

### 3.4. Землетрясения

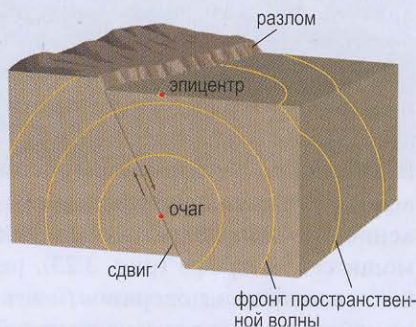
**Землетрясения** – это колебания земной поверхности, вызванные разломами или подвижками горных пород, которые возникают вследствие высвобождения эластичных напряжений в недрах земли.

Та точка в земных недрах, откуда исходят колебания, называется **очагом** (фокусом) **землетрясения**. Точку же на поверхности земли, находящуюся непосредственно над очагом, называют **центром** (эпицентром) **землетрясения**. В зависимости от направления сил напряжения в недрах Земли, блоки горной породы могут смещаться вдоль разлома горизонтально, вверх или вниз (рис. 3.20).

