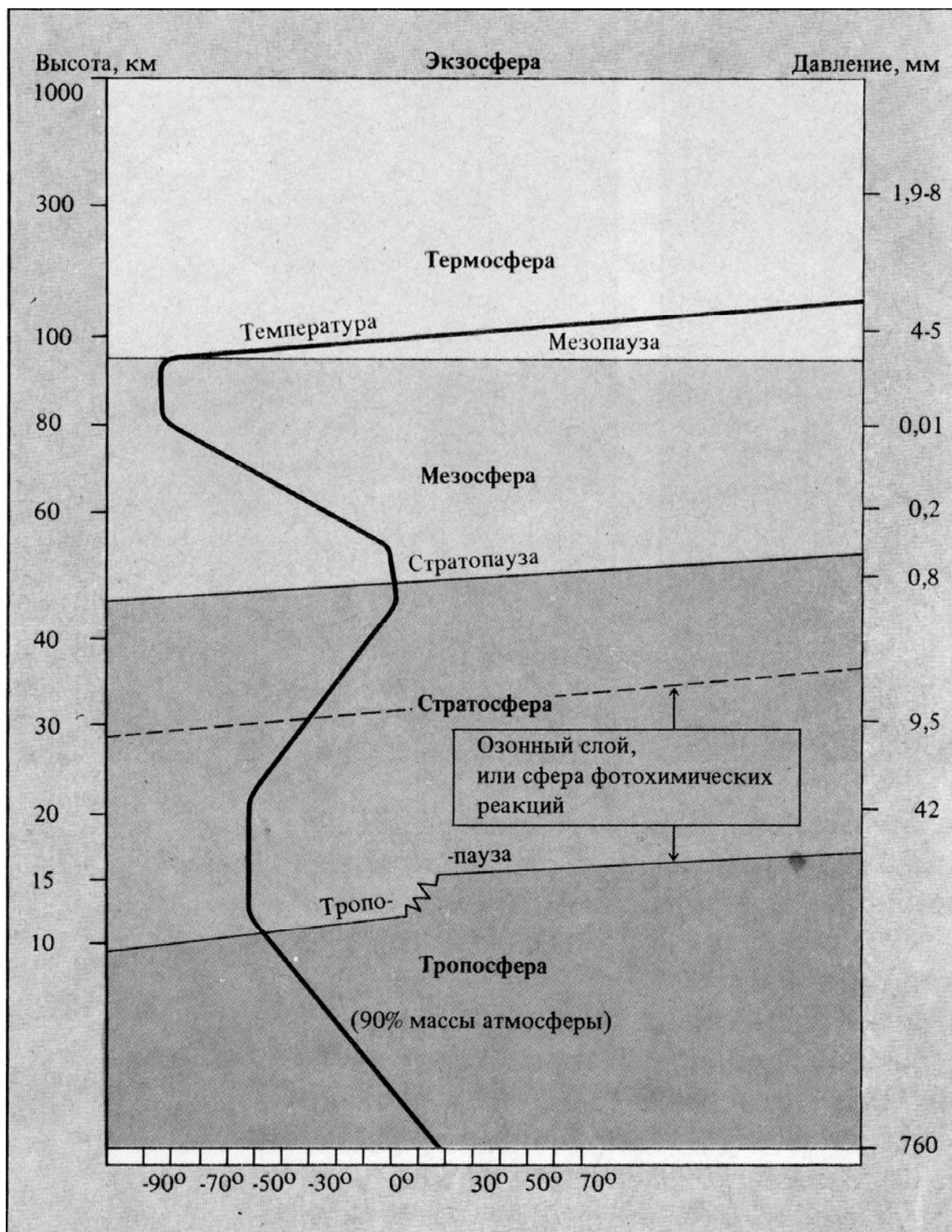
В зависимости от распределения температуры атмосферу Земли подразделяют на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, экзосферу. Атмосфера Земли обладает электрическим полем. Неравномерность ее нагревания способствует общей циркуляции атмосферы, которая влияет на погоду и климат Земли.

Облака представляют собой скопления взвешенных в атмосфере водяных капель и ледяных кристаллов. Облака образуются главным образом в тропосфере.

Облака различают по высоте:

- облака верхнего яруса (выше 6 км) — перистые, перисто-слоистые, перисто-кучевые — состоят из ледяных кристаллов;
- облака среднего яруса (2–6 км) — высоко-слоистые и высоко-кучевые — состоят из мельчайших капель и кристаллов льда;
- облака нижнего яруса (ниже 2 км) — слоистые, слоисто-кучевые и слоисто-дождевые — состоят преимущественно из капель.

Облака возникают в результате конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе. Диаметры облачных капель — порядка нескольких мкм, содержание жидкой воды в облаках — доли грамма или несколько граммов на м³. При укрупнении части капель и кристаллов они выпадают из облаков в виде атмосферных осадков. В стратосфере наблюдаются также перламутровые, а в мезосфере — серебристые облака.



Атмосфера Земли



Кучевые облака

В атмосфере осуществляется конденсация водяного пара, то есть, переход водяного пара, содержащегося в атмосферном воздухе, в жидкое или твердое состояние с образованием капелек и кристаллов облаков и туманов, а также с выделением воды или льда на наземных предметах. Конденсация происходит на ядрах конденсации при охлаждении воздуха до точки росы, в результате его адиабатического подъема или теплообмена с земной поверхностью.

Ядра конденсации — это жидкие или твердые частички, взвешенные в атмосфере, на которых начинается конденсация водяного пара и образуются капельки облаков и туманов.

Точка росы — температура, до которой должен охладиться воздух при данном давлении, для того чтобы содержащийся в нем пар достиг насыщения и начал конденсироваться, то есть появилась роса.

Атмосферные осадки — вода в жидком или твердом состоянии (дождь, снег, крупа, наземные гидрометеоры и пр.), выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на земной поверхности и на предметах. Осадки измеряются толщиной слоя выпавшей воды в мм. В среднем на земном шаре выпадает около 1000 мм осадков в год, а в пустынях и в высоких широтах — менее 250 мм в год.

Дождь — жидкие атмосферные осадки, выпадающие из облаков. Диаметр капель от 6-7 до 0,5 мм. При меньшем размере капель осадки называются моросью.

Снег — твердые атмосферные осадки, состоящие из ледяных кристаллов разной формы — снежинок, в основном шестиугольных пластинок и шестилучевых звездочек; выпадает из облаков при температуре воздуха ниже 0 °С.

Крупа — вид твердых атмосферных осадков, выпадающих из облаков при температурах, близких к 0 °С. Различают снежную крупу — снегоподобные белые ядра и ледяную — частички плотного льда; размер их в поперечнике до 5 мм.

Град — атмосферные осадки в виде частичек льда неправильной формы; выпадает в теплое время года, обычно вместе с ливневым дождем, при грозе.

Гроза — атмосферное явление, при котором в кучево-дождевых облаках или между облаком и земной поверхностью возникают молнии.

Молния — гигантский электрический искровой разряд между облаками или между облаками и земной поверхностью длиной несколько километров, диаметром десятки сантиметров и длительностью десятые доли секунды. Молния сопровождается громом. Кроме такой (линейной) молнии изредка наблюдается шаровая молния.

Шаровая молния — редко встречающееся явление, представляющее собой светящийся сфероид диаметром 10–20 см и больше, образующийся обычно вслед за ударом линейной молнии и состоящий, по-видимому, из неравновесной плазмы. Существует от одной секунды до нескольких минут. Природа шаровой молнии пока неясна.

Гидрометеоры — синоним для атмосферных осадков всякого рода. Чаще подразумеваются осадки, выделяющиеся непосредственно из воздуха на земной поверхности и на предметах (роса, иней, изморозь и пр.).

Роса — капли воды, образующиеся при конденсации водяного пара на почве, траве и наземных предметах при охлаждении их вследствие излучения. Возникает в ясные и тихие ночи, когда велико земное излучение.

Большая часть атмосферных явлений, сопровождающих смерчи, — ливень, град, молнии, гром — связана с грозовым облаком.

Воронка смерча, вращаясь, порождает необыкновенные звуки и электрические явления. Сила звуковых эффектов исключительна. Очевидцы часто сравнивают их то с шипением и свистом тысяч змей или с жужжанием миллионов пчел, то с грохотом десятков поездов или с отдаленными раскатами канонады сотен пушек.



Молния

В селе Ильинском Ярославской области перед началом смерча на улице потемнело. Видно было, как что-то темное, кружась, с воем и ревом быстро двигалось на село. Все бросились по домам. Пожилая женщина со страхом смотрела из окна, как с соседних домов срывало крыши и с корнем выворачивало большие деревья. Когда смерч ушел, женщина, радуясь, что ее дом уцелел, вышла на улицу. Обернувшись, она увидела, что и на ее доме нет крыши. Общий рев и шум были настолько сильны, что она не слышала, как это произошло.

В непосредственной близости смерча сила звука ужасна, но уже на небольшом расстоянии она быстро ослабевает. Однако в ряде случаев приближение воронки слышится за несколько километров. Ревут только большие смерчи при полном их развитии. Висячие и тонкие змееобразные смерчи беззвучны.

Звуковые эффекты вызываются волнами, находящимися внутри воронки. Непрерывно отражаясь и накладываясь друг на друга, они достигают необыкновенной силы. Звуки, подобные шипению тысяч змей или жужжанию миллионов пчел, объясняются вибрацией воздушных масс, вращающихся в воронке. Однако, как возникают волны, порождающие эти звуки, пока загадка — одна из тех многих загадок, которые связаны со смерчами.

Электрические явления многочисленны и разнообразны. «Желтовато-белая яркая поверхность воронки... Непрерывные сияния... Колонна огня... Молнии в воронке... Огневые шары... Светящиеся облака... Зеленоватый блеск... Блеск в форме кольца... Светящаяся колонна... Яркое светящееся облако цвета пламени... Вращающаяся полоса темно-синего цвета... Бледно-голубые туманные полосы... Кирпично-красное сияние... Вращающееся световое колесо... Вращающиеся огненные шары... Огненный поток... Светящиеся пятна». Все это наблюдатели видели в смерче.

Описания очевидцев, конечно, приблизительны. Тем не менее, они не оставляют сомнения в том, что вихри, сопровождающие смерчи и их образующие, связаны со своеобразными проявлениями атмосферного электричества, значительно отличающимися от обычных молний. Связь ясна, но неясно, служат ли вихри причиной электричества или электричество — причиной вихрей. Большинство придерживаются первого и считают, что вихри и вызываемое ими трение песчинок и пылинок друг о друга создают атмосферное электричество. Однако есть ряд сторонников и обратной точки зрения, согласно которой электричество стимулирует образование воздушных токов.

Известна ночная фотография светящихся колонн, напоминающих по форме смерчи. Они наблюдались в районе прохождения грозового облака, сопровождавшегося четырьмя смерчами. Полагают, что колонны связаны со смерчами, что электрические силы и электрическое нагревание могут дать начало смерчевым ветрам.

Еще более таинственное явление — «генератор пульса». Так назвали центр электрической активности, имеющий форму большого светло-голубого светящегося пятна. Пятно возникает в смерчевом облаке, недалеко от места образования воронки, примерно за полчаса до ее обособления. Что это такое — неизвестно; вероятно, «генератор пульса» близок к шаровым молниям, но отличается гораздо большими размерами и расплывчатыми очертаниями.

Шаровые молнии в настоящее время достаточно подробно описаны. Они возникают время грозы и без смерчей, но смерчевые вихри значительно усиливают их формирование. Считают, что на территории Франции не-

которые смерчи сопровождалась шаровыми молниями. Полагают, что шаровая молния — это сферический вихрь, состоящий из газа, заряженного внутри и снаружи положительным и отрицательным электричеством.

19 августа 1890 года во Франции, недалеко от границы со Швейцарией, появилось низкое, черное, грозное облако. Когда оно проходило над местечком Жу, из него спустилась воронка, быстро развившаяся в громадный разрушительный смерч, получивший название «Жу». Смерч сопровождался необыкновенным количеством шаровых молний. Воздух был настолько насыщен электричеством, что у одного здания острия железной решетки испускали большие снопы искр, как бы светились.

Еще более редки и менее понятны световые кольца. Среди описаний очевидцев, упоминается вращающееся световое колесо. В 1963 году такие же явления наблюдались во время образования нового вулканического острова у берегов Исландии. Когда наступила темнота, пепел, выбрасываемый вулканом, поразил своим блеском. Он светился даже лежа на поверхности острова, временами казалось, что весь остров в огне. Молнии достигали длины несколько сот метров и непрерывно сменяли друг друга. Иногда появлялись кольцевые разряды, по форме напоминавшие кольца гимнастов. Они были наклонены под углом 45° и вращались против часовой стрелки. Кольца наблюдались несколько минут. Молнии часто сопровождают грозное облако, но у смерчевых материнских облаков они особенно сильны многочисленны. Надо отметить, однако, что иногда молний почти не бывает.

Смерчевые молнии разнообразны. Плащевые, листовые, молнии имеющие вид изогнутых светящихся поверхностей. Порой они окружают смерч, а то вся его поверхность светится странным желтоватым сиянием, иногда внутри воронки со стенки на стенку перескакивают короткие, яркие, голубоватые молнии.

Электрические явления, сопровождающие смерч изучены мало. Близость воронки смерча не располагает к детальным исследованиям.

Град довольно часто сопровождает смерчи. Нередко он бывает исключительно больших размеров. В Ярославской области во время прохождения смерча, по показаниям очевидцев, выпал град величиной со стакан. Крупнее град бывает в центральных штатах Северной Америки. В 1894 году внутри одной гигантской градины нашли черепаху размером 15x20 см.

Градины диаметром 30 см наблюдались неоднократно. Попадались градины диаметром 40 и 45 см. Одна, градина выбила яму 17x20 см в поперечнике. Это способна сделать лишь градина размером с человеческую голову. Поддерживать в воздухе ее могли только вертикальные вихревые

движения типа смерчей, уходящие не вниз, к земле, а вверх, высоко в облака.

В 1888 году в Техасе выпало совершенно невероятное количество града. Он шел всего 8 мин. Градины были величиной с куриное яйцо, все склоны холмов стали белыми. В речной долине град лежал толщиной около 2 м. В степи от него погибло пять лошадей.

Люди редко становятся жертвами града, гораздо чаще это происходит с домашними животными. Наибольшие убытки смерчевый град причиняет посевам и фруктовым садам. В ряде случаев убытки от града превышают убытки от самого смерча.

Естественно возникает вопрос: что же является причиной образования крупных градин — настоящих кусков льда? Ответ может быть только один: восходящие смерчи. Но тут же возникает другой вопрос: а что представляют собой восходящие смерчи? Здесь ответ выглядит пространнее.

Смерч направлен от материнского облака вниз, но бывают такие же вихревые облака, которые поднимаются на 3–5 км и больше. На этих высотах вода замерзает, и образуются микроскопические кристаллики. Срастаясь, они превращаются в кусочки льда, последние объединяются в глыбы величиной в десятки сантиметров.

Нередко кристаллики льда нарастают на посторонние предметы, поднимаемые вихрями ввысь. В других градинах были найдены куски алебаstra, песчинки, камешки, обломки деревянных предметов. В Европе зафиксирован случай, когда с градом упала даже небольшая ветка, покрытая льдом. Восходящие потоки типа смерчей могут не только поднять перечисленные предметы, но и поддерживать их, пока они не обрастут льдом и не обратятся в гигантские градины. Восходящие вихри отмирают постепенно. Медленно будут опускаться и гигантские градины. Свободно падать они будут только с нижней поверхности, то есть со сравнительно небольшой высоты, поэтому они и не разбиваются в пыль.

Для образования градин необходима поддержка и вращение их на больших высотах в течение довольно длительного промежутка времени, иначе кристаллики льда не успеют срастись или покрыть посторонние предметы. Линейные воздушные струи существуют недолго. Вихревые потоки гораздо более долговечны и устойчивы. Только они могут дать время, необходимое для образования больших кусков льда.

Интересно, что вертикальные столбообразные, восходящие вихри, похожие, на смерчи, неоднократно наблюдались в природе. Вертикальное, вращающееся, столбообразное, резко ограниченное облако, напоминающее смерч и соединяющее два грозовых облака, наблюдал известный немецкий ученый А. Вегенер. В 1965 году в США во время специального полета на

самолете удалось сфотографировать похожее на башню громадное облако, поднимавшееся в спиральном вращении. Эти примеры свидетельствуют о существовании восходящих вихревых облачных образований.

Грозовые ливни, связанные со смерчевыми облаками, отличаются необыкновенной силой. Когда идет обычный дождь, отдельные капли или струи хорошо видны. У смерчевых ливней они сливаются в единый мощный поток. Сила потока настолько велика, что, ударяясь о землю, он вымывает довольно большие ямы. Во время одного такого ливня в предгорьях Скалистых гор небольшом расстоянии было вымыто 22 ямы шириной 5–6 м, глубиной 0,5–1,5 м. Деревья, которые росли на месте этих ям, были смыты по склону в долину вместе с потоками грязи, обломков и валунов. Силу подобных ливней трудно себе представить. На русском языке для них нет специальных названий, так как в нашей стране они редки. В США они называются «лопнувшими облаками». Метеорологи применяют этот термин, когда за час выпадает более 100 мм осадков. В пустынных и полупустынных областях долины, во все времена года сухие, наполняются водой. Как-то в штате Монтана вода из верховий долины ринулась вниз стеной около 10 м высотой. В долине паслось стадо овец. Пастух едва успел выкарабкаться по склону, но 800 овец погибли.

Дожди, сопровождающие ураганы, ужасны и вызывают колоссальные разрушения. Смерчевые дожди не уступают им по силе, но распространяются на сравнительно небольшие площади.

Классификация смерчей

Обычные гладкие смерчи

Формы гладких смерчей необыкновенно разнообразны и быстро изменяются у одного и того же смерча.

Гладкие смерчи отличаются следующие особенности:

- устойчивая гладкая поверхность, отличающая смерчи от всех других атмосферных воздушных образований,
- значительная длина и небольшой диаметр,
- более или менее вертикальное положение.

В зависимости от соотношения длины и ширины можно выделить две группы смерчей:

- змееобразные и
- воронкообразные, хоботообразные и колонноподобные.

Змееобразные смерчи сравнительно редки. Кроме длинного изгибающегося тела, напоминающего змею или бич, они отличаются наиболее горизонтальным положением.

Очень длинный и тонкий смерч наблюдался в 1937 году в штате Небраска. И хотя в нижней части он был полупрозрачен и почти невидим, но вызвал образование высокого и снизу широкого каскада пыли. Смерч опустился из полусферического черного облака.

Изучение ряда смерчей показало, что змееобразные смерчи рождаются в конечной стадии развития смерчей. Они разрываются, и смерч исчезает. Так, смерч у Пешавара в Пакистане 5 апреля 1933 года в конце начал утончаться, стал змееобразным и, наконец, нитеподобным, очень длинным, сильно изогнулся, разорвался в середине и прекратил свое существование.

Хоботообразные, колонноподобные и воронкообразные смерчи наиболее многочисленны. Типичный хоботообразный смерч наблюдался в Ленинграде 15 августа 1925 года — явление для города чрезвычайно редкое. Если и замечаются иногда небольшие воронки в нижней части мощного грозового облака, то, как правило, эти зародышевые смерчевые образования не получают дальнейшего развития. Смерч 1925 года ярко проявил себя. Около 4 часов дня небо затянулось облаками, слышались раскаты грома от отдаленной грозы восточнее города. В 4 часа 2 минуты в самом центре города можно было видеть, как из грозового облака, проходившего на юго-востоке, спустилась воронка, напоминавшая изогнутый хобот слона. Через 1–2 минуты смерч был уже похож на песочные часы: наиболее тонкая часть была посередине. Существовал смерч всего несколько минут. Быстро исчезла нижняя его часть, а к 4 часам 5 минутам и верхняя, превратившаяся в тонкий завиток, вошла в облако. Нижний конец смерча нельзя

было наблюдать, так как его закрывали дома. Судя по отсутствию каких-либо разрушений, вероятно, он не доходил до земли.

В США преобладают небольшие смерчи, имеющие форму узкой и длинной, резко ограниченной воронки, расширяющейся у материнского облака и суживающейся к земле, где она сопровождается небольшим каскадом пыли. Воронка обычно светлее облака и хорошо видна издали. Это дает возможность жителям спрятаться в специальные смерчевые погреба.

Эффектный хоботообразный смерч был сфотографирован 24 июня 1930 года в штате Небраска.

Расплывчатые смерчи

Наиболее своеобразны разрушительные низкие широкие смерчи с нерезкими, расплывчатыми очертаниями. Благодаря последней особенности их иногда называют облаками, облачными массами. Нередко они имеют черный цвет.

Низкий смерч, ширина которого больше высоты, прошел 15 марта 1938 года над штатом Иллинойс. В результате пострадало 18 кварталов, погибло 10 человек, ущерб составил 500 тысяч долларов. Высота смерча достигала 150-250 м.

Известный смерч Трех Штатов 18 марта 1925 года по числу жертв и принесенным убытка считается наиболее разрушительным. Начавшись в штате Миссури, смерч прошел почти прямо через Иллинойс и закончился в штате Индиана. Характерной его особенностью было отсутствие резких очертаний. В Индиане он пересек территорию в виде темной массы с ветками деревьев. Один из очевидцев описывал его как «туман», катившийся на него крутящейся и кипящей массой. Сила шторма все время была одинаковой. Если этот смерч случился бы в Европе, его, конечно, назвали бы бурей. Длина его пути оказалась 350 км, наибольшая ширина — 800–1600 м, скорость движения — от 11 до 96 км/ч, длительность — 3,5 ч. Характерными особенностями смерча были почти прямолинейное движение на северо-восток и отсутствие скачков, кроме того, он не отрывался от земли. Поэтому полное разрушение произошло на огромной площади — 426 км.

Форма смерча была своеобразна: он имел вид неправильного, бешено вращавшегося облака. Вначале временами виднелась воронка, но очень скоро она скрылась в облаке, наполненном пылью и обломками.

Интересен и другой знаменитый смерч, прошедший над штатами Иллинойс и Индиана 26 мая 1917 года. Длина его пути была громадна — около 500 км, продолжительность — 7 часов 20 минут, ширина 400–1000 м. На всем протяжении он обладал обычной воронкой, но на расстоянии 15 км между городами Мэттун и Чарлстон воронки не было: по земле ползло черное крутящееся плотное облако, вызывавшее наибольшие разрушения.

Погибло около 110 человек. Наблюдатель-метеоролог высказал предположение, что облако ползло так близко над землей, что для воронки не было места.

20 июня 1957 года на город Фэрго надвинулось большое грозовое облако. Оно шло низко, но еще ниже, у его основания, обособилось небольшое облако. Оно повисло почти над землей. Скоро из его боковой части отошла широкая воронка. Через несколько минут она достигла земли, начав интенсивные разрушения. Облако все время шло очень низко, и воронка постоянно изменяла очертания, сохраняя столбообразную форму, неправильную и расплывчатую. Она становилась то шире, то уже, спускалась все ниже, и наконец облако легло на город. Стало темно, как ночью. Страшный рев и свист ветра, грохот от ломающихся зданий и деревьев, обломки, несущиеся в воздухе с невероятной скоростью,— такой представилась картина смерча. Хорошо еще, что ширина полосы разрушений не превышала 1–1,5 км. К счастью, через несколько минут облако начало подниматься, снова образовался громадный, широкий и низкий смерч с расплывчатыми очертаниями. Он становился все выше и уже, очертания его уплотнились, и через полчаса после его возникновения воронка приняла обычную хоботообразную форму, резко ограниченную. Еще через несколько минут началась последняя стадия существования смерча. Облако шло уже на большой высоте, воронка удлинилась, изогнулась и стала тонкой, как веревка. Но и она шла по земле, причиняя разрушения, правда небольшие. Затем воронка разорвалась и ушла в облако. Общая длина пути смерча составила около 12 км. Смерч шел медленно, при ярком освещении и был заснят фото и кинокамерами. На кадрах киносъемки хорошо видно, как расплывчатая громадная воронка становилась все ниже, наконец, исчезла, и материнское вращающееся облако легло на землю.

Другой расплывчатый смерч прошел 8 июня 1966 года над городом Топика (Канзас). Он произвел в городе страшные разрушения. Пострадали, не только обычные одно- и двухэтажные дома (иногда от них не оставалось ничего), но и громадные корпуса университета. Длина зоны разрушений — 12 км. Убытки исчислялись суммой более 100 млн. долларов, погибло 17 человек.

Групповые смерчи

Если смерчевое кучево-дождевое облако имеет небольшие размеры, несколько километров в поперечнике, то оно образует один смерч, реже — два-три. Громадные облака, с поперечником 30–50 км и более, часто являются родоначальниками группы смерчей иногда значительных размеров. 11 апреля 1965 года в центральных штатах США произошло небывалое — возникло сразу 47 смерчей. Они произвели колоссальные разрушения и

вызвали гибель 257 человек. Среди этих смерчей был редчайший двурогий, расплывчатый, с двумя соединенными воронками. Смерч Трех Штатов рассматривается как единое образование, но огромные размеры смерчевого облака, 30x50 км в поперечнике, длительность существования и разнообразие воронок позволяют предположить, что была группа воронок, возникавших друг за другом. Из одного грозового облака родилась группа смерчей 27 июня 1955 года включала 13 воронок, достигших земли, и значительное число зачаточных, висевших в воздухе.

Детально описанная Ирвингская группа 30 мая 1879 года состояла не менее чем из 10 смерчей, вызвавших громадные разрушения. Точные размеры смерчевого облака неизвестны, но, судя по положению путей отдельных смерчей, они были большими, около 30 км в поперечнике.

Наиболее изучены пути смерчей группы Фэрго 20 июня 1957 года. Пять смерчей возникли из одного облака протяженностью около 130 км. Длина пути отдельных смерчей не превышала 20 км, ширина материнского облака была в среднем 15–20 км.

Анализ смерчей показывает, что ведущим является кучево-дождевое грозовое облака, смерчи — лишь вторичное образование, им создаваемое.

Основное явление, все определяющее, — это возникновение внутри облака спирального вихря, типа водоворота. Судя по наблюдениям, его диаметр не больше нескольких километров. Располагается материнский вихрь в нижней части кучево-дождевого облака, не поднимаясь выше 3 км. Это подтверждается тем, что, переносимые им организмы часто не замерзают и остаются живыми.

Материнские вихри порождают не только смерчи и воронки, устремляющиеся книзу; есть воронки, которые взмывают ввысь, иногда пробивая плотную облачность. С этими башенными вихрями связано образование необычайно крупного града, нередко сопровождающего смерчевое облако.

Таким образом, группа смерчей представляет сложно атмосферное явление. В него входят сравнительно немногочисленные воронки, доходящие до земли, десятки зачаточных воронок, повисающих в воздухе, затем многие десятки, а иногда и сотни материнских вихрей, висящих в нижней части смерчевого облака, и, наконец, десятки башенных облаков-вихрей, обуславливающих выпадение града.

Водяные смерчи

9 сентября 1954 года у Туапсе во второй половине дня над морем нависли свинцово-черные тучи. Они медленно двигались к берегу. Неожиданно из середины одного из облаков стал опускаться огромный серый хобот; навстречу ему поднялся столб водных брызг и пыли. Потом все слилось в один водяной столб, Гигантский волчок, постепенно утолщаясь,

приближался к берегу, казалось, что море соединилось с небом и вода поднимается вверх по необыкновенному шлангу. Не дойдя до берега смерч начал постепенно ослабевать и в 16 часов 59 минут распался. Он наблюдался всего 19 минут. Черноморские смерчи нередко выходят на берег, не теряя, а, наоборот увеличивая свою силу.

Существует довольно детальное, опубликованное в 1802 году, описание смерча, наблюдавшегося с пассажирского парусного судна, шедшего из Кронштадта в Любек. У выхода из Финского залива во время полного штиля на северо-западе появилось черно-синее грозовое облако, оно низко ползло над морем. Внезапно из него появились два отростка. Поднялся небольшой ветер, и две водяные колонны, соединявшие море с облаком, быстро двинулись судну. В основании колонн вода каскадом поднялась вверх на 3–4 м. Испуганные пассажиры бросились в каюты. С сильным шумом смерч прошел вдоль судна, облив его водой и оставив своеобразный сернистый запах. Повреждений почти не было. После этого было замечено, что по морю неслись уже шесть водяных колонн.

Не все водяные смерчи кончаются так благополучно. 1880 году у берегов Бискайского залива из громадного грозового облака над морем возникла мощная водяная колонна. Пройдя некоторое расстояние, она набрала силу, и, выйдя на берег, обрушилась на деревню. В один момент вся деревня обратилась в груды развалин. Деревья были вырваны с корнем, в полосе шириной около 300 м, соответствующей пути смерча, все перемешалось.

Как правило, водяные смерчи слабее, двигаются медленнее и существуют не так долго, как наземные.

Формы и размеры водяных смерчей разнообразны. Одни почти перпендикулярны, высоки, с громадным каскадом, другие обладают мощной, широкой воронкой, почти одинаковой ширины на всем протяжении. Это настоящий водяной насос, легко поднимающий в материнское облако массы морской воды со всеми обитающими в ней организмами. Вероятно, такой смерч поднял в облако медуз, выпавших вместе с дождем в Кавалеро-во, в 50 км, от берега.

В 1896 году над Атлантическим океаном у берегов Массачусетса из одного громадного грозового облака, двигавшегося высоко над морем, три раза спускались громадные воронки. Одна из них была перетянута посередине и на высоте в 900 м имела диаметр у облака 120 м, в середине — 30 м, у воды — 45 м. Диаметр колоссального каскада достигал 180 м, а высота — 90 м. Другая воронка бы; не меньше, но типичной хоботообразной формы. Ее высота 900 м, диаметр у облака 180 м, в середине 90 м и у воды 45 м. Каскад был еще больше 230 м шириной и 180 высотой. Эта воронка пе-

ред исчезновением чрезвычайно удлинилась, изогнулась, сделалась тонкой, как веревку и разорвалась. Три воронки существовали всего 45 мин.

Очень редки низкие, широкие, расплывчатые смерчи образующиеся, когда облако опускается к самой воде. У берегов Калифорнии такой смерч имел высоту всего 30 м, но ширину в 7 раз большую — 210 м.

Подчеркивается чрезвычайная изменчивость водяных смерчей. Они то прозрачные, небольшие трубы, 2–3 м диаметре, рассеивающие лишь тончайшую водяную пыль; то мощные столбы, выливающие на суда потоки воды, уносящие с палубы разные предметы; то громаднейшие воронки в десятки и даже сотни метров в поперечнике, ломающие мачты, переворачивающие суда и вызывающие громадные разрушения на берегу.

Значительно колеблется скорость вращения в воронке и соответственно количество морской воды, засасываемой вверх. У многих смерчей они невелики, что породило: мнение, будто водяные смерчи состоят только из пресной воды, бывшей в облаке. Эта точка зрения не учитывает существования громадных мощных воронок, засасывающих в облако большие количества морской воды. Такие смерчи вызывают дожди с соленой водой, медузами, крабами и морскими рыбами.

Развития таких смерчей проходит несколько стадий. Над морем нависло огромное грозное черное облако. В его средней части обособилось в виде низкой ступени материнское вращающееся облако с тонкой и острой воронкой. Наступило полное развитие. Воронка удлинилась, расширилась, приняла хоботообразную форму и достигла воды. Сформировался большой, высокий каскад. Конец смерча. Воронка, тонкая и узкая, втягивается в облако. Под ней еще сохраняется каскад, но скоро он упадет в море.

Одной из особенностей водяных смерчей является то, что часто они появляются группами (две—шесть воронок). Три воронки наблюдались у берегов Алжира. Водяной каскад — характерная черта этих смерчей. Каскады чрезвычайно изменчивы по форме и размерам. Редки воронки почти без каскадов, как у Адриатического смерча 1950 года, но и у него почти правильная цилиндрическая воронка, возможно, внизу дополнена каскадом, тесно прижатым и слившимся с ней. Без него она была бы хоботообразной. Каскад высотой в несколько сот метров тоже сравнительно редок. Каскады, плотно облегающие воронку и образующие футляр, поднимающийся почти до облака, тоже редки. Наиболее распространены каскады средних размеров. Подавляющее большинство смерчей связано с морем. В умеренных и субтропических широтах они образуются повсеместно. Их нет лишь в приполярных бассейнах, мало в тропиках, вблизи экватора.

Число морских смерчей велико и, вероятно, выше, чем наземных, но указать его точно невозможно, так как учет смерчей приблизительный.

Смерчи возникают как над соленой водой, так и над пресной. Площадь пресноводных бассейнов (озер и рек) неизмеримо меньше площади морских. Естественно, что и число пресноводных смерчей невелико. Известен ряд случаев, когда смерчи появляются или исчезают над большими озерами. Еще больше случаев, когда смерчи пересекают реки и озера.

Водяные смерчи над большими озерами аналогичны морским, они не отличаются ни формой, ни размерами и также связаны с низкими грозовыми облаками.

В августе 1898 года на озеро Эри надвинулось черное, низкое, плотное, высоко уходящее вверх облако. Вдруг часть низкой поверхности его начала вращаться и опустилась вниз в виде воронки. Под концом воронки, на поверхности озера, вода начала как будто кипеть, брызги поднялись в воздух, и скоро каскад конической формы стал вытягиваться вверх. Через несколько минут каскад и воронка соединились, образовав серый столб около 3 м в диаметре. Он быстро вращался и медленно двигался вперед вместе с облаком. Затем рядом с ним возникли шесть других смерчей и двинулись по озеру то прямо, то изгибаясь.

Интересный водяной смерч наблюдался на озере Иссык-Куль 14 октября 1928 года. Он был средних размеров, высотой в несколько сот метров, почти прямой, колонноподобный, с небольшим каскадом. Иссыкульский смерч обладал двумя особенностями. Первая — это длинная и узкая горизонтальная часть; она имела вид светлой тонкой изгибающейся трубы. Вторая особенность — боковая разветвляющаяся воронка с самостоятельным каскадом. Неясно, как вторичная, более тонкая воронка разветвляется вверху и соединяется с основной колонной. По-видимому, она существовала самостоятельно, располагаясь сзади главной воронки и соединяясь не с ней, а прямо с материнским облаком. Разветвление воронки вверху уникально; оно не наблюдалось ни у одного не только водяного, но и у наземного смерча.

Лорейнский смерч 1924 года появился в 20 км к западу от озера Эри. Скоро он достиг больших размеров. Разрушив часть города, смерч переместился на поверхность озера и спокойно двинулся по ней, следуя за материнским облаком. Над озером он прошел 40 км и, видимо, ослабел. У противоположного берега он приблизился к большой моторной лодке. Сидевшие в ней люди рассказывали: «Мы увидели очень черное облако шириной около 2—3 км; оно шло очень быстро, и было полно молний. Недалеко от нас из него выскочила воронка и быстро достигла воды; навстречу ей вода поднялась в виде конуса. Барометр резко упал. Смерч прошел близко от пашей кормы, и обдал нас водой. Он содрал навес, плотно прибитый гвоздями, и засосал вверх. Со страшным ревом смерч двинулся пря-

мо к городу Лорейну, сопровождаясь сильным ливнем и громадными волнами».

На небольшой город Лорейн, стоящий на берегу озера смерч обрушился с новой силой. Он двинулся вдоль одной из главных улиц. Деревянные дома разрушились почти полностью, каменные же и кирпичные устояли, но у всех были сорваны крыши, а иногда и верхний этаж, улица почти сплошь была завалена обломками строений, битым стеклом, железными листами крыш. Автомобили, стоявшие на улице, были повреждены падавшими на них обломками, многие сдвинуты с места и перевернуты. Смерч за несколько десятков секунд принес убыток в 13 млн. долларов. Из города смерч прыжками двинулся дальше на северо-восток, везде сея гибель и разрушения. За озером он прошел еще 20 км. Скорость движения была значительной — около 160 км/ч. Воронка то достигала земли, то поднималась, иногда исчезала в облаке, иногда конец ее петел по воздуху. Скачки были различными, до 2—3 км и больше. Передвижение скачками нередко наблюдается и у наземных смерчей.

Огненные смерчи

Так называются смерчи, чьи материнские облака созданы сильным огнем, массовым выделением тепла. Основными причинами выделения тепла служат вулканические извержения и громадные пожары. Они создают очень большие облака. Когда они движутся недалеко от поверхности земли, в них появляются вихревые движения. Эти движения, в свою очередь, формируют вращающиеся материнские облака, из которых и свисают воронки смерчей. Новые облака обычно недолговечны и на расстоянии 5—6 км от источника тепла изменяются или исчезают. Поэтому и смерчи, связанные с ними, кратковременны и обычно небольших размеров.

В 1963 году посреди моря, недалеко от Исландии, началось подводное извержение вулкана. Скоро конус его поднялся выше уровня моря, образовав остров, получивший имя Сартси. Извержения продолжались. Каждый интенсивный выброс вулкана давал громадные плотные кучевые облака, иногда низко свешивавшиеся над водой. В них возникали вихревые движения, порождающие смерчи. Смерч длился несколько минут и прошел очень небольшое расстояние.

Смерчи, связанные с облаками, выброшенными вулканами, наблюдались также при извержении вулканов Миодзин в Японии и Парикутии в Северной Америке.

Классическим примером смерчей, возникших во время громадных пожаров, являются смерчи в Калифорнии апреле 1926 года. При грозе с сильным ветром молния ударила в нефтехранилище громадных размеров. Произошел сильный взрыв, и нефть загорелась. Затем зажглись соседние

нефтехранилища. Нефть горела пять дней. Максимальной силы пожар достиг на второй день, тогда наблюдалось наибольшее количество смерчей. Все смерчи возникали вблизи, пожара и не шли далее 4–5 км от него. Их возникновение было одинаково. Во время вспышки огня поднималось особенно большое черное и плотное дымовое облако. Ветром его относило в сторону, и оно нависало над землей. На его нижней поверхности появлялись вихревые спиральные токи воздуха, создававшие материнское облако небольших размеров. Из него и отвисали воронки смерчей. Вначале смерч состоял из одного воздуха и был невидим. На его существование указывал только каскад.

Число огненных смерчей, созданных калифорнийским пожаром, значительно. Некоторые из них достигали большой силы. Один поднял в воздух на 1–1,5 м деревянный дом и перенес его в сторону на 50 м, полностью разрушив; другой дом был поднят на 9 м, перемещен на 30 м и тоже превращен в груды обломков.

Пожары сопровождаются смерчами сравнительно редко. Гораздо чаще они вызывают образование смерч-вихрей и вертикальных вихрей.

Смерч-вихри

Эти вихревые образования заслуживают особого названия. В полном развитии они близки к смерчам, обладая воронкой, вверху связанной с облаком. Различие заключается в том, что это облако у смерч-вихрей отнюдь не материнское, а потомковое. Начальные стадии развития у смерчей и смерч-вихрей противоположны: у смерчей образуется материнское облако и из него обособляется воронка, непрерывно с ним связанная и за ним следующая, у смерч-вихря возникает вертикальный вихрь, или воронка, а из нее и над ней образуется облако. Это облако по отношению к воронке является ее потомком, смерча облако рождает воронку, у смерч-вихря воронка создает облако.

Существенны различия и в строении. У смерча основой служит громадное кучево-дождевое грозовое облако. Оно достигает десятков километров в поперечнике и более 1 км высоты.

У смерч-вихря основой всего служит воронка — вертикальный вихрь, начинающийся над каким-либо источником выделения тепла. Вращение внутри воронки значительно слабее, и ее очертания расплывчатые. Облако, возникающее над ней, невелико. Разрушительная сила смерчей громадна, у смерч-вихрей она значительно меньше.

Образуются смерч-вихри по-разному. Бывают смерчи, которые в конце своего пути отрываются от материнского облака и выбегают вперед. Буквально в одну минуту над обособившимся смерчем появляется новое

облако. Оно поднимается на высоту до 10 км. В новом облаке несколько часов бывают видны интенсивные электрические разряды.

В 1877 году в Южно-Китайском море в непосредственной близости к шедшему кораблю на поверхности воды появились брызги, как от выпрыгивающих летучих рыб. Скоро количество брызг увеличилось, они сконцентрировались, начали прыгать зигзагами, и вдруг из них образовался крутящийся столб шириной около 10 м и высотой 6 м. Столб быстро рос, и с его боков вода каскадами падала вниз. Сначала над столбом не было облака, но через некоторое время, когда высота столба стала значительной, над ним появилось облако. Оно было небольшое и серое, но, постепенно увеличиваясь, уплотнилось и стало черным. Водяной столб соединил его с морем, приняв форму водяного смерча. Все это происходило недалеко от корабля и непрерывно наблюдалось.

Большие лесные пожары, сжигания скирд соломы, куч хвороста часто вызывают образование громадных вращающихся огненно-дымовых колонн. Над этими колоннами почти всегда возникают кучевые облака больших или меньших размеров. Иногда они настолько велики, что сами становятся материнскими облаками настоящих смерчей. Получается интересная картина. В безоблачном небе стоит большое высокое кучевое облако. С одной стороны, оно все время питается, поднимающимся с земли смерч-вихрем, с другой — из него спускается на землю настоящий смерч. Огненно-дымовых смерч-вихрей так много, что в 1963 году для них предложили название «фумулюс», а создаваемых ими облаков — «кумулофумус». Вихри и облака по существу представляют единое целое, наименование которого «смерч-вихрь».

Заслуживает внимания опыт по получению искусственных смерч-вихрей. Французский исследователь Дж. Дессен, наблюдая пожар, сопровождавшийся смерч-вихрем, решил, что если природа создает их, то может создать их и человек. Он разработал проект и построил чрезвычайно мощную нефтяную горелку, назвав ее «метеотрон», т. е. создатель погоды. Идея опыта заключалась в том, чтобы при помощи большего или меньшего числа метеотронов возбудить огненный вихрь, а над ним облако таких размеров, чтобы оно могло изменять, формировать погоду. Для создания искусственного облака он выбрал Сахару, где, как известно, облаков не так много. Группа из 15 метеотронов, расположенных кругом, дала огненный вращающийся столб, настоящий вихрь, диаметром в 40 м. Вверху огненный столб переходил в дымовой, венчавшийся новообразованным кучевым облаком. Но все же облако было мало. Тогда число метеотронов увеличили до 40. Возникший; гигантский огненно-дымовой вихрь создал громадное черное кучево-дождевое облако. Оно не уступало по величине облаку над

пожаром калифорнийских нефтехранилищ. Результаты сказались сразу: из облака пошел дождь, а на его подветренной стороне появились материнские облака — ступени. Образовались короткие и небольшие воронки, скоро они достигли земли, став настоящими смерчами. Опыты Дессена производились в 1960–1962 годах. Они показали, что человек в пустыне может создавать дожди и смерчи. Это исключительно интересно, но масштабы полученного дождевого облака по сравнению с масштабами всей Сахары были микроскопическими. Человек доказал, что он способен изменить погоду в пустыне, но цена этого изменения слишком высока: расходы велики и не оправдываются полученным дождем.

Вертикальные вихри

Данные образования по форме напоминают смерчи и иногда, объединяются с ними в одну группу. По существу же они резко различны. Смерчи являются частью грозовых облаков и всегда с облаками связаны. Вертикальные вихри формируются в нагретом воздухе, у земли и никакого отношения к облакам не имеют. Очень часто они возникают при совершенно безоблачной погоде. Единственное, что у них общее — это спиральное вращение по вертикальной оси.

Вертикальные вихри гораздо меньше и слабее смерчей, тем не менее разнообразны.

Среди них выделяются вихри:

- огненные,
- огненно-дымовые,
- пепловые (вулканические),
- водяные и
- воздушные (невидимые).

Пыльные вихри представляют собой широко распространенное явление в природе. Почти нет страны на Земле, где бы они не происходили. Они обыденны настолько, часто мы их просто не замечаем. В сухой солнечный идешь по улице — и вдруг пыль; мелкий мусор, листья начинают перед тобой кружиться все быстрее, сначала по земле, потом прыгают вверх и залепляют, глаза, проникают за воротник.

Немногие видели смерчи, еще меньше тех, кто наблюдал смерч-вихри, но почти нет человека, который не встречался бы с пыльным вихрем. Они не образуются только там, где нет пыли и ветра. Если спросить, а где больше всего пыли и ветра, то каждый, не задумываясь, ответит: в пустынях. Более наблюдательные люди добавят: в городах. Все они, конечно, правы.

Механизмы разрушения

Прочитав описания формирования и действия смерчей, а их тысячи, кажется, что они уже хорошо изучены. Так считают даже многие метеорологи, и смерчами сейчас мало кто и занимается.

Действительно, как выглядят смерчи, что они разрушают, известно, по какие силы при этом действуют, каковы причины разрушения, почти неизвестно. Даже такой вопрос, засасывают ли смерчи различные предметы вверх или нет, вызывает споры. Некоторые специалисты считают, что никакого засасывания нет, и что все поднимается вверх от боковых толчков. Почему они так думают, почему пренебрегают самыми очевидными явлениями, по правде говоря, непонятно.

Боковое давление и удары

Воронка смерча состоит из воздуха, наполненного водой, пылью, грязью, разным мусором и обломками. Благодаря необыкновенной скорости вращения вся масса чрезвычайно уплотняется. Она приобретает резкие, гладкие очертания и движется с большой скоростью. Громадная и тяжелая от воды и грязи воронка, несущаяся со скоростью поезда, легко может нанести разрушительный удар любому дому. Недаром во Франции монвилльский смерч в несколько секунд валил громадные четырехэтажные кирпичные здания прядильных фабрик, по словам очевидца, сдавливая этажи, как картонные коробки.

В США был отмечен ряд случаев, когда воронка смерча, ударяя по дому или, вернее, подвергая его боковому давлению, просто опрокидывала его. Один из таких случаев произошел в городе Шароне. Новый двухэтажный деревянный дом, накренившись на бок, лег на соседний дом. Опрокинутое здание почти не пострадало, уцелела даже крыша, обычно срываемая в первую очередь. Вылетели лишь рамы со стеклами и двери. Аналогичная картина наблюдалась и во время других смерчей, в частности ирвингского.

Боковые удары и давление сдвигают сооружения, немного переносят их по воздуху, проламывают стены, но и никогда не превращают в груды обломков. Это — уже дело вихревых, вращательных движений.

Вихревые разрушения

Вихревые разрушения — третья, наиболее распространенная форма разрушений. Сооружения разрушаются на месте, на фундаменте, а иногда и вместе с ним. Существует несколько категорий скорости разрушения, зависящих от скорости вихревых движений.

Про наиболее медленные разрушения говорят: «дом рассыпался». Следующая категория — это когда, по свидетельству очевидцев, дом был

унесен буквально на глазах. И, наконец, третья категория: дом исчез или разлетелся с молниеносной быстротой. Эти категории, конечно, условны, но они показывают, что разрушаются сооружения и уносятся обломки с различной скоростью. Это вполне понятно, так как воронки смерчей вращаются и передвигаются с разными скоростями.

Факт разрушения вихревыми потоками доказывается направлениями переноса обломков. Эти направления идут против часовой стрелки в самые различные стороны, иногда по полному кругу, чаще по более или менее значительному сектору его. Это хорошо видно на примере рассеяния обломков одного из домов. Они разлетелись буквально по всем направлениям, кроме направления смерча. Иногда спиральное движение в воронке наблюдается по форме расположения обломков на месте разрушения в виде спирали. Три жеребенка, подхваченные воронкой смерча, описали в воздухе почти полный круг. Корова летела по воздуху над лесом не по направлению пути смерча, а поперек него.

Особенно четко спиральные вихревые движения видны на разрушениях садов и в буреломах. В садах деревья не только падают друг на друга по спирали, но нередко закручиваются, как веревка. Прямые потоки воздуха значительной силы действительно нередко образуются смерчами, но они не могут вызвать явлений, описанных выше.

Взрывные разрушения

Внутренняя полость смерча обладает резко пониженным давлением. Поэтому, когда она касается другой более или менее замкнутой полости, последняя взрывается воздухом, стремящимся из нее в воронку. Взрываются самые разнообразные предметы: закрытые комнаты, сундуки, бидоны, автомобильные шины, консервные банки и воздушные мешочки, в которых у кур находятся перья. Наиболее впечатляют, конечно, взрывы домов. В том, что они бывают, иногда сомневаются, по невозможно иначе объяснить некоторые случаи.

Это было в штате Теннесси в 1923 году. Хозяйка дома с двумя дочерьми сидела за столом. Вдруг стены дома, потолок, крыша — все взмыло ввысь, разлетелось на мельчайшие обломки и унеслось. Произошло это так мгновенно, что они даже не успели встать.

Во время смерча 2 апреля 1957 года в Далласе (штат Техас) взорвался небольшой деревянный дом с мезонином. После взрыва на фундаменте ничего не осталось. Прежде всего, поражает раздробление дома на мельчайшие обломки. Он превратился буквально в облако черной пыли, в котором можно было различить два больших прямоугольных предмета, вероятно двери, обломки средних размеров неопределенной формы, по-видимому, куски досок. Другие обломки настолько мелки, что их почти не вид-

но, они сливаются с пылью. Второе, что удивительно,— это высота, на которую взлетели обломки. Судя по стоявшим деревьям, она не менее нескольких десятков метров. И третье, самое непонятное,— исчезновение воронки. Ведь дом взрывается от соприкосновения с внутренней полостью воронки, но воронки никто не видел. Единственное, что можно предположить,— то, что она еще не наполнилась пылью и невидима.

Стоит отметить еще, что облако обломков висело над землей. По-видимому, дом взорвался не на земле, а в воздухе. Это часто наблюдалось у смерчей, в частности у известного ирвингского. Не всегда разрушение бывает тотальным. Иногда от взрыва вылетает только одна стена.

Труднообъяснимое явление наблюдалось во время мичиганского смерча 1896 года. Вдоль одного бока пути в саду у небольших деревьев была начисто содрана кора не только со стволов, но и с веток. Очевидец писал: «Кора была содрана так тщательно и аккуратно, как будто работал опытный садовод». Деревья стояли как прежде. Вероятно, у деревьев между корой и стволом был воздушный слой. При соприкосновении с внутренней полостью смерча он взорвался, аккуратно удалив кору деревьев.

Другой смерч, проходя через огород, у всех фруктовых деревьев обломал ветки; со стволов была полностью содрана кора. Деревья имели вид обожженных огнем. Явление кажущегося обжигания отмечается нередко. Даже цыплята и куры, потерявшие во время смерча перья, производили впечатление подрумяненных.

По-видимому, в этих случаях настоящего обжигания не было; вряд ли температура воздуха могла подняться до такой степени. Скорее всего, имело место обезвоживание, высасывание воды, высушивание, что для смерча вполне естественно.

Комбинированные разрушения

Боковой удар совмещается с вихревым разрушением и одновременно произошедшим взрывом, или вихревое разрушение идет вместе со взрывом. Нередко наблюдалось, как от бокового удара угол дома поднимался или растрескивался, сам дом поворачивался или опрокидывался, затем налетал вихрь, все превращалось в тучу молниеносно летящих обломков. Не будет преувеличением сказать, что большая часть разрушений имеет комбинированные причины.

27 мая 1931 года по выжженным солнцем равнинам Миннесоты несся курьерский поезд. Вел его новый локомотив весом 134 т. Машинист и его помощник заметили большое низкое грозовое облако, приближавшееся к поезду. Но им было не до него, поезд шел полным ходом, около 80 км/ч. Через некоторое время облако надвинулось, стало темно, и даже шум поезда не смог заглушить страшный свист и шипение. Железнодорожники

взглянули в окно и замерли: на поезд устремился громадный черный хобот, соединявший небо с землей. Машинист моментально включил тормоза. Поезд с отчаянным скрипом начал останавливаться, но было уже поздно. Гигантская воронка, наполненная водой и грязью, ударила в самую середину поезда, почти перпендикулярно его движению. Затормозив, машинист спас состав от ужасного крушения. Но все же воронка вырвала тот вагон, на который пришелся удар, подняла его со 117 пассажирами, перенесла на несколько метров и опустила набок. Другие вагоны тоже были опрокинуты или сошли с рельсов. Погиб лишь один пассажир из вагона, подхваченного воронкой. Он не успел закрыть окно и, когда вагон еще висел в воздухе, выпал из окна.

Описанный случай не единственный. Такое происходило и ранее. В 1913 году в Иллинойсе воронка налетела на товарный поезд. Тяжелый локомотив с тендером и последний 21-й вагон остались на рельсах. Первые же 20 вагонов были сорваны с рельсов и почти полностью уничтожены. Сбросить вагон с рельсов, особенно товарный, сможет боковой удар воронки, но перенести громадный вагон с сотней пассажиров и мягко положить его набок способно только вихревое вращение. Интересно, что когда ирвингский смерч приближался к железнодорожной станции, одновременно подходил и пассажирский поезд. Машинист увидел, что воронка идет вместе с ним, и сразу же затормозил. Таким образом, он избежал встречи, которая могла стать трагической.

Разрушения населенных пунктов

Когда разрушается здание или небольшая ферма, почти всегда можно определить форму и причину разрушения. Но когда разрушается квартал, улица, а иногда и весь поселок, то трудно сказать, что, чем и как разрушено. Сельскохозяйственные штаты заселены сравнительно негусто. Несколько жителей занимают в основном дома одноэтажные, реже двухэтажные. Когда воронка смерча проходит через такие селения, разрушение бывает полное. Это не разрушение, а уничтожение.

12 апреля 1927 года смерч почти полностью разрушил город Рок-Спрингс. Неповрежденными остались лишь шесть домов. Из 1200 жителей 72 было убито и 240 ранено. Многие дома были унесены полностью. Были разрушены даже прочные, бетонные и каменные сооружения. Интересно, что исключительно прочная железобетонная церковь осталась стоять на месте, но все стены ее давлением изнутри были выпячены на 0,3–0,9 м. Разрушение длилось всего 1,5 минуты.

В больших городах смерчи также бесчинствуют. Вдоль широкой прямой улицы Лорейна с трамвайными колеям стояли каменные двух- и трехэтажные дома. В нижнем этаже каждого дома размещались магазины,

лавки и разные учреждения. После смерча 28 июня 1924 года улица представляла собой картину сплошного разрушения. У домов были сорваны крыши, части верхних этажей, магазины уничтожены, стекла и двери разбиты и сорваны, внутри ничего не осталось — все было унесено ужасным вихрем. Автомашины, тогда еще немногочисленные, сдвинуты, перевернуты, исковерканы. Однако дома стояли на своих местах. Это объясняется прочностью зданий. Тесно вплотную соприкасаясь друг с другом, они образуют сплошной каменный массив. Разрушить его целиком не хватает сил даже у большого смерча.

Трудно сказать, почему на большие города смерчи надвигаются редко. В равнинных штатах США, родине смерчей, таких городов много, но смерчи проходят по ним нечасто. Да и в этих случаях смерчи идут по окраинам, избегая застроенных середин, 29 сентября 1927 года большой смерч пронесся над городом Сент-Луис с миллионным населением. Подавляющая часть его застроена каменными или кирпичными двухэтажными домами, стоявшими близко друг к другу. Как обычно, смерч пересек боковую часть города, оставив непрерывную полосу более или менее разрушенных домов. Там, где они стояли плотно, воронка действовала только на верхнюю часть дома. Обособленные дома страдали гораздо больше. Воронка имела возможность охватывать всю поверхность дома, исчезала вся передняя часть, включая и первый этаж.

Подъем

Смерч может поднять такие предметы, которые не под силу обычному ветру. Очень тяжелые предметы, весом от 50 до 200–300 т, поднимаются смерчами на несколько метров, но редко и тогда, когда они обладают большой поверхностью и ветру есть, на что давить. Самый тяжелый из зарегистрированных предметов — это железный подвесной мост через реку у города Ирвинга. Его вес 108 т. Упомянутый пассажирский вагон, поднятый смерчем в 1931 году в Миннесоте, весил 65 т, а со 117 пассажирами — около 80 т. Вес 200–300 т, по-видимому, является пределом подъемной силы самого мощного смерча. Высота подъема не превышает нескольких метров, а чаще десятки сантиметров. Горизонтальное перемещение достигает 25 м и меньше. Высота подъема предметов среднего веса тоже небольшая, как правило, несколько метров, десятки метров. Высота 60 м, на которую почти перпендикулярно поднял крышу дома ирвингский смерч, — наибольшая из зарегистрированных. Небольшие предметы, весом до нескольких сот килограммов, поднимаются воронками с необыкновенной легкостью даже небольшими смерчами. Когда последние идут над городами и строениями, воздух бывает наполнен обломками самой различной величины и состава. Высота подъема значительна. Отмечались случаи паде-

ния предметов из воронки с высоты 90 м. Предметы с большой площадью сопротивления, например толстые тяжелые ветви с листьями, поднимаются в материнское облако. Наиболее поразительны обледенелые черепаха, рыбка, куски штукатурки и небольшие голые обломки ветвей, падавшие вместе с градом громадных размеров. Их подняло на высоту 5–7 км, а может быть, и выше. Только там они могли обледенеть.

Всасывание

Московский смерч 1904 года, переходя Москву-реку, всосал воду, и на несколько мгновений обнажилось дно, покрытое илом. Но через мгновение воронка уже была на другом берегу и вода в реке сомкнулась. Всасывание воды и обнажение речного дна случается нередко.

Сильный смерч прошел 6 сентября 1869 года в Костромской губернии. Он имел вид темновато-серого столба диаметром сначала около 40 м, а потом в 5 раз больше. Когда смерч проходил через речку Семиндяевку, он высосал в ней воду. Далее он сделал огромную просеку до берега Волги. Потом, раздвинув воду Волги до самого дна, прошел в деревню Ворониху, полностью ее уничтожив.

18 июня 1939 года на небольшой городок, расположенный на правом берегу Миссисипи, в ее верхнем течении, надвигалось огромное низкое грозное облако. Жители с ужасом смотрели на серый извивающийся хобот, который свешивался из облака к самой земле. Там, где он касался строения, столб пыли поднимался каскадом вверх — и строение исчезало. Смерч неумолимо приближался к городу, на пути его оказалась широкая, но мелководная река. Воронка вошла в нее и, не уменьшая скорости, двинулась к другому берегу. Вода исчезла, обнажив мокрое грязное дно. Образовалась широкая ложбина, дно которой было из ила, а стены из воды.

Ложбины-траншеи с водяными стенами и илистым дном возникали и на многих других речках на пути смерчей. Небольшие пруды, болота и озерки целиком — с водой, тиной, илом, лягушками, рыбами и водорослями — исчезали в страшном хоботе смерча. А через несколько километров, даже десятков километров выпадал грязный дождь с теми же самыми рыбами, лягушками и водорослями. Однажды, воронка большого смерча приблизилась к берегу Рейна в его нижнем течении, там, где река достигает глубины 20–25 м. Смерч вошел в реку, открыв дно, затем углубился в воду на 7 м. Дальше у него не хватило сил, и он пошел по воде, образовав траншею глубиной 7 м, дно и бока ее были чисто водяными. Подойдя к другому берегу, смерч снова попал на небольшие глубины, опять показалось дно. Когда воронка вышла на сушу, своеобразная траншея исчезла, воронка заметно потемнела, наполнившись водой и илом. Морские смерчи чрезвычайно разнообразны по разменам и скорости вращения. У многих из них

скорость настолько мала, что они не в силах всосать в себя морскую воду. Кроме пресной воды из облаков, в них больше ничего нет. Но есть гиганты, не уступающие по размерам и скорости вращения наземным. Двигаясь по поверхности моря, они всасывают в себя соленую воду со всеми животными, живущими у его поверхности.

В 1933 году на поселок Кавалерово Приморского края задвинулось огромное грозное облако без всякого смерча. Каково же было удивление жителей, когда из облака пошел солоноватый дождь и вместе с ним начали падать живые медузы. Смерч всосал морскую воду с медузами, в облаке они пропутешествовали около 50 км (таково расстояние от моря до Кавалерово). Путешествие продолжалось почти час. Только всасывание могло образовать громадные ямы в почве поперечником в десятки метров. В них весь почвенный слой улетел в воздух с травой и кустами. Это наблюдалось в 1927 году в Канзасе и других местах. Во время известного смерча 27 мая 1896 года, прошедшего через город Сент-Луис, очевидец оказался недалеко от воронки. Он весь был залит водой и залеплен илом, выбрасывавшимся из воронки смерча. Ее можно было сравнить с гейзером, который выбрасывает воду вверх и затем в стороны, заливая все вокруг.

О редком случае смерча с интенсивным снегопадом сообщали газеты в самом конце февраля 1968 года. Смерч этот прошел в местечке Юнг, на юго-западе Швеции. Он пронесся весьма узкой полосой (метров сорок), и весь путь его составил всего несколько сот метров, но он успел превратить в щепки огромный сарай. Более деликатно действовал смерч в июне 1906 года в штате Миннесота. Небольшой деревянный дом был разломан на части и унесен. Кухонный шкаф с посудой тоже поднялся в воздух и пролетел около 20 м, но опустился на землю так медленно и осторожно, что вся посуда осталась целой. Другая же мебель из дома была унесена на 7 км.

Более легкие предметы поднимаются на большую высоту и нередко засасываются в горизонтальные вихревые образования в смерчевых облаках. Сами смерчи переносят их на значительные расстояния. Объяснить это можно только кратковременностью, быстрым исчезновением тех мощных потоков воздуха, которые поднимают мосты, вагоны, церкви и т. д. Недолговременны даже и те потоки, которые переносят людей и животных. Длительность их существования, как было подсчитано, — немногие секунды. Мелкие, легкие предметы с большой поверхностью сопротивления транспортируются смерчами на десятки и даже более сотни метров. Рекорд поставила страховая квитанция, которую смерч транспортировал на 120 км, и письмо с чеком — на 136 км. Оба случая, описанные в литературе, требуют проверки, так как возможен перенос не воронкой, а смерче-

вым облаком. Проверка сравнительно проста: если смерч дошел до того места, где были найдены эти бумажки, то он и транспортировал их, но если воронка исчезла за десятки километров до этого места, то перенос шел в облаке.

Примеры смерчей

2 апреля 1957 года жители западной окраины города Даллас (штат Техас) с ужасом наблюдали за громадным черным грозовым облаком, низко ползшим по направлению к городу. Двигалось оно со скоростью 25–30 км/ч. На его нижней поверхности обособилось небольшое облако странного зеленовато-серого цвета. Отчетливо было видно, как оно быстро вращалось.

Опытные люди сразу поняли, что приближается торнадо. Действительно, скоро нижняя часть вращающегося облака опустилась и из него образовалась воронка. Она была еще небольшая и не касалась земли. Облако продвинулось вперед, нависло над окраинами города, воронка удлинилась, достигла земли, и в воздух взлетели обломки первого разрушенного дома. Пока воронка еще плохо оформилась, средняя часть ее была почти незаметна. Через несколько минут смерч принял страшную форму и набрал огромную силу, Пыль и мелкие обломки поднялись ввысь, образовав так называемый каскад. Высота каскада почти равна половине высоты смерча, из него сыплются обломки разрушенных строений.

Еще немного и смерч соприкоснулся с пустым деревянным домом, все окна и двери которого были закрыты. Дом буквально разлетелся на мелкие обломки.

7 июня 1947 года смерч прошел через город Шарон в Пенсильвании. Дома остались целыми, вылетели лишь рамы со стеклами.

В Соединенных Штатах Америки смерчи в основном (несколько сот ежегодно) проходят по центральным равнинным сельскохозяйственным штатам, где сосредоточено наибольшее количество птицеводческих ферм. Разрушаются тысячи курятников. Нередко стены и крыша курятника исчезают полностью, а куры остаются целы. Такие случаи можно объяснить только взрывом воздуха изнутри. Он уничтожает оболочку курятника, не трогая его середины.

Иногда после взрыва куры оставались сидеть на насестах, но были мертвы. Довольно часто кур находили не только мертвыми, но и лишенными перьев. Сначала это считалось загадкой, однако позже выяснилось, что у кур корни перьев заключены в небольшие воздушные мешочки, находящиеся в коже. Когда эти мешочки соприкасались с внутренней полостью смерча, они взрывались и выбрасывали перья. Однажды обнаружили сидящими 30 полностью ощипанных погибших цыплят. При этом от курятника, его стен и крыши почти ничего не осталось.

Самыми невероятными и очень редкими были случаи, когда далеко от фермы находили кур, у которых перья исчезли ровно с половины туловища. Как это могло произойти, неясно. Можно допустить, что одна поло-

вина птицы располагалась во внутренней полости смерча, а другая— в его стенке. Однако это возможно, лишь, когда внутренняя поверхность стенки смерча очень плотна и резко отграничена от полости.

9 апреля 1947 года в штате Оклахома на ферме в деревянном одноэтажном доме сидели семья фермера и пришедший к ним гость. Вдруг в комнате потемнело, и снаружи раздался необыкновенный грохот и шум, как от сотни поездов. Двое мужчин подошли к двери, чтобы узнать, в чем дело. Едва они открыли дверь, как налетевший смерч вырвал дверь у них па рук, подхватил и поднял их в воздух, перенес на несколько десятков метров и плавно опустил на алею. К счастью, они почти не пострадали и сразу бросились назад к дому. Каково же было их удивление, когда никакого дома па месте не оказалось: за несколько минут их полета он взорвался и в виде массы обломков исчез. Поразительно, что пол от дома остался на месте, и посреди него на диване невредимые, но совершенно растерянные сидели жена фермера и двое его детей. Однако, самое удивительное — рядом с ними на небольшом столике стояла стеклянная керосиновая лампа.

В США причуды смерчей настолько часты, что они уже вошли в фольклор. В одном из сборников помещено несколько рассказов, скорее сказок, о смерчах. Вот некоторые из них. В Канзасе пронесся смерч необыкновенной силы: все потемнело, дом унесло, на месте остался только большой железный котелок. Хозяин обрадовался, взял его в руки, но котелок оказался вывернутым наружу. В Миссури во время смерча петух несся по воздуху с такой скоростью, что незаметно оказался в кувшине. Из узкого горлышка торчала лишь голова петуха, отчаянно кричавшего. Согласно еще одному описанию, днем во время обеда фермер сидел за столом и ел яблочный пирог. Вдруг раздался невероятный грохот и рев. Все потемнело, дом с мебелью и фермером взлетел на воздух и распался на куски. Когда фермер пришел в себя, он сидел высоко на дереве на толстой ветке, держа в руках яблочный пирог. Кругом со страшной силой неслись различные обломки. Он испугался, поймал доску, летевшую по воздуху, и закрыл голову. Вскоре смерч пролетел, стало тихо, светло и солнечно. Фермер слез с дерева и пошел домой, однако на месте дома была лишь ровная и гладкая площадка.

Число смерчей значительно. В некоторых областях земного шара они считаются обычным явлением, становятся настоящим бедствием для людей.

Наиболее благоприятны для образования смерчей обширные равнины, над которыми происходят встречи холодных и теплых воздушных

масс. Примером таких равнин служат центральные области Русской платформы и центральные штаты Северной Америки.

В приполярных и приэкваториальных областях, где почти нет грозных облаков, нет и смерчей. В России на севере смерчи наблюдали около 60° с. ш.; в Сибири крайним северным пунктом было село Октябрьское на Оби (62° с. ш.). На Русской равнине они проходят довольно часто, причем большая часть их не регистрируется. Каждое лето в разных местах, и на юге и в центре, отмечается несколько тромбов (смерчей).

Наиболее северный смерч наблюдался у Соловецких островов, наиболее южные — на Черном и Азовском морях. В 1953 году в Ярославской области летом зафиксировано четыре смерча, в Белоруссии с 1844 по 1953 год — 33 смерча, некоторые из них достигали большей силы. Под Москвой такие смерчи прошли в 1904, 1951 годах, позже — у Арзамаса, Муром, Курска, Вятки и в ряде других местностей.

В Западной Европе смерчи случаются достаточно часто, но все же гораздо реже, чем в США. Они наблюдались в Англии, Германии, Франции, Швеции, Швейцарии, Италии, Австрии. Как ни странно, смерчи довольно часто возникают в долинах Альп. Они связаны с небольшими, резко ограниченными грозными облаками, воронки их отличаются большой высотой, средним диаметром и непродолжительным существованием — несколько минут. Местное население даже дало им особое название «ветер-колесо».

Смерчи неоднократно отмечались на Индостанском полуострове, в Японии, Китае, Африке, Австралии, Новой Зеландии, на Гавайских островах и на островах Фиджи. Несомненно, что они существуют и в других областях земного шара, например в Южной Америке. Здесь они приносят небольшие разрушения, и систематическая регистрация их отсутствует.

В штатах центральных равнин США, на густонаселенном побережье Атлантического океана смерчи сильны, сопровождаются человеческими жертвами.

За 35 лет, с 1916 по 1950 год, было отмечено 5204 смерча, погибло 7961 человек, убытки составили 500 млн. долларов. Согласно более поздним данным, за период с 1916 по 1961 год наблюдалось 11053 смерча, то есть вдвое больше. С 1953 по 1963 год ежегодно регистрировалось в среднем 585 смерчей, в 1957 году — 864. За 1964 год их отмечено 717. Такое уточнение, несомненно, связано с большей детальностью и полнотой наблюдений за последующие годы.

Интересно распределение смерчей по местностям. Оно крайне неравномерно: подавляющее число их было в центральных и западных равнинных (Канзас — 585, Айова — 512, Техас — 461, Оклахома — 369, Не-

браска — 184, Иллинойс — 168). К западу и востоку от этих штатов количество смерчей резко сокращается. Особенно влияют высокие Скалистые горы; к западу от них, на побережье Тихого океана, смерчи фактически отсутствуют (Невада — 1, Калифорния — 4, Орегон — 3, Юта — 2). В восточных штатах число их 20–50, но по южному побережью Атлантического океана снова повышается (Луизиана — 156, Миссисипи — 207, Флорида — 153). Резкое сокращение смерчей к полярным Областям и отсутствие их в Арктике и Антарктике — явление планетарного значения.

29 июня 1904 года на высоком обрывистом правом берегу Москвы-реки, в районе деревни Беседы, восточнее линии Московско-Курской, железной дороги, стоял учитель местной школы и с интересом наблюдал за появившейся с запада громадной грозовой тучей. Ниже ее небольшие более светлые облачка быстро, хаотически двигались в разные стороны. Постепенно движения становились спиральными, и вдруг из середины спирали свесилась серая остроконечная воронка. Учитель взглянул на часы — было 4 часа 38 минуты пополудни. Воронка просуществовала недолго и скоро втянулась обратно в облако.

Через несколько минут рядом появилась другая воронка, увеличивавшаяся в размерах и отвисавшая к земле; навстречу ей с земли поднялся столб пыли. Еще немного — столб и воронка соединились, и учитель с испугом понял, что перед ним возникла колонна смерча.

К счастью, смерч начал удаляться в направлении движения облака, к северо-востоку. Колонна была расплывчатых очертаний и расширялась кверху, достигнув, в конце концов, ширины около 500 м. Вот она дошла до деревни Шашино, и в воздух взлетела первая изба, затем вторая, третья; воздух вокруг воронки наполнился обломками строений и ветвями деревьев.

В то же время в нескольких километрах западнее шла другая, также принесшая разрушения воронка. Ее путь пролегал вдоль Московско-Курской железной дороги через станции Подольск, Климово и Гривно. Возможно, существовала и третья воронка, далеко к северо-западу, у Петровско-Разумовского, так как и там были разрушения, но время существования ее было непродолжительным.

Расплывчатые очертания воронок, их большая ширина, значительная площадь разрушений и низко ползшее материнское облако были причиной того, что свидетели события определили его как ураган. Между тем описания не оставляют сомнений в том, что это был настоящий смерч, ураганными были лишь скорость его вращения и размеры разрушений.

Пути указанных смерчей не были установлены, и карта отсутствует. Длина пути главной воронки современниками определялась в 40 км. Это

возможно, если считать, что она шла от Подольска до Сокольников и дальше, исключено, что данный путь был пройден несколькими воронками, сменявшими друг друга. По Москве две воронки прошли почти параллельно около 10 км каждая. Главная воронка в Москве начала свои разрушения в Люблино, затем захватила Симонов монастырь, Рогожский район и наибольшие разрушения причинила Лефортову, по обе стороны Язуы. Пройдя по Гаврикову переулку, она, по-видимому, поднялась в воздух и слова опустилась перед Сокольниками. В Сокольниках, в парке, она проделала просеку шириной 200— шагов. Далее через Лосиноостровскую она вышла к Мытищам и через них ушла из Москвы. Вторая воронка, возникшая у деревни Беседы, на Москве-реке, прошла Гайвороново, Карачарово, Измайлово и Черкизово.

Ширина пути обеих воронок была значительной, как обычно и бывает у расплывчатых смерчей, для разных пунктов — от нескольких сот метров до километра и более. Границы путей воронок были четкими. Стреления на расстоянии нескольких десятков метров от границ пути оставались нетронутыми.

По данным наблюдений, скорость движения материнского грозового облака и вместе с ним обеих воронок составляла около 60 км/ч. Считалось, что скорость движения воздуха в воронке достигала 20—25 м/с. Последняя величина явно занижена. Изогнутая железная лестница, двигавшаяся по воздуху, доски, брусья и даже бревна и крыши, поднятые на десятки метров, люди и жи-;бтные — все это указывает, что скорость движения была гораздо больше и не уступала скорости в громадных расплывчатых вихрях США, равной сотням метров в секунду. Сопровождавшие явления также характерны для сильных смерчей. Когда надвигалась воронка, становилось совершенно темно; на одной из улиц даже столкнулись две кареты. Темно-те сопровождал страшный шум, рев и свист, зафиксированы электрические явления необыкновенной интенсивности. Из-за частых разрядов молний погибло два человека, несколько получили ожоги. В Сокольниках наблюдалась шаровая молния. Дождь и град тоже были необыкновенной силы. За время прохождения облака выпало 162 мм осадков. Градины с куриное яйцо отмечались неоднократно, например в Черкизово. Отдельные градины, имевшие форму звезды, достигали 400—600 г, В пригородах было убито несколько человек и серьезно повреждены посевы и сады.

Смерчи в районе Москвы прошли и 25 августа 1956 года. Они сопровождали сильную бурю с грозой и местами и интенсивным градом. Буря шла почти прямо в северо-восточном направлении. Путь ее прослежен от Наро-Фоминска до станции Крюково. Зона поломанного леса достигала 5 км в длину, но полосы бурелома имели ширину от немногих десятков до

200–300 м. Отдельными пятнами длиной до 2–3 км они следовали друг за другом, указывая на прыжки смерчей. Два пути шли параллельно друг другу. Общая длина пути бури в Московской области составила около 80 км. Возможно, она началась еще в Калужской области и ушла к северу от Октябрьской железной дороги (смерчи там не наблюдались). Жители этих мест видели очень темные, клубившиеся облака. Не исключено, что смерчи были низкие, с расплывчатыми очертаниями. Лесу был нанесен значительный ущерб, пострадали крыши зданий, телеграфные столбы, оказалась опрокинутой грузовая машина.

31 августа 1956 года у города Бронницы под Москвой прошла вторая буря. Надвинулась темная туча, поднялась пыльная «метель». Были смерчи и в Ростове Ярославской области, в Арзамасе, Муроме, Курске и во многих других центральных областях нашей страны.

В Соединенных Штатах Америки ураганы, вихревые бури и смерчи (торнадо) наиболее часты и разрушительны. По имеющимся данным, за год там проходит более 700 смерчей, Многие из них сопровождаются гибелью людей. Только за 1957 год погибло 64 человека. Значительны и время их существования, пути, ими проходимые, и площади разрушения. В этом отношении США стоят на первом месте в мире.

Самый страшный за последние столетия — смерч Трех Штатов. Он прошел 18 марта 1925 г. по штатам Миссури, Иллинойс и Индиана. Воронка смерча была расплывчатой, нередко неясной. Вначале ее очертания еще были видны, но потом она скрылась в облаке, наполненном пылью и обломками. По земле катилось черное облако, сметавшее все па своем пути. И путь у него был своеобразен: широкий, резко ограниченный, не прерывавшийся па протяжении 350 км. Смерч не прыгал, не отрывался от земли, а мчался по ней со скоростью курьерского поезда. Разрушительная сила его была огромна. Об этом свидетельствует уничтожение большой каменноугольной топи и расположенного рядом рабочего поселка. Высокая стальная, исключительно прочная подъемная башня уцелела, но и она была согнута и приведена в полную негодность. Рядом стояло фабричное здание с железобетонным каркасом. Каркас сохранился, но в нем, кроме немногочисленных обломков, ничего не было. Но самую ужасающую картину представлял рабочий поселок: ни домов, ни улиц, ни садов. Все превратилось в сплошной покров обломков. От деревьев остались одни искореженные стволы. Общее число погибших во время смерча 695, тяжело раненых 2027 человек, убытки 40 млн. долларов. Таковы итоги этого ужасающего явления.

Интересны детальные описания смерчей 29 и 30 мая 1879 года. Вот некоторые из них.

Наибольшие разрушения и жертвы вызвал самый сильный и длительный смерч, получивший название «Ирвинг». 30 мая 1879 года к югу от небольшого местечка Ирвинг (300 жителей), на севере Канзаса, над степью в 4 часа пополудни появились два необыкновенных облака, черных и плотных, нависших над землей. Встретившись, они слились воедино, и в этом облаке начались стремительные вращательные движения. Отдельные обрывки облаков с молниеносной быстротой устремлялись ввысь. Начался дождь и крупный град, а минут через пятнадцать на нижней поверхности облака возникла воронка. Быстро удлиняясь, она приняла форму огромного хобота. Достигнув земли, воронка немедленно приступила к разрушениям, которые продолжались 3 часа на протяжении всего 150-километрового пути смерча. В то же время появился второй хобот, меньших размеров. Он шел по оврагу, к востоку от главного смерча. Второй смерч тоже был достаточно силен. Один дом он приподнял и немного повернул, с двух других были сорваны крыши, а еще у одного исчезла пристройка с кухней, причем исчезла с такой скоростью, что никто не заметил, что с ней стало. С водораздела обе воронки вышли в небольшую долину, ведущую к городу Рандолфу, расположенному в 13 км к востоку. Жители с ужасом услышали страшный рев, напоминавший шум тысячи товарных поездов, выскочили на улицу и наблюдали разрушительную деятельность смерчей в густом лесу. Громадные дубы толщиной более метра ломались, как тонкие веточки; такие же мощные и гибкие вязы закручивались, как веревки. Только что построенная каменная церковь и большая каменная рига были полностью уничтожены. Главная воронка обрушилась на большой двухэтажный каменный дом. Полностью разрушить его она не смогла, но крыша была сорвана, и от верхнего этажа почти ничего не осталось. Громадные камни весом до 100 кг были унесены на 80 м. Одно это свидетельствует о необычайной силе смерча. К счастью, Рандолф остался в стороне от пути воронок.

На другой стороне долины обе воронки соединились, но сбоку от главной (левой) возникли две новые воронки, не достигавшие земли. По ту сторону долины они исчезли. Главная воронка свернула в соседнюю долину и по боковому оврагу поднялась снова на равнину. В долине на ее пути стояло новое каменное здание школы. С него была сорвана крыша, и одна стена вдавилась внутрь и упала на парты. К счастью, приближение смерча увидели раньше, и школьникам удалось спрятать вся в соседних домах. Но не все дома уцелели. Один, каменный, с деревянной надстройкой, молниеносно был снесен, да так, что никто не заметил.

Разрушив школу и дом, воронка продолжала путь через лес в долине. Ширина пути составила почти 80 м, деревья и кусты были сломаны и вы-

рваны с корнем. Выйдя на равнину, воронка унесла крыши домов, траву будто выкосили. Пройдя немного по земле, воронка поднялась в воздух, временно прекратив разрушения. Она шла сравнительно невысоко над землей, иногда срывая верхушки деревьев. Следы струй воздуха были прямолинейны и направлены по движению воронки, следы вращения отсутствовали.

Пройдя несколько километров над землей, воронка опустилась, и снова начались страшные разрушения. В небольшой низине, в верховьях ручья, шедшего к Ирвингу стояли четыре дома, от них не осталось даже целой доски. Дом с мезонином размером 5x8 м был поднят вместе с хозяином. Воздух был наполнен густой пылью, стало темно. Хозяин, не понимая, что случилось, решил выйти из дома, открыл дверь и ступил за порог, он упал на землю с высоты 10 м, серьезно пострадал. Из впадины воронка устремилась вниз к Ирвингу по долине. Здесь на ее пути стояла группа небольших домов. Все они были сметены с лица земли. Интересный случай произошел со старинным домом, построенным из тяжелых бревен. Весь дом с большой каменной печью, шириной 2–3 м и высотой 6–8 м, был поднят в воздух и полностью разрушен. Большая семья из 13 человек не пострадала, все остались живы. Это могло случиться только при взрыве дома изнутри. Все бревна вылетели наружу. Если хотя бы одно из них попало внутрь дома, жертвы были бы неизбежны.

Далее воронка устремилась вниз по ручью. Черная громадная колонна будто набрасывалась па обрывистые берега ручья, поросшие богатой растительностью, и через мгновение уходила, оставив после себя голую желтую землю. На пути ее попался еще один дом с мезонином. И от него осталось лишь пять-шесть камней от фундамента и часть плиты. Все остальное исчезло. Обитателям дома удалось спастись в погребе.

Скоро смерч вышел из долины ручья и обрушился на Ирвинг, расположенный па берегу довольно большой реки. Несчастье усугубилось тем, что возникла вторая воронка и тоже прошла через этот пункт.

Первый дом, уничтоженный главной воронкой, был старый, семья погибла. Затем смерч налетел па второй дом, более прочный, с мезонином, поднял его в воздух на 6 м и перенес на 35 м на северо-восток по направлению своего движения. Затем дом буквально взорвался: стены крыша, труба — все разлетелось. Семью из пяти человек тоже разбросало в разные стороны, но все остались живы.

Пройдя некоторое расстояние, воронка обрушилась на новый двухэтажный дом. Сначала он был повернут в сторону, а затем превращен в обломки, унесенные на расстояние от 400 до 1200 м. Большая тяжелая повозка, доверху груженная бревнами, исчезла. Далее смерч частично или пол-

ностью разрушил ряд других небольших строений и вышел в открытое поле. Перейдя реку, воронка уперлась в высокий и крутой обрывистый берег, не смогла преодолеть его, повернула к западу. При этом сила ее резко увеличилась, и когда она встретила на пути арочный мост, то подняла его и сбросила в воду. Мост был новый, железный, длиной 75 м и стоял как раз поперек движения смерча. Воронка, коснувшись его, подняла стальную конструкцию так быстро, что каменные быки, на которых лежал мост, почти не пострадали: у одного быка даже уцелел цемент сверху, а у другого сорвало всего два камня. Подхватив это громадное сооружение, воронка закрутила его с совершенно исключительной силой. Вся структура моста превратилась в плотный сверток стальных планок и канатов, порванных и изогнутых самым фантастическим образом. Сверток оказался настолько компактным, что полностью исчез в воде, хотя глубина реки была 1,5–2 м. Скорость вращения в стенах воронки, несомненно, превышала звуковую. Считают, что разрушение ирвингского моста — это наиболее сильное проявление мощи смерчей из всех известных. Далее воронка двинулась вдоль обрыва до первого оврага, свернула в него и пошла по прежнему северо-восточному направлению. Второй смерч прошел над Ирвингом на несколько десятков минут позже первого и значительно отличался от него по форме. Четко ограниченная воронка отсутствовала, но разрушительная сила его была еще больше. Невероятно, это был низкий широкий смерч с расплывчатыми очертаниями. Вблизи он напоминал черное облако, сильную бурю, двигавшуюся прямолинейно, но следы вращения были очевидны. Его путь был северо-восточного направления и шириной от 100 до 300 м, местами до 1500-2000 м.

После прохождения первого смерча полил сильный дождь, сопровождавшийся порывами ветра, сбивавшими людей с ног. Затем стало тихо и засияло солнце, но по небу еще ходили грозные облака. Через 40 минут на горизонте появилось чрезвычайно плотное черное облако. Оно быстро приближалось. Жители, только-только пришедшие в себя после первого смерча, увидев грозную тучу, пришли в отчаяние: чудовищная вертикальная черная стена неотвратимо ползла на город.

Сначала смерч обрушился на близко стоящие дома к северу от железной дороги. Почти все они были разрушены до основания. Уничтожив два первых дома, смерч налетел на двухэтажное каменное здание школы, оторвал южный угол и снес крышу. Учитель, находившийся в школе, вспоминал: «Наше первое впечатление было, как будто все здание было поднято, сильно потрясено и снова опущено. В следующее мгновение все двери и окна были сорваны, мебель закружилась по комнатам и разбилась в куски. Меня подхватил порыв ветра, закружил в воздухе и перенес в со-

седнюю комнату, где медленно опустил на пол. Вся одежда на мне была разорвана в клочья, но на теле не было даже ушиба. Когда я встал на ноги, было так темно, что я ничего не видел». От двух соседних дощатых домов не осталось и обломков. Рядом расположенный дом был построен исключительно прочно, в расчете на «канзасскую погоду». Он стоял несколько в стороне от главного пути смерча. Тем не менее, даже окраина воронки оборвала, как нитки, стальные болты, которые прикрепляли стены к фундаменту, подняла угол дома так, что обнажилось все внутри, и снова опустила на место. Семья спаслась в подвале.

Далее прямо на пути воронки стояло еще четыре дощатых дома. Здесь были самые большие жертвы и разрушения. Первый дом вместе с его обитателями поднялся в воздух, несколько раз перевернулся и развалился на две части; все серьезно пострадало. Второй дом был раздавлен, а затем в виде мельчайших обломков унесен в поле. Третий дом подняло в воздух, перенесло через забор, а затем разломало. С деревьев, росших около него, были сорваны не только листья, но и кора. Остались голые блестящие палки, обмотанные кусками одежды, длинной степной травой и бумагой. На расстоянии 150–200 м валялись обломки мебели, куски черепицы, доски и битое стекло.

Интересные события развернулись вокруг самого прочного во всем городе дома (к счастью, в это время он был пустой). Его целиком, два этажа и мансарду, подняло вверх, перевернуло полом кверху и разрушило. Пристройку с кухней сначала подняло, а потом волочило по земле 30 м, после чего она развалилась. Часть крыши унесло на 800 м. Имеется указание на довольно резкие границы смерча: легкий сарай, стоявший в 15 м от кухни остался нетронутым. Небольшие фруктовые деревья, росшие в 10–15 м от дома, тоже не пострадали.

Далее воронка дошла до железнодорожной станции. Полностью был разрушен элеватор; депо в 100 м к северу от него сильно трясло, но оно осталось целым. Грузенные вагоны, стоявшие у элеватора, смерч поднял, перевернул в разные стороны и снова поставил на землю. Соседние вагоны остались стоять на рельсах.

За железной дорогой воронка двинулась по большой площади, где стояли школа и церковь, и прошла между ними. Школа представляла собой большое каменное здание крестообразной формы размером 10x15 м. В колокольне церкви, расположенной рядом, находились три женщины, ставшие свидетелями всего происходящего. Они рассказывали, что когда воронка надвинулась на школу и облекла ее черным облаком, обломки здания закрутились с огромной скоростью, но не вылетали из воронки. Ко-

гда она ушла, обломки остались на фундаменте, образовав коническую массу. По счастливой случайности в школе никого не оказалось.

От главного здания церкви осталась лишь часть одной стены, все остальное подверглось разрушению. Колокольня же, стоявшая особняком, была немного закручена, так что двери и окна не открывались, и треснула посередине. Упомянутые женщины не пострадали. Судя по наблюдениям очевидцев, смерчевое облако шедшее над площадью, образовало две воронки. Одна из них разрушила школу, другая — церковь. Площадь замыкала группа из шести домов, также сильно пострадавших.

Далее ширина пути воронки резко сузилась. Легкий дом, стоявший у края пути смерча, покрылся черным облаком, но остался целым. Затем воронка вышла в открытое поле и двинулась к реке, пересекла ее, проделала полосу бурелома и поднялась на крутой берег. Немного пройдя по степи, она стала светлее, распалась па несколько облаков и исчезла.

Главная воронка продолжала свой длинный путь, но прежде чем перейти к его описанию, остановимся па одном интересном эпизоде. Это случилось, когда смерч подходил к Ирвингу и шел по глубокой долине. На восточной окраине его пути располагалась ферма и около нее была привязана корова. Когда проходил смерч, корова поднялась и исчезла в воздухе. Протяженность ее полета составила около 100 м. В середине долины корову бросило в глубокий ил, который сохранил вдавленность от ее тела. Через некоторое время сильно измазанная илом она уже подходила к другой ферме на противоположном берегу долины. Затем токи воздуха снова подхватили путешественницу и перенесли через небольшой, но густой лесок с деревьями высотой от 9 до 18 м. Приземлилась она в 700 м от ручья, где ее и нашли. Никто, правда, не видел, как животное летело над деревьями, но можно себе представить, что зрелище было необыкновенное. Общая дальность полета составила 500–750 м. Выйдя по оврагу на равнину, смерч двинулся па северо-восток почти по прямой линии. Он шел над пологохолмистой равниной, мало заселенной. Объектами его разрушений становились небольшие фермы, расположенные на больших расстояниях друг от друга. Пройдя несколько километров по равнине, он спустился в долину ручья. Воронка унесла небольшой дом, не оставив даже фундамента. соседний дом был опрокинут и раздавлен. По другую сторону ручья произошло событие, не уступающее случаю с ирвингской коровой. Разрушив стоявший там дом, воронка подхватила находившегося в нем мальчика, пронесла над лесом и ручьем и плавно опустила на землю невредимым. Ниже по ручью было разрушено еще шесть домов. Снова выйдя на равнину, воронка двинулась к следующей реке, разломав по дороге ферму. В долине реки и ее притока стояло много фермерских домиков. Ширина пути

смерча здесь была огромной — 1–1,5 км, разрушения катастрофические. Из долины воронка поднялась по небольшому притоку и вышла опять на равнину. В 5 км ниже по реке стоял небольшой город. Смерч ему особых повреждений не причинил, но грозное облако, прошедшее над ним, принесло бурю, дождь и град. Далее воронка начала подниматься по низкому водоразделу между двумя ручьями. Здесь произошло довольно редкое явление — ширина полосы разрушения достигла 2,5–3 км. Очевидно, кроме воронки, вокруг нее, у самой земли, возникли дополнительные вихри большой силы, вызвавшие разрушения 14 домов. Далее смерч снова вышел на равнину, где уничтожил две фермы и районную школу. От последней осталась лишь фундамент. Приводятся и такие случаи. Круглая гиря весом 2 кг была перенесена на 200 м, а картинка на оловянной пластинке пролетела 2,5 км и углом воткнулась в ствол дерева на глубину 1,5 см. На высокой равнине путь смерча снова сузился и прошел между двумя небольшими городами. Сила его осталась прежней, налетев на ферму, он поднял ее вверх. Дом исчез в кружащейся массе черных облаков. Фермер с семьей спрятался в погреб и видел, как дом пролетел над головой. Один из жителей рассказывал, что воронка какое-то время косо висела в воздухе, затем опустилась на землю, выпрямилась, и у ее подножия образовался широкий и низкий конус из пыли. В это время отчетливо был слышен грохот, как от нескольких поездов. Грозное смерчевое облако было настолько велико, что захватило оба города. Оно сопровождалось штормовыми ветрами, ливнем и крупным градом.

После пересечения железной дороги смерч изменил свое направление на широтное и около 15 км шел по сильно пересеченной местности, почти не населенной. Воронку было хорошо видно: она то поднималась, то изгибалась, то снова шла по земле. Только одна ферма попала на пути. Дом стоял среди леса, на лужайке. Его подняло, перенесло над деревьями, затем разломало на мелкие обломки. Затем смерч обрушился на небольшое местечко Сент-Бриджет. Как следовало из названия, в местечке располагалась небольшая католическая миссия. Монах, руководивший ею, рассказывал, что торнадо пришел в 6 часов 30 минут вечера с ужасным ревом и грохотом. Корзиноподобная воронка быстро вращалась, и сразу все погрузилось в сплошную тьму. Через несколько секунд, как только облако ушло, оказалось, что вместе с ним исчезло и старое здание школы. Та же участь, наверно, постигла бы и новое двухэтажное здание, но стены его были прикреплены толстыми болтами к каменному фундаменту. Здание сотрясилось, трубы обвалились, улетели лишь двери и оконные рамы.

Километров через десять, немного поднявшись по склону, воронка обрушилась на небольшой каменный дом. От него ничего не осталось. От-

дельные камни были унесены по движению смерча на 250–400 м. Выше располагался лес из старых больших деревьев. Воронка за несколько секунд проделала полосу бурелома длиной около 3 км. Деревья были изломаны и падали друг на друга в спиральном направлении, следуя токам воздуха. Пройдя лес воронка снова вышла на открытую степную равнину. Здесь, на перекрестке дорог, стояло новая районная школа. Вихрь поднял все здание с фундамента и перенес его на 18 м к северу. Здесь здание распалось. Ширина пути смерча была около 300 м. Когда в 6 часов 45 минут вечера смерч прошел, солнце село, погода установилась ясная, но очень холодная.

Разрушив еще один дом, воронка поднялась и прошла в 2 км южнее Цинциннати. Хотя уже начало темнеть, ее хорошо видели из города в виде удлиненного бочонка, висевшего из облака. Следы разрушения на этом участке пути отсутствовали. Далее воронка ненадолго опустилась на землю, образовав полосу бурелома, затем снова поднялась и изменила направление на обычное северо-восточное. Около 15 км она летела в воздухе над степью и в последний раз опустилась, начала разрушения в небольшом городе Доусон-Мнлз. В это время было уже 7 часов 10 минут вечера, стемнело, и воронку было видно плохо, но характер и сила разрушений все еще были прежними. На небольшом возвышении стояли два дома. Один был исключительно прочным, построенным из больших дубовых бревен и балок. Вихрь поднял его с фундамента и полностью разрушил. Некоторые обломки были найдены на расстоянии около километра, а две трети массивных досок пола исчезли бесследно. Громадные балки улетели на 200 и 300 м. По другую сторону пути смерча стояла большая рига, еще более прочная, чем дом. От нее ничего не осталось. Другой дом и дрова, сложенные недалеко от риги, остались нетронутыми. Самое последнее происшествие случилось с католической церковью. Большое деревянное здание, размером 8x15 м, целиком было приподнято с основания и перенесено на 4 м. Упав на землю, здание продолжало ползти по земле, вырыв траншею около 0,5 м глубиной, после чего развалилось. Когда появился смерч, в церкви шла служба, и находилось около 50 прихожан. Каково же было их удивление, когда вся церковь, вместе с полом и священником, поднялась в воздух, а потом, опустившись, поползла по земле. К счастью, многие сразу сообразили, в чем дело и спрятались под скамейки. Это спасло людей от обломков потолка. На этом ирвингский смерч закончил свою разрушительную деятельность, поднялся вверх и исчез в темноте. Его материнское грозное облако удалялось на северо-восток. Сопровождавшие его шквальные ветры в ряде пунктов вызвали разрушения, но это уже был не смерч.

Эпопея ирвингского смерча, его длительный путь со сплошными разрушениями и десятками погибших — явления поразительные, но для большого смерча обычные.

Землетрясения

Общие понятия

Первоначальные объяснения природы землетрясений основывались на существовавших в этот период времени представлениях об устройстве мира. Современная наука пытается выявить истинную их природу, но и сейчас в вопросе о происхождении землетрясений осталось еще много неясного.

Землетрясение — это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

Очагом землетрясений называют некоторый объем внутриземного пространства, где рождаются сейсмические волны.

Сейсмические волны – это упругие колебания частиц вещества Земли, излучающиеся из очага землетрясения или места взрыва.

Сейсмические волны по направлению распространения к поверхности Земли разделяются на:

- объемные и
- поверхностные.

Объемные волны распространяются во все стороны от очага через объем, заполненный подземными породами.

Поверхностные волны распространяются в приповерхностных слоях земной оболочки, они порождаются объемными волнами.

По направлению упругих колебаний частиц вещества по отношению к направлению распространения волны объемные волны могут быть:

- продольные и
- поперечные.

Скорость и интенсивность распространения сейсмических волн зависят от физических свойств и химического состава пород, в которых происходит их распространение. Так, их скорость увеличивается с увеличением плотности вещества.

Продольные волны распространяются в твердых и жидких телах, поперечные – только в твердых.

Продольные волны имеют большую скорость распространения. Скорость поперечных объемных волн примерно вдвое меньше скорости продольных объемных. Поверхностные волны распространяются еще медленнее.

Таким образом, на земную поверхность действуют как объемные так и поверхностные волны.

При землетрясениях особенно опасны поперечные сейсмические волны (как объемные, так и поверхностные) — именно они раскачивают вверх-вниз, а также из стороны в сторону все, что находится на поверхности. Поперечные сейсмические волны производят значительно больше разрушений, чем продольные.

В пределах очага происходит разрыв подземных пород и смещение их по этому разрыву. Разрыв начинается в какой-то точке — там, где механическое напряжение велико, а сопротивление пород разрыву относительно мало. От этой точки и развивается процесс смещения пород.

Очаги землетрясений располагаются на глубинах до 700 км, но большая часть (3/4) сейсмической энергии выделяется в очагах, находящихся на глубине до 70 км. Размер очага катастрофических землетрясений может достигать 100x1000 км.

Его положение и гипоцентр определяют путем регистрации сейсмических волн, возникающих при землетрясениях.

Гипоцентр — точка начала перемещения масс.

У слабых землетрясений очаг и гипоцентр совпадают.

Проекция гипоцентра на земную поверхность называется эпицентром.

Вокруг эпицентра располагается область наибольших разрушений, которая носит название эпицентральной или плейстосейстовой области.

Плейстосейстой называется линия на географической карте, соединяющая точки наибольшей силы землетрясения.

Существует три типа землетрясений:

- тектонические,
- вулканические и
- обвальные.

Основную группу землетрясений составляют тектонические землетрясения. Их очаги могут находиться на разных глубинах; они возникают как на суше, так и под дном океанов. Они связаны с процессами горообразования и движениями в разломах литосферных плит.

Верхнюю часть земной коры составляют около десятка огромных блоков — тектонических плит, перемещающихся под воздействием конвекционных течений в верхней мантии. Одни плиты двигаются навстречу друг другу (например, в районе Красного моря). Другие плиты расходятся в стороны, третьи скользят друг относительно друга в противоположных направлениях. Это явление наблюдается в зоне разлома Сан-Андреас в Калифорнии.

Плиты литосферы медленно движутся, напирают друг на друга своими краями; края одних плит уходят под края других. В результате на границе плит возникают механические напряжения; они и приводят к тектоническим землетрясениям.

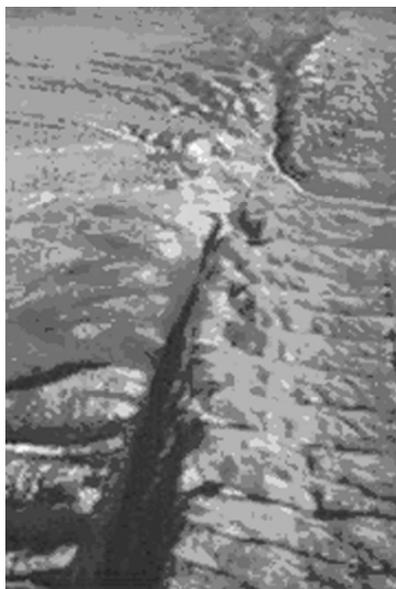
Горные породы обладают определенной эластичностью, а в местах тектонических разломов — границ плит, где действуют силы сжатия или растяжения, постепенно могут накапливать тектонические напряжения. Напряжения растут до тех пор, пока не превысят предела прочности самих пород. Тогда пласты горных пород разрушаются и резко смещаются, излучая сейсмические волны.

Такое резкое смещение пород называется подвижкой.

Вертикальные подвижки приводят к резкому опусканию или поднятию пород. Обычно смещение составляет лишь несколько сантиметров, но энергия, выделяемая при движениях горных масс весом в миллиарды тонн, даже на малое расстояние, огромна.

На земной поверхности образуются тектонические трещины. По их бокам происходят смещения относительно друг друга обширных участков земной поверхности, перенося вместе с собой и находящиеся на них поля, сооружения и многое другое. Эти перемещения можно увидеть невооруженным глазом, и тогда связь землетрясения с тектоническим разрывом в недрах земли очевидна.

В очаге землетрясений происходят следующие процессы. Образуется разлом горных пород.



Разлом

Разлом может возникать под действием различных механических усилий — растяжения, сжатия, сдвига. Соответственно различают три основных типа геологических разломов.

Растягивающие усилия могут привести к тому, что некоторый объем породы соскользнет вниз — возникнет разлом, называемый нормальным сбросом.

При сжатии часть породы может быть выдавлена вверх, такой разлом называют обращенным сбросом.

Возможно, также, перемещение одного объема относительно другого при наличии сдвигающих усилий. В этом случае говорят о поперечном сбросе.



Смещение по разлому

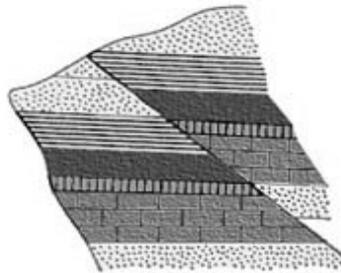
По мере нарастания деформации в породах постепенно накапливается энергия. Рано или поздно напряжение в деформированных породах становится значительным. Слабые породы не выдерживают напряжений, и происходит разрыв и сдвиг пород вдоль линии ослабления. При этом накопившаяся в деформированных породах энергия немедленно высвобождается, превращаясь в энергию сейсмических волн.

В результате происходящих процессов возникает тектонический разрыв (тектонический разлом) — нарушение сплошности горных пород в результате движений земной коры, принимающий формы сброса, сдвига, взброса, надвига.

Сброс — смещение блоков горных пород друг относительно друга по вертикальной или наклонной поверхности тектонического разрыва.

Сдвиг — смещение одних блоков горных пород относительно других в горизонтальном направлении по разлому.

Взброс— крутопадающий разлом, по которому породы всякого крыла смещены вверх относительно пород лежащего крыла.



Взброс

Надвиг — форма разрывного нарушения в залегании горных пород, при котором одни массы горных пород надвинуты на другие по наклонной поверхности разлома.

Более частыми и более опасными являются вулканические землетрясения. Они начинаются на километровых глубинах и сопутствуют переходу магмы из твердого состояния в жидкое.



Схема образования вулканического землетрясения

Обвальные землетрясения наблюдаются, в частности, на юго-западе территории Германии и других местностях, богатых известковыми породами. В этих местностях люди иногда ощущают слабые колебания почвы.

Обвальные землетрясения происходят из-за того, что под землей существуют пещеры. Из-за вымывания известковых пород подземными водами образуются карсты. Более тяжелые породы давят на образующиеся пустоты и они иногда обрушаются, вызывая землетрясения.

В некоторых случаях, за первым ударом следует другой или несколько ударов с промежутком в несколько дней. Это объясняется тем, что первое сотрясение провоцирует обвал горной породы в других ослабленных местах.

Подобные землетрясения называют еще денудационными.

Сейсмические колебания могут возникать при обвалах на склонах гор, провалах и просадках грунтов. Хотя они носят локальный характер, но могут привести и к большим неприятностям. Сами по себе обвалы, сходы лавин, обрушение кровли пустот в недрах могут подготавливаться и возникать под воздействием различных, достаточно естественных факторов. Обычно это следствие недостаточного отвода воды, вызывающее размывание оснований различных построек, или проведение земляных работ с использованием вибраций, взрывов, в результате которых образуются пустоты, изменяется плотность окружающих пород и другое. Даже в Москве, колебания от подобных явлений могут ощущаться жителями сильнее, чем сильное землетрясение где-нибудь в Румынии. Эти явления послужили причиной обрушения стены здания, а затем и стенок котлована у дома № 16 в Москве по Большой Дмитровке весной 1998 года, а немного позднее вызвали разрушение дома на Мясницкой улице. Чем больше масса обвалившейся породы и высота обвала, тем больше кинетическая энергия явления, и тем сильнее ощущается его сейсмический эффект.

Сотрясения земли могут быть вызваны обвалами и большими оползнями, не связанными с тектоническими землетрясениями. Обрушение в силу потери устойчивости горных склонов громадных масс породы, сход снежных лавин также сопровождаются сейсмическими колебаниями, которые обычно далеко не распространяются.



Обвал в горах

В 1974 году со склона хребта Викунаек в Перуанских Андах в долину реки Мантаро с высоты почти два километра обрушилось вниз почти полтора миллиарда кубометров горных пород, похоронив под собою 400

человек. Оползень с невероятной силой ударил по дну и противоположному склону долины, сейсмические волны от этого удара были зарегистрированы на удалении почти в три тысячи километров. Сейсмическая энергия удара составила эквивалент землетрясения с магнитудой более пяти по шкале Рихтера.

На территории России подобные землетрясения неоднократно происходили в Архангельске, Вельске, Шенкурске и других местах.

На Украине в 1915 году жители Харькова ощутили сотрясения почвы от обвального землетрясения произошедшего в Волчанском районе.

Вибрации — сейсмические колебания, всегда происходят вокруг нас, они сопровождают разработку месторождений полезных ископаемых, движение автотранспорта и поездов. Эти незаметные, но постоянно существующие микроколебания могут привести к разрушениям. Каждый не раз замечал, как неизвестно от чего осыпается штукатурка, или падают, вроде бы устойчиво, закрепленные предметы. Вибрации, вызываемые движением подземных поездов метро, также не улучшают сейсмический фон территорий, но это больше относится к техногенным сейсмическим явлениям.

Классификация землетрясений

Тип землетрясения	Процент от общего числа	Диапазон магнитуд
Тектонические	Около 95%	До 9
Вулканические	До 5%	До 8
Обвальные (денудационные)	Менее 1%	Не более 5
Техногенные (антропогенные)	Менее 0.1%	Известны до 5

Мегалоземлетрясения — это достаточно редкие, почти планетарного масштаба события — фавориты в череде тектонических землетрясений. По шкале Рихтера их магнитуда более 8,5. Сегодня, для их классификации используется специальная энергетическая шкала японского ученого Канамо-ри. Их энергии оказывается достаточной, что бы так «раскачать» земной шар, что чувствительной сейсмометрической аппаратурой и наклономерами начинают регистрироваться собственные колебания Земли, длящиеся десятки дней. Этих землетрясений происходит немного, но ими в масштабе сотен лет контролируется сейсмическая машина планеты.

В прошлом столетии сильнейшие Чилийское 1960 года и Аляскинское 1964 года и другие землетрясения сотрясли нашу планету. Их эпицент-

тры находились на морском дне, где сила — интенсивность их воздействия достигала 12 баллов.

Зачастую, так происходило в глубокой древности и на суше — многие известные горные озера и русла рек образовались вследствие подобных землетрясений. В Азербайджане озеро Гек-Голь появилось после сильного землетрясения на Кавказе много лет назад.

Во время крупнейшего на Земле оползня-обвала образовалось озеро Сеймерре в Иране. В обширном регионе, при Чилийском землетрясении, многочисленные обвалы и оползни привели в движение массу горной породы объемом в сотни миллионов кубических метров. Только в районе озера Риниту пять миллионов кубометров горной породы переместилось почти на километр по долине реки Сан-Педро. В зоне наибольших сотрясений продолжительность сейсмических колебаний составила до 200 секунд. В Андийских Кордильерах образовался громадный «вибрационный стол», на котором массы пород приобретали необычную подвижность и обрушивались вниз.

Разрушительно-катастрофическими землетрясениями независимо от их природы издавна называют те, при которых рушатся города и погибают люди. Колебания от них могут ощущаться за тысячи километров от их эпицентров. Разрушительные землетрясения происходят не часто, однако по степени ущерба от них они наиболее заметны.

Однако, по статистике землетрясения начиная с магнитуды 6 по шкале Рихтера, при глубине положения очага в 5–15 километров может оказаться катастрофическим по последствиям, если оно возникло вблизи от города или ответственного сооружения. Поэтому не надо путать магнитуду землетрясения и его эффект, впоследствии измеряемый по количеству разрушений и жертв. В целом прослеживается общая закономерность — чем сильнее землетрясение, тем больше человеческие жертвы и ущерб.

Однако это далеко не всегда так, здесь вступают в силу уже случайные факторы — плотность населения и степень освоения территории и даже сезон года, погодные условия в зоне максимальных сотрясений.

К вторичным, а иногда основным поражающим факторам относятся лавины, обвалы, цунами, сели. Возможны большие человеческие жертвы, когда оползень ударяет в чашу водохранилища — вода перехлестывает через плотину в долину реки, где, как правило, много поселков. Ярким тому примером является разрушение города Лонгарон и гибель трех тысяч его жителей, проживавших ниже створа арочной плотины Вайонт в Италии.

Почти ежедневно, где-то в мире происходят слабые землетрясения, при которых здания дают трещины, но не разрушаются, звенит и разбивается посуда и тому подобное. Они вызывают местный интерес, не занима-

ют главного места в сводках мировых новостей и быстро забываются. Их энергии не достаточно для возбуждения опасных сейсмических колебаний на земной поверхности, хотя они способны вызвать обвалы, оползни и сели. Особенную опасность слабые толчки представляют в горах, где могут оказаться неустойчивые горные склоны. Тогда, даже при незначительном сейсмическом колебании, произойдет их обрушение. Могут возникнуть каменные и ледовые лавины и начаться оползень. Если на их пути окажется населенный пункт или сооружение, то последствия могут оказаться непредсказуемыми. Так было в 1956 году в каньоне реки Ниагара — слабое землетрясение вызвало растрескивание массива горных пород в районе электростанции Шулкопф. Это привело к резкому усилению притока грунтовых вод начавших заливать станцию и вниз обрушилось около 50 тысяч тонн ослабленных скальных пород. В результате станция была разрушена, и убыток составил около 100 миллионов долларов.

Относительно небольшое землетрясение 1983 года произошло в Западном Туркменистане с магнитудой в 5,7, но на глубине всего в пять километров оно вызвало разрывы земной поверхности на протяжении 27 километров. Основной разрыв пересек территорию поселка Кум-Даг на западе Туркменистана и разорвал фундаменты, цоколь и стены домов, попавших на трассу трещины. Интенсивность проявления землетрясения была такова, что в зоне разрывов металлические трубы газовых и водопроводных коммуникаций изогнулись, а местами разорвались, большая часть зданий поселка была опасно повреждена.

Слабые землетрясения опасны тем, что могут возникнуть на территориях, казалось бы спокойных в сейсмическом отношении, и на очень небольшой глубине. В отличие от сильных, их не ждут с той же напряженностью. Если по сильным землетрясениям чаще всего удается обнаружить признаки их возникновения при геологическом изучении местности или по историческим источникам, то по более слабым такой информации практически никогда не бывает.

Урбанизация территорий, расширение площади крупных городов приближает людей к зонам, ранее считавшимся неблагоприятными для застройки. Чаще всего по этим территориям не сохраняется никаких сведений о слабых землетрясениях. Подобное землетрясение, хотя и будет носить локальный вид, может сказаться губительно на новых постройках.

К примеру, город Ашхабад в Туркменистане расположен вблизи, а сейчас и «вобрал в себя» прилегающие складчатые сейсмоактивные области предгорий Копетдага. Возникновение такого же землетрясения как в 1948 году здесь вероятно, но видимо случится не в ближайшее время. Однако возрастает угроза ущерба от более слабых неглубоких очагов, по ним

в исторически обозримое время практически нет никаких сведений, исключая факт слабого землетрясения 1968 года.

Есть поводы для беспокойства и для объектов ядерной энергетики. Построенные в периоды, когда представления о сейсмической активности территорий были только на ранней стадии. Сегодня их сооружения могут оказаться в зонах подверженных «скрытым» слабым землетрясениям. По сообщению газеты Нью-Йорк Таймс комиссия по ядерному регулированию, следящая за работой гражданских реакторов и заводов Департамента Энергетики США, имеет немало оснований для тревоги по поводу безопасности заводов.

«Скрытые землетрясения» происходили в Южной Калифорнии вблизи от могильников токсичных отходов промышленности.

Иногда плохо учитывается и тот факт, что плохие грунтовые условия под зданием или сооружением могут значительно, на 1–2 балла увеличить сейсмическое воздействие слабого землетрясения.

Микроземлетрясения регистрируются только в пределах локальных территорий высокочувствительными приборами. Их энергии недостаточно, чтобы возбудить интенсивные сейсмические волны способные распространяться на большие расстояния. Они происходят почти непрерывно, вызывая интерес только у ученых. Но интерес этот весьма велик. Считается, что микроземлетрясения не только свидетельствуют о сейсмической опасности территорий, но служат и важным предвестником момента возникновения более сильного землетрясения. Их изучение, особенно в местах, где нет достаточных сведений о сейсмической активности в прошлом, дает возможность, не дожидаясь десятки лет сильного землетрясения, рассчитать потенциальную опасность территорий.

На исследовании микроземлетрясений построены многие методы оценки сейсмических свойств грунтов при застройке территорий.

В Японии, где существует плотная сейсмическая сеть станций Японского гидрометеорологического агентства и университетов регистрируется огромное количество слабых землетрясений.

Было замечено, что эпицентры слабых землетрясений закономерно совпадают с местами, где происходили и происходят сильные землетрясения. С 1963 года по 1972 год, только в зоне разлома Неодани — месте, где возникали сильные землетрясения, было зарегистрировано более чем 20 тысяч микроземлетрясений.

Разлом Сан-Андреас (США, Калифорния) благодаря исследованиям микроземлетрясений был впервые назван «живущим». Здесь по линии длиной почти 100 километров, расположенной южнее Сан-Франциско регистрируется огромное количество микроземлетрясений. Несмотря на относи-

тельно слабую сейсмическую активность этой зоны в настоящее время, раньше здесь происходили сильные землетрясения.

Эти результаты показывают, что при наличии современной системы регистрации микроземлетрясений можно обнаружить скрытую сейсмическую угрозу — «живой» тектонический разлом, с которым может быть связано будущее сильное землетрясение.

Еще более слабые толчки и трески — сейсмический шум и микросейсмы практически непрерывны.

Сейсмический шум порождается целым комплексом явлений — от более сильных землетрясений до атмосферных явлений на поверхности земли и относится к микросейсмическим явлениям. На сейсмограммах чувствительных датчиков постоянно присутствуют слабые колебания, создавая впечатление, что Земля дышит.

Почти сто лет назад известным сейсмологом Вихертом было предположено что микросейсмические колебания, регистрируемые на сейсмических станциях, вызываются ударами морских волн о берега. Затем представления о природе генерации микросейсмических колебаний значительно расширилось — они возбуждаются стоячими морскими волнами в морях и океанах, при прохождении циклонов. Детальное изучение микросейсмических колебаний в 1913 году провел академик Голицын на сейсмических станциях России — Пулково, Иркутске, Ташкенте, Тифлисе и Баку на Апшеронском полуострове. Тогда им было высказано предположение, что помимо причин связанных с метеорологической обстановкой, микросейсмы могут быть связаны и с особенностями строения земной поверхности.

Сейсмические шумы порождаются городами, транспортом — всем тем, что так или иначе связано с деятельностью человека. Если посмотреть на записи подобных колебаний, то в них отчетливо заметны «антропогенные циклы» — начало и конец рабочего дня, воскресные дни и даже — перерывы на обеденное время.

Шумы большого города связаны с одновременным действием большого количества источников и именно поэтому современные сейсмические станции для регистрации землетрясений стараются выносить за пределы городских территорий, размещая в удаленных, горных местностях.

В зависимости от природы возникновения сейсмический шум может оказаться полезен для задач прогноза сильных землетрясений. Появились и используются эффективные методы по данным регистрации микросейсм для определения частотного спектра грунтов или собственных колебаний уже построенного сооружения. Подобные эксперименты проводились, в

частности, для оценки сейсмической опасности территории города Ашхабада в Туркменистане.

Сейсмический шум от самых различных источников «несет» в себе характеристики места где он регистрируется — сведения о характерных частотах колебаний грунтов, их, как называют ученые, динамических свойствах — способности усиливать амплитуды колебаний, или, наоборот, уменьшать и многое другое.

Наблюдая микросейсмы можно заблаговременно оценить свойства грунтов, на которых предполагается проведение строительных работ. Однако, регистрация шумов может оказаться полезной и для оценки сейсмической устойчивости уже построенных зданий — они отражают характерные периоды сотрясений всего комплекса, то есть грунтов, фундамента и самого здания. Зная диапазон периодов наиболее опасных колебаний от землетрясений, и сравнивая его с выявленными собственными микроколебаниями сооружения, можно заблаговременно принять меры к увеличению сейсмической сопротивляемости здания

Интенсивность землетрясений

Интенсивность землетрясений оценивается в сейсмических баллах (Сейсмическая шкала), для энергетической классификации землетрясений пользуются магнитудой (шкала Рихтера).

Магнитуда землетрясения (от лат. *magnitudo* — величина) — условная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызванных землетрясениями или взрывами.

Она пропорциональна логарифму энергии землетрясений и позволяет сравнивать источники колебаний по их энергии.

Интенсивность проявления землетрясений на поверхности измеряется в баллах и зависит от глубины очага и магнитуды землетрясения, служащей мерой его энергии. Максимальное известное значение магнитуды приближается к 9.

Магнитуда связана с полной энергией землетрясения, но эта зависимость не прямая, а логарифмическая, с увеличением магнитуды на единицу энергия возрастает в 100 раз, то есть при толчке с магнитудой 6 высвобождается в 100 раз больше энергии, чем при магнитуде 5, и в 10 000 больше, чем при магнитуде 4.

Часто ошибочно отождествляется шкала магнитуд (шкала Рихтера) и сейсмическая шкала интенсивности, измеряемая в сейсмических баллах.

Шкала Рихтера, классифицирующая землетрясения по магнитудам, была предложена в 1935 американским сейсмологом Ч. Рихтером и теоретически обоснована совместно с Б. Гутенбергом в 1941–45 годах.

Магнитуда — величина, характеризующая не поверхностные проявления, а сам очаг землетрясения и его энергию.

У любого землетрясения магнитуда одна, как бы и где бы ее ни измеряли, а балльность бывает максимальной в эпицентре и спадает к периферии зоны землетрясения.

Прямой зависимости между магнитудой и балльностью нет. Считается, что магнитуде 6 соответствует землетрясение силой около 9 баллов по 12-балльной шкале. Магнитуда 8,5–8,9 — это самые сильные из зарегистрированных землетрясений.

Для очень слабых землетрясений в качестве критерия интенсивности применяется «энергетический класс» (N_k). Землетрясения, при которых N_k менее 10, фиксируются только приборами.

Интенсивность землетрясения тем больше, чем ближе его очаг расположен к поверхности. Так, например, если очаг землетрясения с магнитудой, равной 8, находится на глубине 10 км, то на поверхности интенсивность составит 11–12 баллов. При той же магнитуде, но на глубине 40–50 км воздействие на поверхности уменьшается до 9–10 баллов.

Сейсмические движения имеют сложный характер, поэтому их трудно однозначно классифицировать.

Существует большое число сейсмических шкал, которые можно свести к трем основным группам:

- 12-балльная шкала MSK-64,
- 10-балльная шкала Росси-Фореля,
- 7-балльная шкала.

12-балльная шкала MSK-64 (Медведева-Шпонхойера-Карника), входящая к шкале Меркали-Канкани (1902) наиболее широко используется в мире. Она применяется и в России.

10-балльная шкала принята в странах Латинской Америки.

7-балльная шкала — в Японии.

Оценка интенсивности, в основу которой положены бытовые последствия землетрясения, легко различаемые даже неопытным наблюдателем, в сейсмических шкалах разных стран различна. Например, в Австралии одну из степеней сотрясения сравнивают с тем «как лошадь трется о столб веранды», в Европе такой же сейсмический эффект описывается так — «начинают звонить колокола», в Японии фигурирует «опрокинутый каменный фонарик».

Если говорить о величине или энергии землетрясения, то она бывает самой разной — от мегаземлетрясений с магнитудой от восьми и выше, сильных землетрясений - в диапазоне магнитуд 6,5–7,5, слабых землетрясений 1,5–6,5 и микроземлетрясения, для которых существует уже своя энергетическая шкала. Уходя в диапазон энергетических классов и ниже, мы попадаем в область сверхслабых для записи сейсмических явлений - микросейсм и сейсмический шум.

К сейсмическим явлениям относятся и те, которые сопровождают возникновение землетрясений. Они делятся на события, которые происходят перед землетрясением, в момент землетрясения и наблюдаются после него. Изучение землетрясений вобрало в себя почти все разделы естествознания — от поведения животных до теории нелинейных стохастических процессов и информатики. В общем все то, что помогает понять природу землетрясений, обеспечивает возможность распознавания сейсмической катастрофы до момента ее возникновения.

Если вернуться к исходному корню слова землетрясение — «трясение земли», оно может вызываться разными явлениями, имеющими разную физическую природу возникновения колебаний и соответственно источники. А уже их конкретный результат на земной поверхности зависит от многих причин, не всегда связанных с самим источником колебаний.

В наиболее простом и удобном виде ощущения и наблюдения представлены в схематизированной краткой описательной шкале (вариант MSK), которой может пользоваться каждый.

Балл	Проявление на поверхности
1	Не ощущается никем, регистрируется только сейсмическими приборами
2	Ощущается иногда людьми, находящимися в спокойном состоянии
3	Ощущается немногими, более сильно проявляется в помещении на верхних этажах
4	Ощущается многими (особенно в помещении), в ночное время некоторые просыпаются. Возможен звон посуды, дребезжание стекол, хлопки дверей
5	Ощущается почти всеми, многие ночью просыпаются. Качание висячих предметов, трещины в оконных стеклах и штукатурке
6	Ощущается всеми, осыпается штукатурка, легкие разрушения зданий
7	Трещины в штукатурке и откалывание отдельных кусков, тонкие трещины в стенах. Толчки ощущаются в автомобилях
8	Большие трещины в стенах, падение труб, памятников. Трещины на крутых склонах и на сырой почве
9	Обрушение стен, перекрытий кровли в некоторых зданиях, разрывы подземных трубопроводов
10	Обвалы многих зданий, искривление железнодорожных рельсов. Оползни, обвалы, трещины (до 1 м) в грунте
11	Многочисленные широкие трещины в земле, обвалы в горах, обрушение мостов, только немногие каменные здания сохраняют устойчивость
12	Значительные изменения рельефа, отклонение течения рек, предметы подбрасываются в воздух, тотальное разрушение сооружений



Улица города после 8-балльного землетрясения

Действие землетрясений

Известно два главных сейсмических пояса: Тихоокеанский, охватывающий кольцом берега Тихого океана, и Средиземноморский, простирающийся через юг Евразии от Пиренейского полуострова на запад до Малайского архипелага на востоке.

В пределах океанов значительной сейсмической активностью отличаются срединно-океанические хребты.

Территориальное распределение землетрясений неравномерно. Оно определяется перемещением и взаимодействием литосферных плит.

Главный сейсмический пояс, в котором выделяется до 80% всей сейсмической энергии, расположен в Тихом океане в районе глубоководных желобов, где происходит подвигание холодных литосферных плит под континент.

Остальная энергия выделяется в Евразийском складчатом поясе в местах столкновения Евразийской плиты с Индийской и Африканской плитами и в районах срединно-океанических хребтов в условиях растяжения литосферы.

Сильные землетрясения носят катастрофический характер, уступая по числу жертв только тайфунам и значительно (в десятки раз) опережая извержения вулканов. Материальный ущерб одного разрушительного землетрясения может составлять сотни миллионов долларов. Число слабых землетрясений гораздо больше, чем сильных. Так, из сотни тысяч землетрясений, ежегодно происходящих на Земле, только единицы катастрофических. Они высвобождают около 1020 Дж потенциальной сейсмической энергии, что составляет всего 0,01% тепловой энергии Земли, излучаемой в космическое пространство.

Сильные землетрясения могут ощущаться на расстоянии тысячи и более километров. Так в асейсмичной Москве время от времени наблюдаются толчки интенсивностью до 3 баллов, служащие «эхом» катастрофических карпатских землетрясений в горах Вранча в Румынии, эти же землетрясения в близкой к Румынии Молдавии ощущаются как 7–8-балльные.

Продолжительность землетрясений различна, часто число подземных толчков образует рой землетрясений, включающих предшествующие (форшоки) и последующие (афтершоки) толчки. Распределение наиболее сильного толчка (главного землетрясения) внутри роя носит случайный характер. Магнитуда сильнейшего афтершока меньше на 1,2, чем у основного толчка, эти афтершоки сопровождаются своими вторичными сериями последующих толчков. Например, землетрясение, происшедшее на о. Лисса в Средиземном море, длилось три года, общее число толчков за период 1870–73 составило 86 тысяч.

Из огромного числа происходящих ежегодно землетрясений, только одно имеет магнитуду равную или более 8, десять — 7–7,9, сто — 6–6,9.

Всякое землетрясение с магнитудой свыше 7 может стать крупной катастрофой. Однако оно может остаться и незамеченным, если произойдет в пустынном районе. Так, грандиозная природная катастрофа — Гоби-Алтайское землетрясение (1957; магнитуда 8,5, интенсивность 11–12 баллов) — остается почти не изученной, хотя из-за огромной силы, малой глубины очага и отсутствия растительного покрова это землетрясение оставило на поверхности наиболее полную и многообразную картину (возникли 2 озера, мгновенно образовался огромный надвиг в виде каменной волны высотой до 10 м, максимальное смещение по сбросу достигло 300 м и т. п.). Территория шириной 50–100 км и длиной 500 км (как Дания или Голландия) была полностью разрушена. Если бы это землетрясение произошло в густонаселенном районе, число жертв могло измеряться миллионами.

Последствия одного из самых сильных землетрясений (магнитуда могла составлять 9), произошедшего в старейшем районе Европы — Лиссабоне — в 1755 и захватившего территорию свыше 2,5 млн. км², были столь грандиозны (погибло 50 тысяч из 230 тысяч горожан, в гавани выросла скала, прибрежное дно стало сушей, изменилось очертание побережья Португалии) и так поразили европейцев, что Вольтер откликнулся на него «Поэмой о гибели Лиссабона» (1756, русский перевод 1763).

Если землетрясения происходят в море, то они могут вызвать разрушительные волны — цунами, наиболее часто опустошающие побережья Тихого океана, как это произошло в 1933 в Японии и в 1952 на Камчатке.

Общее число жертв землетрясений на планете за последние 500 лет составило около 5 млн. человек, почти половина из них приходится на Китай. Так в 1556 в китайской провинции Шэньси при землетрясении с магнитудой 8,1 погибло 830 тысяч человек, в 1976 в районе Таншан к востоку от Пекина землетрясение с магнитудой 7,8 вызвало гибель 240 тысяч человек по официальным китайским данным (по данным американских сейсмологов до 1 млн. человек). Исключительно тяжелые последствия связаны также с землетрясениями в 1737 в Калькутте (Индия), когда погибло 300 тысяч человек, в 1908 в Мессине (Италия) — 120 тысяч человек, в 1923 в Токио — 143 тысяч человек.

Большие потери при землетрясениях обычно связаны с высокой плотностью населения, примитивными методами строительства, особенно характерными для бедных районов, при этом совсем не обязательно, чтобы землетрясение было сильным (например, в 1960 в результате сейсмическо-

го толчка с магнитудой 5,8 погибло до 15 тысяч человек в Агадире, Марокко).

Естественные явления — оползни, трещины играют меньшую роль.

Катастрофические последствия землетрясения можно предотвратить, улучшив качество построек, так как большая часть людей гибнет под их обломками. Полезно также воспользоваться советом — во время землетрясения не выбегать на улицу, а лучше укрыться в дверном проеме или под крепкой плитой или доской (столом), способными выдержать вес обрушивающегося груза.

Наиболее известные землетрясения

Наиболее известные катастрофические землетрясения: Лиссабонское 1755 года, Калифорнийское 1906 года, Мессинское 1908 года, Ашхабадское 1948 года, Чилийское 1960 года, Армянское 1988 года, Иранское 1990 года.

Из землетрясений 20-го века наиболее известны следующие.

Европа

1908 год, 28 декабря.

Остров Сицилия (Италия).

Магнитуда — 7,5. Разрушен г. Мессина и ряд других населенных пунктов на юге Италии. Волны цунами достигали 14 м высоты. Погибло 100–160 тысяч человек.

1927 год, 11 сентября.

Южный берег Крыма, к югу от Ялты.

Магнитуда — 6,5. До 8 баллов. Повреждены многие постройки от Севастополя до Феодосии.

1953 год, 12 августа.

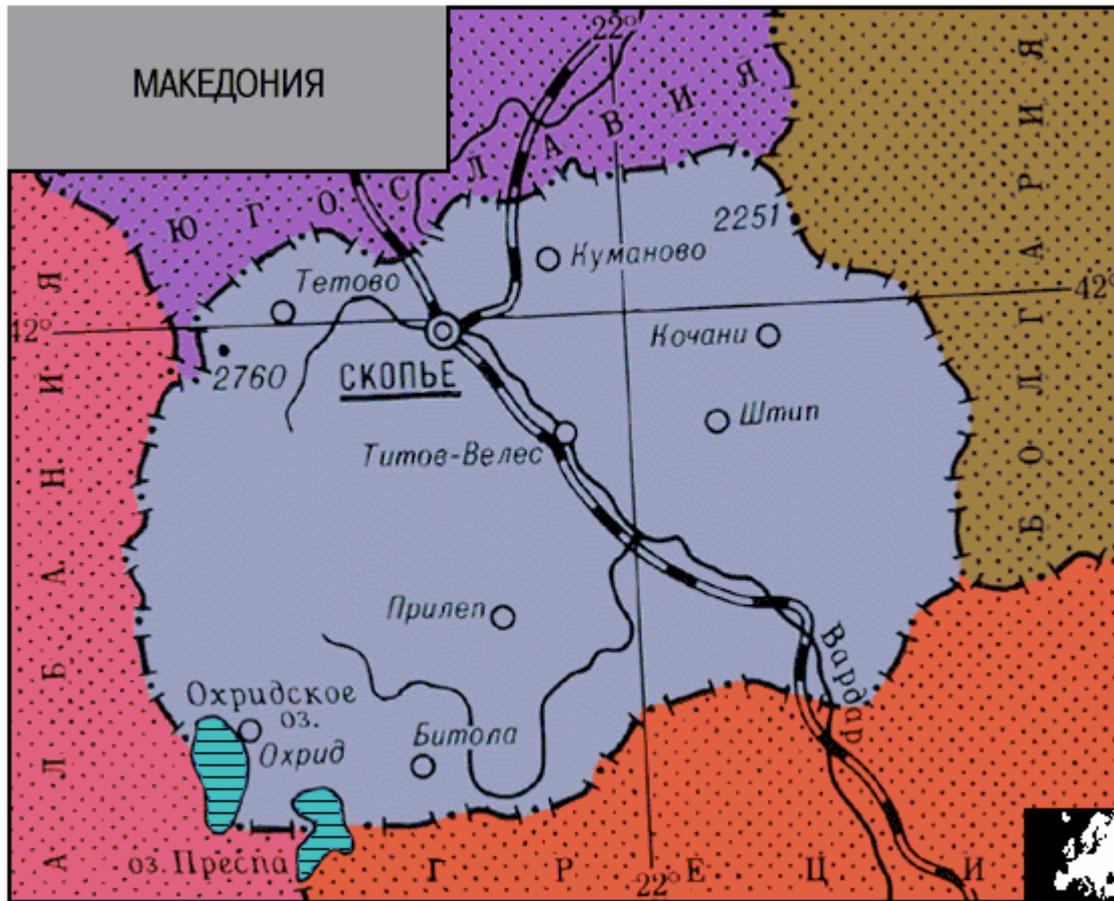
Ионические острова (Греция).

Магнитуда — 7,5. Разрушены населенные пункты острова Кефалиния; часть острова погрузилась под уровень моря.

1963 год, 26 июля.

Город Скопле (Скопье, столица Македонии).

Магнитуда — 6. 9–10 баллов. Почти 80% зданий города разрушено или повреждено. Погибло свыше 2 тысяч человек. Землетрясением были разрушены ранневизантийская крепость, турецкие мечети и другие постройки 15–20 веков.



Скопье

1969 год, 8 февраля.

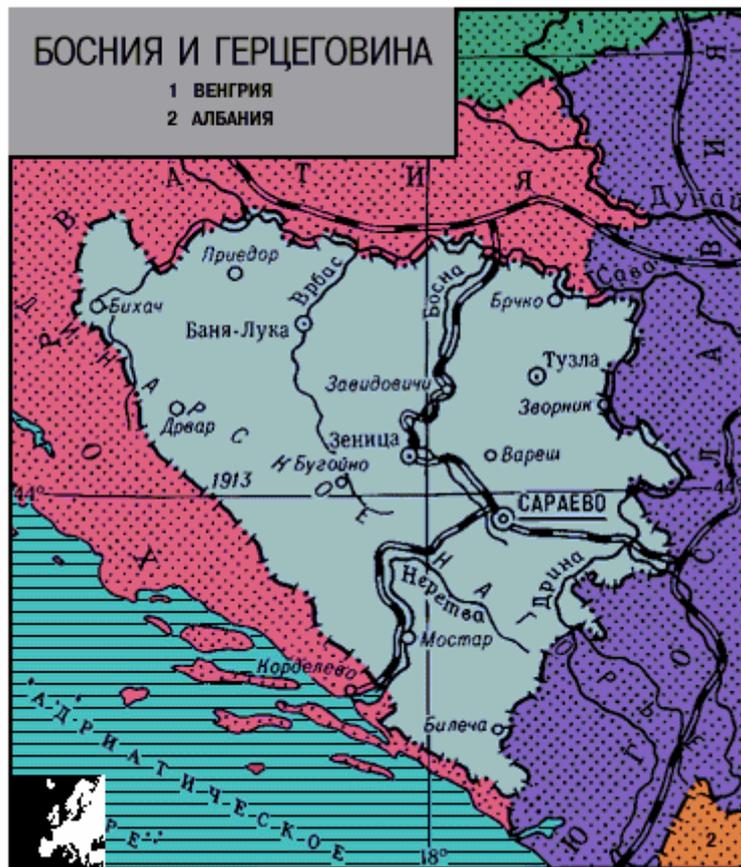
У юго-западных берегов Португалии.

Магнитуда — 8. Пострадали города Лисабон, Касабланка и другие. Поверхность земли покрылась трещинами.

1969 год, 27 октября.

Юго-западная часть Югославии (Босния и Герцеговина).

Магнитуда 6,4. 9 баллов. Катастрофическое землетрясение. Город Баня-Лука превращен в развалины.



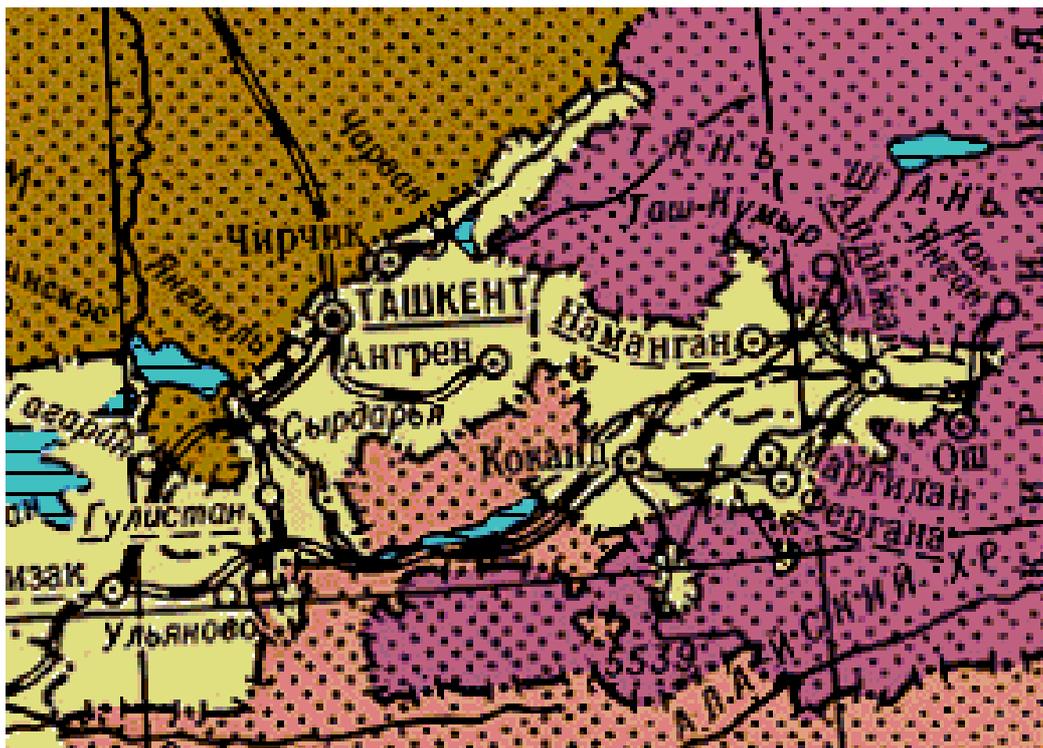
Баня-Лука

Азия

1902 год, 16 декабря.

Ферганская долина, г. Андижан (Узбекистан).

9 баллов. Погибло более 4,5 тысяч человек.



Андижан

1905 год, 4 апреля.
Гималаи. Магнитуда — 8.

1905 год, 23 июля.
Хребет Болнай.
Магнитуда — 8,2. В районе озера Сангийн-Далай-Нур хребта Хан-Хухэй образовалась трещина длиной в 400 км

1907 год, 21 октября
Южный склон Гиссарского хребта.
9 баллов. Разрушен Каратаг и около 150 других населенных пунктов. Погибло 1,5 тысячи человек.

1911 год, 3 января.
Долина р. Кебин, южный склон хребта Заилийский Алатау.
Магнитуда — 8. 9 баллов. Разрушен г. Верный (ныне Алма-Ата); обвалы, запруды на горных реках.

1911 год, 15 июня.

Острова Рюкю (Япония).

Магнитуда — 8,2. Огромные оползни и обвалы. Погибло 100 тысяч человек.

1923 год, 1 сентября.

Остров Хонсю (Япония).

Магнитуда — 8,2. Катастрофическое землетрясение. Опустошены Токио, Йокохама. Погибло около 150 тысяч человек. В бухте Сагами волны цунами достигали 10 м высоты.

1927 год, 7 марта.

Остров Хонсю (Япония).

Магнитуда — 7,8. Катастрофическое землетрясение. Город Минеяма превращен в руины. Погибло около 1 тысячи человек.

1938 год, 1 февраля.

Море Банда (Индонезия).

Магнитуда — 8,2.

1939 год, 26 декабря.

Горы Внутренний Тавр (Турция).

Магнитуда — 8. Катастрофическое землетрясение. Погибло около 30–40 тысяч человек. На побережье Черного моря вода отступила на 50 м, а затем залила его на 20 м дальше обычного.

1941 год, 20 апреля.

Долина р. Сурхоб, поселок Гарм.

Магнитуда — 6,5. 8–9 баллов.

Разрушено более 60 населенных пунктов.

1946 год, 2 ноября. Северная часть Чаткальского хребта.

Магнитуда — 7,5. 9 баллов. Повреждены сотни зданий в Ташкенте и других городах. Деформация земной коры.

1948 год, 5 октября.

Ашхабад.

Магнитуда — 7. 9 баллов. Катастрофическое землетрясение. В течение 20 секунд разрушена значительная часть города.

1949 год, 10 июля.

Гиссаро-Алайская горная система, Хаит (СССР).

Магнитуда — 7,5. Свыше 9 баллов. Пострадало более 150 населенных пунктов.

1952 год, 4 ноября.

Курильские острова к юго-востоку от полуострова Шипунский.

Магнитуда — 8,2. Катастрофическое землетрясение. Цунами высотой до 18 м причинили крупные повреждения на берегах Камчатки и северной части Курильских островов.

1957 год, 27 июня.

Забайкалье, Муйский хребет.

Магнитуда — 7,5. 9–10 баллов. Разрушения в Чите, Бодайбо и других населенных пунктах.

1958 год, 6 ноября.

Курильские острова к юго-востоку от острова Итуруп. Магнитуда — 8,7. 9 баллов. Цунами.

1960 год, 24 апреля.

Лар (Иран).

Магнитуда — 6. Город сильно разрушен. Погибло 3 тысячи человек.

1962 год, 1 сентября.

Среднеиранские горы (Иран).

Магнитуда — 7,8. Разрушительное землетрясение. Полное разрушение населенного пункта Рудак. Погибло 12 тысяч человек.

1966 год, 25 апреля.

Ташкент. Магнитуда — 5,3. 8 баллов. Разрушения в центральной части города. Толчки повторялись в мае-июле 1966 года.

1970 год, 28 марта.

Западная Турция.

Магнитуда — 7. Катастрофическое землетрясение. Ряд населенных пунктов превращён в развалины. Погибло более 1 тысячи человек.

1970 год, 14 мая.

Дагестан. Магнитуда — 6,5. 8 баллов. Большой ущерб нанесен населенным пунктам Буйнакского, Гумбетовского, Казбековского, Кизильюртовского и других районов.

1971 год, 22 мая. Восточная Турция.

Магнитуда — 6,8. Разрушены города Бингёль и Генч. Погибло более 1 тысячи человек.

1971 год, 5 октября.

Японское море.

Магнитуда — 7,3. Одно из самых сильных землетрясений в истории острова Сахалин.

Австралия и Океания

1906 год, 14 октября.

Впадина Бугенвиль.

Магнитуда — 8,1.

1931 год, 2 февраля.

Новая Зеландия (Северный остров).

Магнитуда — 7,8. 9 баллов. Катастрофическое. Разрушения и пожары.

1966 год, 31 декабря.

Острова Санта-Крус (британские). Магнитуда — 8.

Африка

1960 год, 29 февраля. Город Агадир (Марокко). Магнитуда — 6. 11 баллов. Полностью разрушен г. Агадир. Погибло 12–15 тысяч человек.

Северная Америка

1906 год, 18 апреля.

Береговые хребты Кордильер (Калифорния, США).

Магнитуда — 8,2. Разрушена значительная часть г. Сан-Франциско.

1964 год, 28 марта.

Залив Принс-Уильям (США).

Магнитуда — 8,6. 10–11 баллов. Цунами высотой до 9 м достигли побережья Канады, США, Гавайских островов и Японии.

1971 год, 9 февраля. Калифорния (США).

Магнитуда — 6,7. Сильнейшее за последние 40 лет землетрясение в Лос-Анджелесе.

Южная Америка

1906 год, 17 августа.

Береговая Кордильера (Чили).

Магнитуда — 8,4. В г. Вальпараисо сопровождалось поднятием береговой линии; цунами пересекли океан, достигли Японии и Гавайских островов.

1960 год, 22 мая.

Район г. Консепсьон (Чили).

Магнитуда — 8,8. Разрушительное землетрясение. Цунами достигли США, Гавайских и Курильских островов, Австралии и Японии. Погибло около 10 тысяч человек.

1961 год, 19 августа.

Бразилия.

Магнитуда — 8.

1970 год, 10 декабря.

Побережье Перу.

Магнитуда — 7,3. Разрушено около 5 тысяч домов. Свыше 20 тысяч человек осталось без крова.



Город Орас-Перу после землетрясения

Антропогенные землетрясения

Техногенная деятельность человека, принявшая в 20 веке планетарный масштаб, стала причиной наведенной (искусственно вызываемой) сейсмичности, возникающей, например, при ядерных взрывах (испытания на полигоне Невада инициировали тысячи сейсмических толчков), при строительстве водохранилищ, заполнение которых иногда провоцирует сильные землетрясения. Так, например, случилось в Индии, когда сооружение водохранилища Койна вызвало землетрясение, сопровождавшееся разрушениями и жертвами.

За несколько последних десятилетий в мире зарегистрировано около 40 случаев, когда в местах, где были сооружены обширные искусственные водохранилища, заметно усилилась сейсмическая активность.

Проблема оказалась настолько серьезной, что ЮНЕСКО сформировала постоянно действующую рабочую группу для изучения возбужденной сейсмичности.

Впервые детальные наблюдения за землетрясениями такого рода были проведены на водохранилище Мид, образованном плотиной Гувер на реке Колорадо (США). Высота плотины составляет 222 м, объем водохранилища $37,5 \text{ км}^3$. До заполнения водохранилища сейсмическая активность в этом районе не проявлялась. Поблизости даже не было сейсмических станций. После первых ощутимых толчков (это было в 1937 году) там установили сейсмографы. Они зарегистрировали в течение 1937–1947 годов тысячи слабых землетрясений. Глубина большинства из них не превышала 6–8 км. В мае 1938 года, когда в водоеме накопилось 35 млн. м^3 воды, произошёл мощный толчок силой более 8 баллов. Специалисты отметили, что выделение сейсмической энергии совпало с пиками подъема уровня воды в водохранилище.

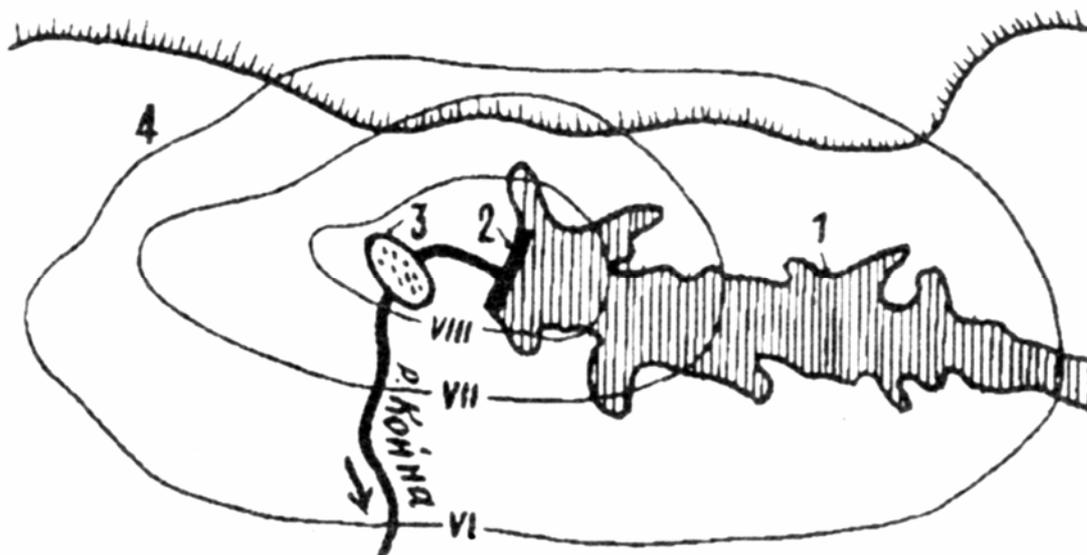
После 1951 года, когда был установлен постоянный уровень воды, здесь фиксируются лишь очень слабые сотрясения земли.

В Африке на реке Замбези в 1959 году создано крупнейшее в мире водохранилище объемом $160,3 \text{ км}^3$. Ранее этот район считался сейсмически не активным. За время заполнения водохранилища зарегистрировали более 2-х тысяч сейсмических толчков. Особенно сильные толчки в окрестностях гидроузла и водохранилища произошли через 35 дней после заполнения

водохранилища. Магнитуда достигла 6, что примерно соответствует 9 баллам по шкале MSK. Число толчков и их интенсивность зависели от колебаний уровня воды в водохранилище как в период его заполнения, так и в течение первых трех лет эксплуатации сооружений.

В Греции на реке Ахелоос возведена земляная плотина Кремаста высотой 163 м, которая создала водохранилище объемом $4,7 \text{ км}^3$. Чаша его расположилась в сейсмически активном районе, близ крупного тектонического сброса. С июля 1965 по январь 1966 года, пока заполнялось водохранилище, были зарегистрированы небольшие толчки. А 5 февраля 1966 года, когда вода поднялась на 120 м, произошло землетрясение силой более 9 баллов, с человеческими жертвами и значительными разрушениями. 480 зданий были полностью разрушены, 21,5 тысячи строений получили повреждения. Довольно сильные подземные толчки (магнитуда их достигала 5) продолжались до конца года. Эпицентры всех землетрясений сдвинулись к водохранилищу.

В Индии, недалеко от Бомбея, на реке Койне плотиной высотой 103 м было образовано водохранилище объемом $2,7 \text{ км}^3$. Район ранее считался мало сейсмоактивным. Когда водохранилище заполнили на одну треть, были зарегистрированы слабые землетрясения, не более 4 баллов. Их эпицентры находились под плотиной и в зоне водохранилища. А 11 декабря 1967 года (к этому времени уровень воды поднялся на 100 м) произошло землетрясение силой более 9 баллов. Оно повлекло за собой большие разрушения и человеческие жертвы. Погибло 180 человек и около 2000 было ранено. Землетрясение захватило огромную область — радиусом примерно 700 км. Эпицентр находился в 3-5 км от плотины, ниже по течению реки. Плотина была опасно повреждена.



Карта района землетрясения Койна

На приведенной схематической карте землетрясения введены следующие обозначения:

1 — водохранилище; 2 — плотина Койна; 3 — эпицентр (сила сотрясения 8–9 баллов); 4 — изосейсты (граница зоны с одинаковой силой сотрясения).

Землетрясения Койна и Кремаста — сильнейшие среди известных сейсмических проявлений, сопутствующих наполнению больших водохранилищ. Анализ материалов наблюдений, накопившихся в 60-е годы, окончательно убедил сейсмологов в том, что проблема серьезная и что связь землетрясений с заполнением водохранилищ нельзя считать лишь случайным совпадением. Хотя одновременно известно много случаев, когда заполнение крупных водоемов в сейсмически активных районах землетрясений не вызывало. Заполнение водохранилищ Пауэлл в США (высота плотины — 130 м), Сьерра-Понсон во Франции (123 м) и многих других не сопровождалось землетрясениями.

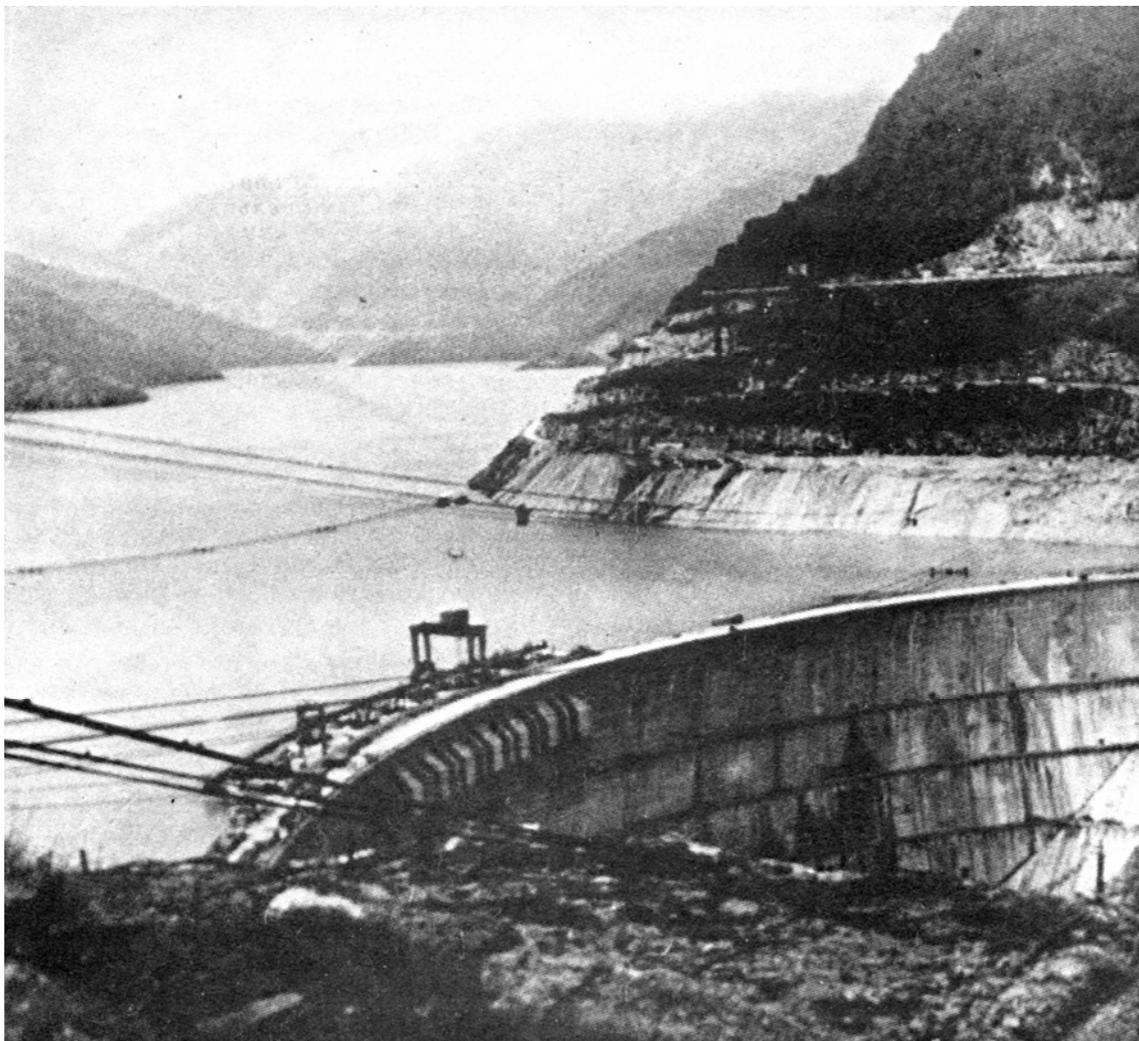
По всей видимости, техногенные землетрясения происходят только при сочетании определенных геологических условий. Например, сильно расчлененный рельеф, взаимосвязь поверхностных вод и глубоких горизонтов подземных вод. И если уже накопились значительные тектонические напряжения.

В нашей стране первые заранее запланированные сейсмические наблюдения проводились в районе крупного искусственного водохранилища на реке Нарын. Там в 60-х годах строилась Токтогульская ГЭС с бетонной плотинной высотой 215 м. Наблюдения начались за 11 лет до начала наполнения водохранилища. Поэтому была изучена естественная сейсмичность всего района (на площади 150x120 км), на участке водохранилища (40x70 км) и в непосредственной близости от плотины (в радиусе до 20 км). В дальнейшем это позволило увидеть, что на фоне общего снижения уровня сейсмической активности района, как только начали заполнять водохранилище, увеличилось в 2,5–4 раза число слабых землетрясений с магнитудой менее 1,1. Эпицентры этих землетрясений сместились к плотине, сосредоточились вдоль русла Нарына и проходящего вблизи него крупного тектонического разлома. Уменьшилась глубина очагов землетрясений.

В конце 1977 года, когда вода поднялась выше 100 м, резко увеличилось число слабых землетрясений непосредственно на участке плотины.

Похожие результаты получены и при наблюдениях за Ингури ГЭС в Грузии. Там построена арочная плотина высотой 270 м. Естественный уровень сейсмичности в районе низкий. Вспышки сейсмической активности начались в апреле–мае 1976 года. Это был первый период наполнения водохранилища. Вероятно, происходила разрядка тектонических напряжений

в земной коре под действием рождающегося водохранилища. И в дальнейшем, как только менялся уровень воды в водохранилище, следовала — с отставанием на 1,5–2 месяца — серия слабых толчков. Их эпицентры тяготели к наиболее глубокой части водохранилища.



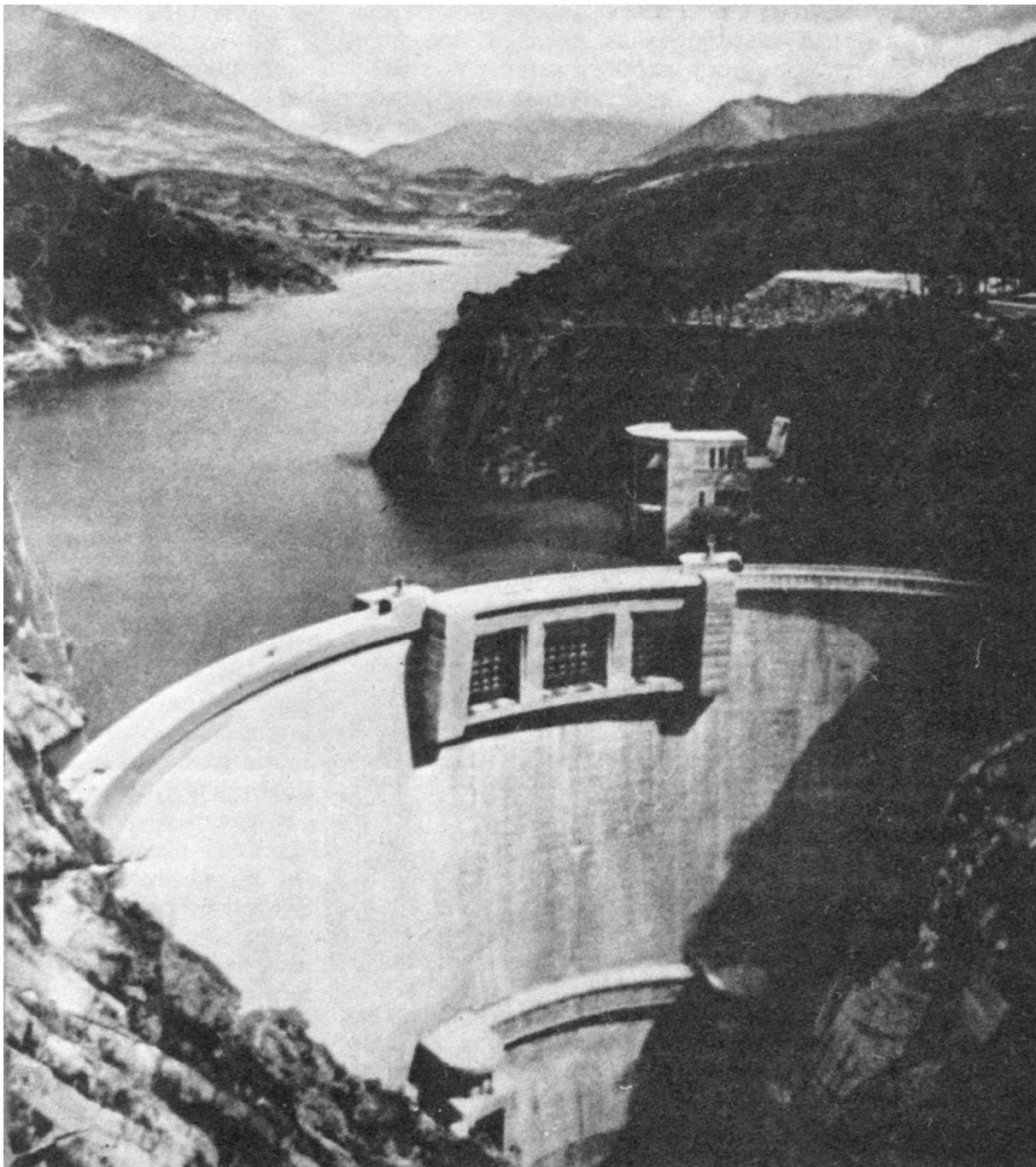
Ингури ГЭС

Специалистов, изучающих наведенные землетрясения, особо интересовал вопрос: не могут ли эти землетрясения быть более интенсивными, чем естественные, характерные для данной местности? Ведь плотины проектируются с учетом местного уровня естественной сейсмичности. Поэтому каменно-земляные плотины, как Нурекская и Чарвакская, или массивные бетонные, как Токтогульская, которые считаются сейсмостойкими, возводят в областях с сейсмичностью до 9 баллов.



Нурекская ГЭС

Большинство исследователей пришло к выводу, что при техногенных землетрясениях происходит лишь разрядка тектонических напряжений, которые здесь были до вмешательства человека. Инженерная деятельность играет только роль «спускового механизма», высвобождающего накопленную энергию. Причем в подавляющем большинстве случаев разрядка происходит небольшими «порциями», что предотвращает сильные землетрясения. Если все это так, то энергия техногенного землетрясения не может быть выше энергии тектонических землетрясений, характерных для данного региона.



Арочная плотина Сан-Пьетро

Чтобы научиться прогнозировать техногенные землетрясения, надо прежде всего понять механизм их образования.

Этим занимались многие специалисты в разных странах. Четкого и однозначного представления об этом процессе пока нет, однако некоторые

важные в практическом отношении выводы сделать уже можно. Например, такие.

Возбужденная сейсмическая активность проявляется не только в горной местности, но и на древних стабильных платформах. Землетрясения чаще возникают вдоль существующих тектонических разломов, причем эпицентры располагаются не далее 10–15 км от водохранилищ. Сейсмическая активность усиливается особенно явно после того, как уровень воды в водохранилище поднят более, чем на 100 м. При этом опасны быстрые перепады уровня воды в водоеме. Толчков бывает тем больше, чем большую площадь занимает водохранилище. Повышенная сейсмическая активность в районе искусственного водохранилища наблюдается обычно в течение нескольких лет, потом — нормализуется.

Общий вывод следующий.

Крупные водохранилища, создаваемые в сейсмически активных районах, в ряде случаев приводят к возникновению «наведенных» землетрясений, и с этой опасностью нельзя не считаться.

Соблюдая определенный режим наполнения и эксплуатации водоемов, можно предотвратить возникновение сильных разрушительных толчков.

Сейсмические особенности района учитывают, разумеется, и при проектировании новых плотин. Плотины, предназначенные для эксплуатации в сейсмически активных районах, обладают рядом конструктивных особенностей.

Для сейсмически активных районов существует несколько наиболее распространенных типов сейсмостойких плотин.

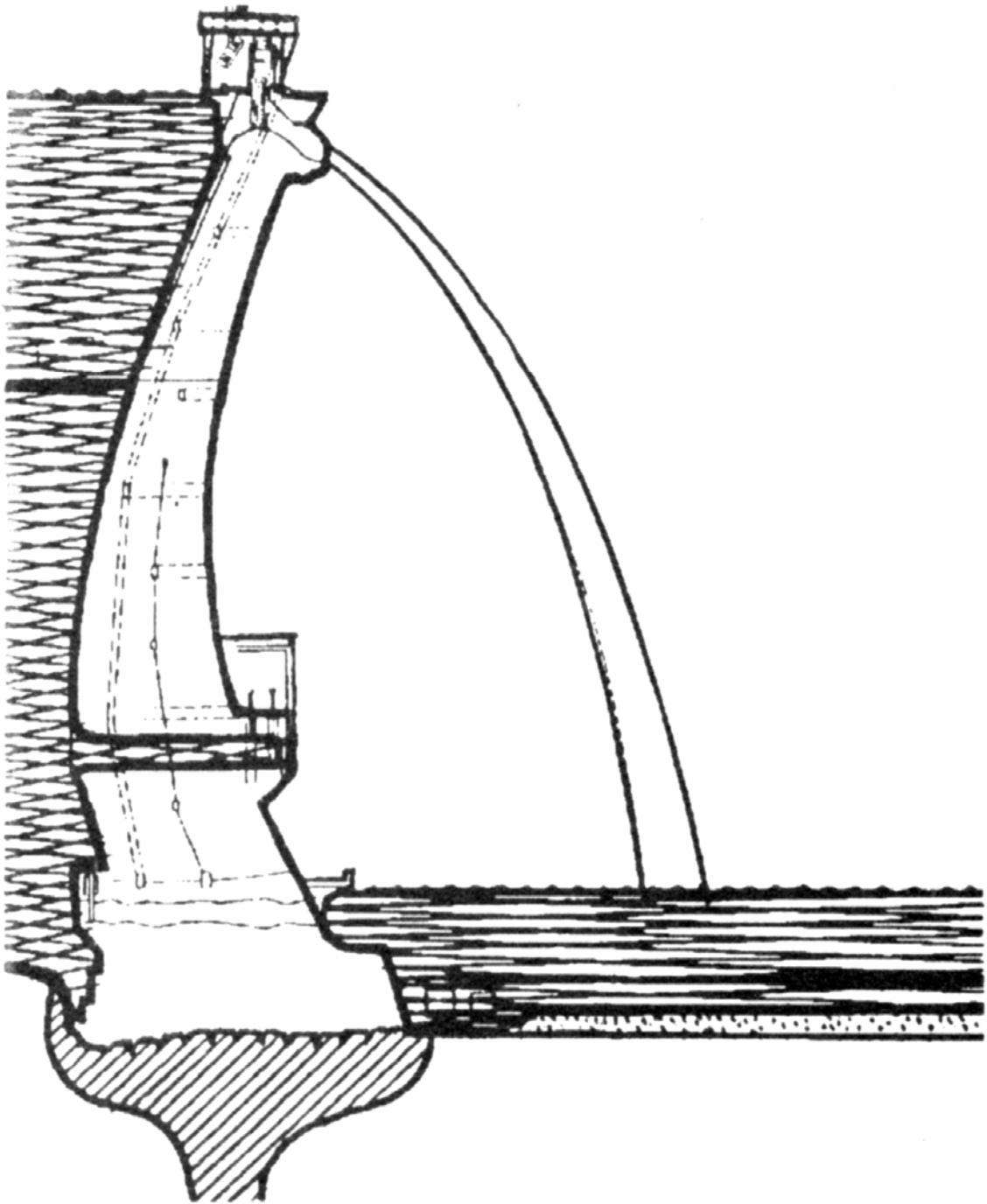
К ним относятся:

- арочная,
- каменно-земляная и
- массивная (гравитационная) бетонная плотины.

Отличительной особенностью арочной плотины является двойная кривизна бетонной оболочки плотины. Это придает ей особую прочность. Конструкция плотины очень экономична, потому что для ее сооружения требуется сравнительно мало бетона, но построить плотину такого типа можно лишь в узком ущелье с очень прочными и устойчивыми бортами.

Арочные плотины сооружают в районах с сейсмичностью до 8 баллов.

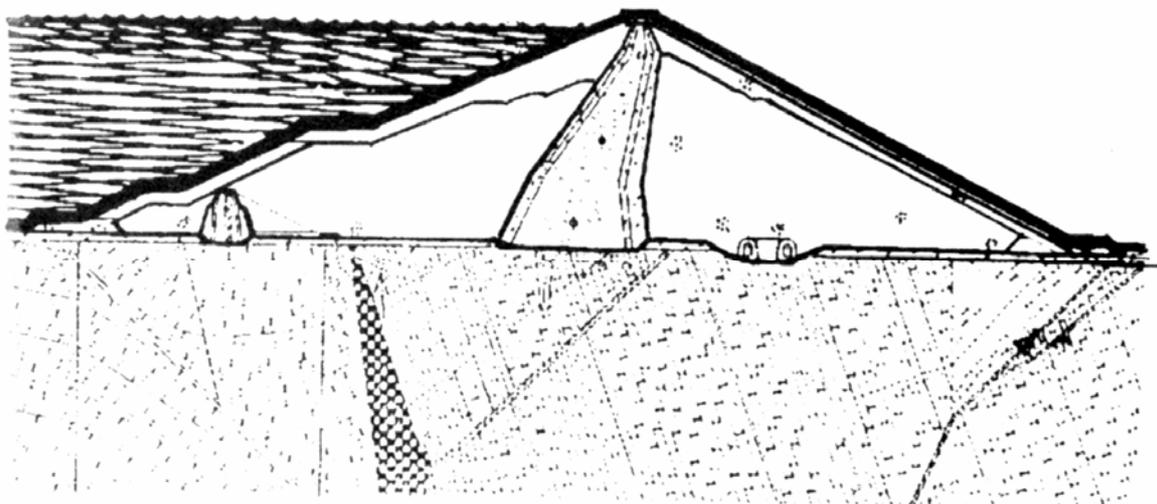
Плотины этого типа построены на реке Ингури в Грузии (высота плотины 270 м), на реке Сулак в Дагестане (высота 200 м) и другие.



Арочная плотина

Каменно земляная плотина считается особенно надежной для районов с высокой сейсмической активностью. Земляная часть плотины это глинистое противofильтрационное ядро, которое с двух сторон защищено огромными призмами из галечника или камня. Сверху они еще пригружены крупногабаритным рваным камнем.

Плотины этого типа построены в сейсмически активных районах: плотина Рогунской ГЭС на реке Вахш в Таджикистане (высота плотины 335 м), Чарвакская на реке Чирчик в Узбекистане (168 м), Нурекская на реке Вахш (300 м) и другие.

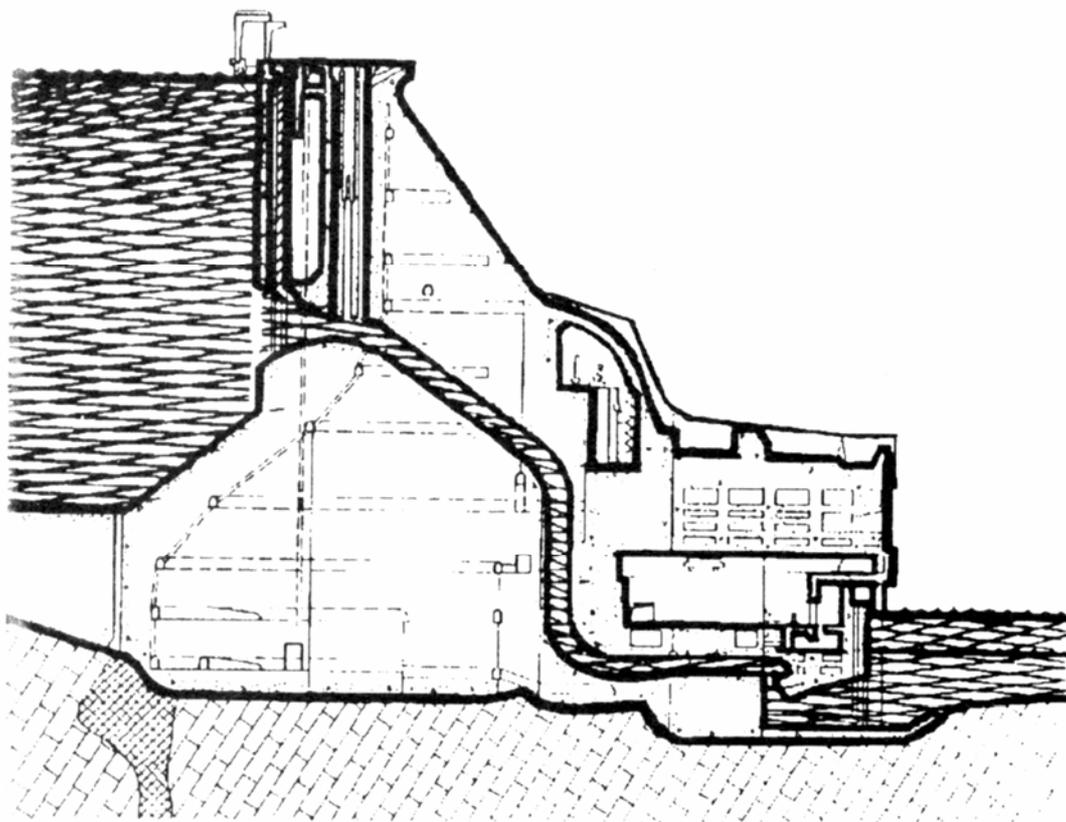


Каменно земляная плотина

Массивная (гравитационная) бетонная плотина обладает очень высокой степенью надежности. Для нее не страшны обвалы, крупные камнепады.

Машинный зал ГЭС встроен в тело плотины, и тем самым надежно укрыт.

По этому принципу построена плотина Токтогульской ГЭС. Она расположена в глубоком ущелье реки Нарын, в районе с сейсмичностью в 9 баллов и реальной опасностью обвалов.



Массивная (гравитационная) бетонная плотина

Изучение землетрясений

Наблюдения за землетрясениями ведутся с древнейших времен.

Детальные исторические описания, надежно свидетельствующие о землетрясениях с середины 1 тысячелетия до н. э., даны японцами.

Большое внимание сейсмичности уделяли и античные ученые.

Уже у древних философов, несмотря на всю неполноту их сведений о строении земного шара, находятся более или менее верные указания на истинные причины землетрясений.

Анаксимандр связывал землетрясения с образованием трещин при высыхании. Философы школы Гераклита и Страбон угадали связь землетрясений с вулканическими извержениями. Павзаний различал уже ударные и волнообразные землетрясения.

Аристотель полагал, что атмосферные вихри внедряются в землю, в которой много пустот и сквозных щелей. Вихри усиливаются огнем и ищут себе выхода, вызывая, таким образом, землетрясения, а иногда извержения вулканов. Эти представления просуществовали много веков, даже несмотря на то, что он не привел никаких аргументов в пользу своих гипотез. Аристотель также ввел представление об особой «сейсмической погоде». Он считал, что когда воздух затягивается в землю перед землетрясением, оставшийся над землей воздух становится спокойнее и разреженней, затрудняя дыхание. Четырьмя веками позже Плиний писал: «Сотрясения земли случаются, лишь когда море спокойно и небо столь недвижно, что птицы не могут парить, потому что нет поддерживающего их дыхания».

Поскольку такие условия бывают при жаркой влажной погоде, такую погоду стали называть «сейсмоопасной погодой», полагая, что она сигнализирует о приближении землетрясений.

В мифологии разных народов наблюдаются сходные черты в представлениях о причинах землетрясений. Это будто бы движение некоего реального или мифического животного, скрытого где-то в глубинах Земли. У древних индусов это слон, на Суматре — огромный вол. Древние японцы вину за землетрясения возлагали на сома, который сотрясал землю. Если бы он не был под надзором доброго бога, то земля сотрясалась бы постоянно. Однако добрый дух время от времени утрачивал бдительность, и злой сом вызывал следующие землетрясение.

Землетрясения часто рассматривали как наказание, ниспосланное разгневанными богами. В греческой мифологии землетрясения вызывает разъяренный Посейдон, владыка морей. Нептун, его аналог в римских мифах, мог не только вселять страх в людей, вызывая землетрясение, но и насыпать на землю потопа, а на берега — огромные волны.

Со временем учение о землетрясениях претерпело много видоизменений, прошло много фаз развития и получило совершенно новое обоснование после развития новых взглядов на процессы горообразования и дислокаций вообще.

Ламанон, Буссенго, Маллет, Зеебах, Лазо, Гернес, Зюсс, Мильн и целый ряд других ученых развили рациональную теорию землетрясений и выявили среди них тип, получивший название тектонических землетрясений.

Выделили три категории землетрясений, классифицированные Гернесом:

1. Провальные, или происходящие от обвалов, как наземных, так и подземных (обваливание пещер),
2. Вулканические, приуроченные к вулканическим областям в обуславливаемые вулканическими извержениями,
3. Тектонические, иначе называвшиеся дислокационными, или структурными.

Было выяснено, что наиболее важна во всех отношениях группа тектонических землетрясений. Связь этих землетрясений с дислокацией впервые детально была выяснена Зюссом на итальянских землетрясениях, а затем изучена целым рядом ученых. Было установлено, что сокращение Земли и связанные с ним дислокационные явления влекут за собою образование трещин, сморщивание земной коры в складчатые горы; перемещение некоторых частей земной коры при этом сопровождается сотрясениями более или менее значительных площадей.

Изучением землетрясений занимается в настоящее время сейсмология.

Сейсмология (от сейсмо... и ...логия) является разделом геофизики, изучает землетрясения и связанные с ними явления, выясняет причины землетрясений, связь с тектоническими процессами и возможность предсказания землетрясений.

Сейсмическое районирование занимается выделением областей, районов, участков на поверхности Земли по степени потенциальной сейсмической опасности. Районирование осуществляется на базе комплексного анализа сейсмологических, геологических, геофизических данных.

Для застраиваемых территорий производится уточнение данных сейсмического районирования и степени сейсмической опасности, являющееся предметом микрорайонирования.

Достижения в области изучения землетрясений послужили также основой для развития методов сейсмической разведки.

Систематические инструментальные наблюдения, начатые во 2-ой половине 19 века, привели к выделению сейсмологии в самостоятельную науку.

Значительный вклад в развитие этой научной дисциплины внесли Б.Б. Голицын, Э. Вихерт, Б. Гутенберг, А. Мохоровичич, Ф. Омори и другие.

Теперь специалисты неплохо представляют, что происходит при землетрясении и как оно проявляется на поверхности Земли. Но поверхностные явления – это результат того, что происходит в недрах. И основное внимание специалистов сейчас сосредоточено на изучении глубинных процессов в недрах Земли, процессов, приводящих к землетрясению, его сопровождающих и за ним следующих.

Теория землетрясений как геофизического процесса только разрабатывается. Хотя в исследованиях такого рода широко используется физическое и математическое моделирование, изучение различных природных явлений, связанных с землетрясениями, в значительной мере основывается на наблюдениях на земной поверхности.

Научная геология, становление которой относится к 18 веку, сделала выводы о том, что сотрясаются главным образом молодые участки земной коры. Во второй половине 19 века уже была выработана общая теория, согласно которой земная кора была подразделена на древние стабильные щиты и молодые, подвижные горные сооружения. Выяснилось, что молодые горные системы – Альпы, Пиренеи, Карпаты, Гималаи, Анды – подвержены сильным землетрясениям, в то время как древние щиты (к ним относится Чешский массив) являются областями, где сильные землетрясения отсутствуют.

Горообразовательные, вулканические и сейсмические процессы географически тяготеют друг к другу. Однако во времени они происходят, как правило, не одновременно и всегда с разной продолжительностью. Кроме того, есть районы с резко выраженной только сейсмической активностью. Например, многие районы Средней Азии отличаются высокой сейсмичностью, но не имеют вулканов. На Камчатке и в Чили вулканы и землетрясения проявляются на одной и той же территории, но редко одновременно.

Многие из сейсмологов, говоря о механизме землетрясений, придерживаются теории упругого высвобождения или упругой отдачи. Они связывают возникновение землетрясений с внезапным высвобождением энергии упругой деформации. В результате длительных движений в районе разлома и накопления в связи с этим напряжений, достигающих предельных для прочности пород величины, происходит разрыв или срез этих пород с внезапным быстрым смещением – упругой отдачей, вследствие чего

и возникают сейсмические волны. Таким образом, очень медленные и длительные тектонические движения при землетрясении переходят в сейсмические движения, отличающиеся большой скоростью, что происходит в результате быстрой «разрядки», накопленной упругой энергии. Это разрядка происходит всего за 10–15 секунд (редко за 40–60 секунд).

При зарождении землетрясения происходит разрушение породы на ограниченном участке, расположенном на определенной глубине от поверхности Земли. В связи с возникшим ослаблением происходит развитие дислокации в очаг или гипоцентральной часть области землетрясения. Разрушение произойдет там, где порода наименее прочна, а это может быть в разломах между блоками. В силу каких-то глубинных процессов отдельные участки коры поднимаются или опускаются. При медленном смещении в земной коре происходят пластические деформации. При более быстрых движениях и при большем их градиенте напряжения, возникающие в коре, не успевая рассасываться, достигают величин, при которых в данных условиях происходит нарушение сплошности — либо по готовому разрыву, либо с образованием нового. С увеличением глубины возрастают всесторонние сжимающие напряжения, и поэтому возникают большие силы трения, препятствующие быстрому разрушению. Возможно, по этой причине глубокофокусные землетрясения отличаются большой энергией и продолжительностью.

В настоящее время наиболее распространены две модели распространения сил, вызывающих разрыв в очаге. Первая основана на предположении действия в очаге пары сил, вызывающих касательные усилия вдоль линии разрыва. Согласно второй модели в зоне очага существуют две взаимно перпендикулярных пары сил.

Кроме землетрясений, вызванных тектоническими движениями в земной коре и в верхних слоях мантии, существуют два других типа землетрясений, происходящих вследствие извержения вулканов и карстовых явлений, которые очень локальны, редки и обладают малой силой.

Землетрясения могут быть вызваны искусственным путем, например при подземном взрыве. Колебания поверхности земли могут быть вызваны и работой промышленного оборудования, движением транспорта и т. д.

При использовании чувствительной аппаратуры можно убедиться, что поверхность земли постоянно колеблется; эти колебания очень малы и по этой причине называются микросейсмическими. Наличие микросейсм позволяет извлечь очень полезную информацию как для сейсмологов, так и для инженеров-строителей.

Таким образом, в широком смысле под термином «землетрясение» можно понимать любые сотрясения поверхности Земли. В более узком

смысле под землетрясением понимается кратковременное сотрясение поверхности Земли, вызванное сейсмическими волнами, возникшими при местном нарушении сплошности с внезапным выделением в недрах коры или верхней мантии (на глубину примерно до 700 км) упругой энергии.

В какой-то момент землетрясения возникает препятствие взаимному смещению блоков вдоль образовавшихся швов – частично восстанавливаются связи разорванного шва, которыми могут служить силы трения (их появление возможно на сжатых участках), зацепления на поверхностях. Не освободившаяся часть энергии вызывает в новых связях напряжения, которые через некоторое время преодолеют их сопротивление, возникает новый разрыв и новый толчок, однако меньшей силы, чем в момент основного землетрясения. Этих повторных толчков – афтершоков – после сильного землетрясения бывает обычно до нескольких сотен и происходят они в течение нескольких месяцев, постепенно ослабевая. Процесс ослабления толчков во времени не равномерен. Отдельные афтершоки по силе могут приближаться к силе основного землетрясения. Иногда землетрясениям предшествуют слабые толчки – форшоки.

В тех случаях когда землетрясения или извержения вулканов происходят под дном океанов, они возбуждают морские волны, которые, достигая берегов суши и встречая их сопротивление поднимаются на высоту до нескольких десятков метров. Такие волны – цунами (по японски «цу» – порт, «нами» – волна) – временами приносят прибрежным районам большие беды.

Различают две группы сейсмических волн – объемные и поверхностные. Слагающие Землю горные породы упруги и поэтому могут деформироваться и испытывать колебания при резком приложении давления (нагрузок). Внутри объема горных пород распространяются объемные волны. Они делятся на два типа: продольные и поперечные. Продольные волны в теле Земли, как и привычные нам звуковые в воздухе, попеременно сжимают и растягивают вещество горных пород в направлении своего движения. Волны другого типа колеблют среду, через которую они проходят, поперек пути своего движения. Именно они-то, выходя на поверхность, раскачивают из стороны в сторону и вверх-вниз все на земле находящееся, приводя к наибольшим разрушениям. Именно потому, что поверхность твердой Земли – это граница с гораздо менее плотной средой, воздушной (ее называют свободной поверхностью), на земной поверхности объемные сейсмические волны могут свободнее «разгуляться», что обычно и происходит. Этому способствует и свойства приповерхностных грунтов.

Очень важны свойства разных групп и типов сейсмических волн, особенно скорость их прохождения через горные породы. Обычно она из-

меряется несколькими километрами в секунду и следовательно, на разных расстояниях от очага (гипоцентра и эпицентра) приход волн и ощущается и регистрируется не одновременно. На этом свойстве основано определение координат эпицентра по записям прихода волн на удаленные сейсмические станции. Не менее важны различия в скоростях отдельных групп и типов волн. Так поверхностные волны распространяются медленнее объемных и, следовательно, приходят в пункты наблюдения позднее. В группе объемных поперечные волны распространяются в среднем в 1,75 раза медленнее продольных. Отсюда понятно, почему оказавшиеся в эпицентральной области сильного землетрясения люди часто попадают во власть волн: их толкает, качает, трясет в разных направлениях с разными ускорениями.

Очевидцы нередко «слышат» землетрясения в буквальном смысле слова. Продольные волны сходны со звуковыми. При определенной частоте колебаний (в диапазоне слышимых волн, то есть более 15 герц) они при выходе на поверхность и становятся звуковыми волнами. Если вспомнить, что продольные волны распространяются быстрее, а поперечные нередко несут главные разрушения, легко понять, почему гул может слышаться перед землетрясением. Тут много зависит и от спектров излучения

Землетрясения классифицируются в зависимости от глубины расположения их очага делятся на следующие три типа:

- нормальные — с глубиной очага 0–70 км;
- промежуточные — 70–300 км;
- глубокофокусные — более 300 км.

Задача прогноза землетрясений, ведущегося на основе наблюдений за предвестниками (предсказание не только места, но, самое главное, времени сейсмического события), далека от своего решения, так как ни один из предвестников нельзя считать надежным.

Известны единичные случаи исключительно удачного своевременного прогноза, например, в 1975 в Китае очень точно было предсказано землетрясение с магнитудой 7,3.

В сейсмоопасных районах важную роль играет возведение сейсмостойких сооружений.

Деление территории по степени потенциальной сейсмической опасности входит в задачу сейсмического районирования. Оно основано на использовании исторических данных (о повторяемости сейсмических событий, их силе) и инструментальных наблюдений за землетрясениями, геолого-географическом картировании и сведениях о движении земной коры. Районирование территории связано и с проблемой страхования от землетрясений.

Впервые инструментальные наблюдения появились в Китае, где в 132 Чан Хен изобрел сейсмоскоп, представлявший собой искусно сделанный сосуд с размещенным внутри маятником. На внешней стороне сосуда по кругу были выгравированы головы драконов, держащих в пасти шарики. При качании маятника от землетрясения один или несколько шариков выпадали в открытые рты лягушек, размещенных у основания сосудов таким образом, чтобы лягушки могли их проглотить.

Современный сейсмограф представляет собой комплект приборов, регистрирующих колебания грунта при землетрясении и преобразующих их в электрический сигнал, записываемый на сейсмограммах в аналоговой и цифровой форме. Однако, по-прежнему, основным чувствительным элементом служит маятник с грузом.

Постоянные наблюдения за землетрясениями осуществляются сейсмической службой. Современная мировая сеть насчитывает свыше 2000 стационарных сейсмических станций, данные которых систематически публикуются в сейсмологических бюллетенях и каталогах.

Кроме стационарных станций используются экспедиционные сейсмографы, в том числе устанавливаемые на дне океанов. Экспедиционные сейсмографы засылались также на Луну (где 5 сейсмографов ежегодно регистрируют до 3000 лунотрясений), а также на Марс и Венеру.

Заинтересованность правительственных учреждений в прогнозе землетрясений исключительно велика – тысячи человеческих жизней могут быть спасены, если предсказания окажутся точными. Целые города могут быть эвакуированы зря, если оно окажется ложным. Из-за многих неопределенностей, связанных с землетрясениями, удачное их предсказание бывает весьма редким. Тем не менее, возможность точного предсказания настолько заманчива, что сегодня сотни ученых, в основном в США, Японии, Китае и России, заняты исследованиями по прогнозу землетрясений.

В качестве возможной основы прогноза принят целый ряд признаков. Наиболее важны и надежны из них следующие:

1. статистические методы,
2. выделение сейсмически активных зон, которые долго не испытывали землетрясения,
3. изучение быстрых смещений земной коры,
4. исследование изменений соотношений скорости продольных и поперечных волн,
5. изменения магнитного поля и электропроводности горных пород,
6. изменения в составе газов, поступающих из глубин,
7. регистрация предваряющих толчков «форшоков»,
8. исследование распределения очагов во времени и пространстве.

Статистические методы просты. Они основаны на анализе сейсмологической истории района: данных о числе, размерах и частоте повторения землетрясений. Предполагая, что сейсмичность района не меняется с течением времени, можно по этим данным оценить вероятность будущих землетрясений. Чем длиннее период времени, за который мы имеем сведения о землетрясениях, тем точнее будет прогноз.

В Калифорнии сведения о землетрясениях собраны примерно за 200 лет, а в Китае имеются данные более чем за 2000 лет.

Статистическое изучение сейсмического режима позволило ввести понятия сейсмического цикла и так называемых зон затишья – зон в сейсмически активных районах, где в течение длительного времени наблюдается слабая сейсмическая активность. Средняя длительность сейсмического цикла равна примерно 140 годам – время между сильнейшими сейсмическими событиями в одном месте. Зоны затишья – места накопления максимальной упругой энергии, где возможно ожидать сильное землетрясение. Это явилось основой долгосрочного сейсмического прогноза.

Если известна частота, с которой землетрясения происходили в прошлом, можно сделать обобщенный статистический вывод о вероятности землетрясения в будущем.

Статистические прогнозы не помогают предсказать конкретное место и конкретное время землетрясения, поэтому они не очень полезны с точки зрения предварительных мероприятий по безопасности. С другой стороны они имеют огромное значение для инженеров, которые должны проектировать сооружения со сроком существования 50–100 лет.

Принцип другого метода – выделение сейсмически активных зон без землетрясений.

В его основе определение в сейсмически активных зонах участков, где долго не было толчков и где, следовательно, долго не происходило разрядки энергии. Именно там можно ожидать катастрофическое землетрясение. Этот метод правилен и проверен, однако для точного прогноза не представляет интереса. Он не позволяет назвать ни день, ни неделю, ни месяц, когда произойдет событие. Но это не означает, что такого рода исследования не имеют значения: это обеспечит в угрожаемых местах своевременную подготовку и должно учитываться во всех нормативах при возведении зданий и промышленных объектов.

О готовящемся землетрясении может свидетельствовать и увеличение скорости движения земной коры. Этот метод исследований используется в России, Японии, Соединенных Штатах Америки. Перед некоторыми землетрясениями земная поверхность быстро поднималась (быстро в гео-

логическом смысле, со скоростью несколько миллиметров в год), затем движения прекращались, и происходило разрушительное землетрясение.

Много внимания уделяют методу исследования соотношения скорости продольных и поперечных волн. Скорость сейсмических волн зависит от напряженного состояния горных пород, через которые волны распространяются, а также от содержания воды и других физических характеристик пород. В той степени, в какой изменения этих физических характеристик являются предвестниками землетрясений, можно рассматривать в качестве предвестников и скорости сейсмических волн. Скорости волн измеряются с помощью небольших взрывов в скважинах; при этом возбуждаются сейсмические волны, которые записываются близлежащими станциями.

Продольные волны распространяются со скоростью приблизительно в 1,75 раза больше, чем поперечные. Перед землетрясением скорость продольных волн уменьшается, и это соотношение выражается как 1,5. Подобное явление отмечается за несколько месяцев до сейсмического события. Непосредственно перед землетрясением указанное соотношение возвращается к первоначальному. Этот метод проверен экспериментально.

Перед отдельными землетрясениями повышается напряженность магнитного поля и электропроводимость пород. Земное магнитное поле может испытывать локальные изменения из-за деформации горных пород и движений земной коры. С целью изменения малых вариаций магнитного поля были разработаны специальные магнитометры. Такие изменения наблюдались перед землетрясениями в большинстве районов, где были установлены магнитометры. Измерения электропроводимости пород проводятся с помощью электродов, помещаемых в почву на расстоянии нескольких километров друг от друга. При этом измеряется электрическое сопротивление толщ земли между ними. Электропроводность обеспечивается главным образом присутствием воды. Следовательно, сопротивление меняется, когда изменяется содержание воды.

Перспективным является метод изучения состава газа в подземных водах. Этот метод был разработан главным образом учеными, ведущими исследования на Камчатке и Средней Азии. Газы, перед землетрясением, оказываются сильно обогащенными радоном. Максимальная концентрация радона перед землетрясениями превышает нормальную в 2,7 раза. Но недавно группа калифорнийских ученых установила, что это газ выделяется в больших количествах, и когда нет никакой сейсмической активности.

Этот метод был распространен и на хлор, содержание которого возрастает в 6 раз. Высказано предположение, что содержание хлора резко возрастает за 3–5 дней до землетрясения.

В настоящее время объектом исследования стало и изменения содержания гелия, ртути, серебра и других элементов.

Некоторым сильным землетрясениям предшествуют более слабые толчки, так называемые форштокки. Установлена последовательность событий, предшествовавших нескольким сильным землетрясениям в Новой Зеландии и Калифорнии.

Во-первых, это тесно сгруппированная серия толчков примерно равной магнитуды, которая называется «предваряющим роем». За ним следует период, названный «предваряющим перерывом», в течение которого нигде в окрестностях сейсмических толчков не наблюдается. Затем следует «главное землетрясение», сила которого зависит от величины роя землетрясений и продолжительности перерыва. Предполагается, что рой вызывается раскрытием трещин.

Возможность прогнозирования землетрясений на основе этих представлений очевидна, однако имеются определенные трудности в выделении предваряющих роев из других сходных по характеру групповых землетрясений, и каких – либо бесспорных успехов в этой области не достигнуто.

Положение и число землетрясений различной магнитуды может служить важным индикатором приближающегося сильного землетрясения. В Японии исследования этого явления признаны заслуживающими доверия, но надежным на 100% этот метод не станет никогда, поскольку многие катастрофические землетрясения происходили без каких-либо предварительных толчков.

Известно, что очаги землетрясений не остаются на одном и том же месте, а перемещаются в пределах сейсмической зоны. Зная направления этого перемещения и его скорость, можно было бы предположить будущее землетрясение. К сожалению, такого рода перемещение очагов не происходит равномерно. В Японии скорость миграции очагов определена величиной 100 км в год. В районе Мацуширо в Японии регистрировалось множество слабых толчков – до 8000 в день. Через несколько лет оказалось, что очаги приближаются к поверхности и смещаются в южном направлении. Было вычислено вероятное местоположение очага следующего землетрясения, и непосредственно к нему была пробурена скважина. Толчки прекратились.

Наблюдение за необычным поведением животных перед землетрясением признано очень важным, хотя отдельные специалисты утверждают, что речь идет о случайности. В ответе на вопрос, что же, воспринимают животные ученые не пришли к согласию. Представляются разные возможности: возможно, с помощью органов слуха животные слышат подземные

шумы или улавливают ультразвуковые сигналы перед толчками, либо организм животных реагирует на незначительные изменения барометрического давления или на слабые изменения магнитного поля. Возможно, животные воспринимают слабые продольные волны, в то время как человек ощущает только поперечные.

Уровень грунтовых вод перед землетрясениями часто повышается или понижается, по-видимому, из-за напряженного состояния горных пород. Землетрясения могут влиять на уровень воды. Вода в скважинах может колебаться при прохождении сейсмических волн, даже если скважина находится далеко от эпицентра. Уровень воды в скважинах, находящихся вблизи эпицентра, часто испытывает стабильные изменения: в одних скважинах он становится выше, в других — ниже.

Проблема предсказания землетрясения в настоящее время привлекает и ученых, и общественность как одна из серьезнейших и вместе с тем весьма актуальных. Мнения исследователей о возможности и путях решения проблемы далеко не однозначны.

Принципиальная основа решения проблемы прогноза землетрясений состоит в установленном лишь в последние 30 лет фундаментальном факте, что перед землетрясением меняются физические (механические и электрические в первую очередь) свойства горных пород. Возникают аномалии разного рода геофизических полей: сейсмического, поля скоростей упругих волн, электрического, магнитного, аномалии в наклонах и деформациях поверхности, гидрогеологическом и газохимическом режиме и т. д. В сущности, на этом и основано проявление большинства предвестников. Всего сейчас известно свыше 300 предвестников, из них 10–15 неплохо изучены.

Прогноз землетрясения можно считать полным и практически значимым, если заблаговременно предсказываются три элемента будущего события: место, интенсивность (магнитуда) и время толчка. Карта сейсмического районирования, даже самая надежная, в лучшем случае дает сведения о возможной максимальной интенсивности землетрясений и средней частоте их повторения в какой-то зоне. Она содержит необходимые элементы прогноза, но самого прогноза обеспечить не в состоянии, так как не говорит о конкретных ожидаемых событиях. В ней отсутствует главный элемент прогноза – предсказания времени события.

Трудности в отношении прогноза времени землетрясения огромны. Да и предвидение места и интенсивности будущих подземных бурь — тоже еще далеко не решенная задача. До сих пор не разработаны принципиальные возможности и конкретные способы предвидения землетрясений в любой части сейсмически опасного региона с заданной точностью места и

интенсивности в заданный отрезок времени. Поэтому долгое время идеальной будет, по-видимому, такая схема: в пределах сейсмогенного региона выделяется некая достаточно обширная область, где в течение нескольких лет или десятилетий можно ожидать крупное сейсмическое событие. Предшествующими исследованиями область ожидаемого события снижается, уточняются возможная сила толчка или его энергетическая характеристика — магнитуда и опасный период времени. На следующей стадии разработок определяется место предстоящего толчка, а время ожидания события сокращается до нескольких дней и часов. Схема предусматривает три последовательные стадии прогноза — долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный.

Оглавление

Смерчи	
Структура смерча	4
Атмосферные явления, сопровождающие смерчи	12
Классификация смерчей	21
Вертикальные вихри	32
Механизмы разрушения	33
Боковое давление и удары	33
Вихревые разрушения	33
Взрывные разрушения	34
Комбинированные разрушения	35
Разрушения населенных пунктов	36
Подъем	37
Всасывание	38
Примеры смерчей	41
Землетрясения	
Общие понятия	55
Интенсивность землетрясений	57
Действие землетрясений	71
Наиболее известные землетрясения	74
Антропогенные землетрясения	82
Изучение землетрясений	92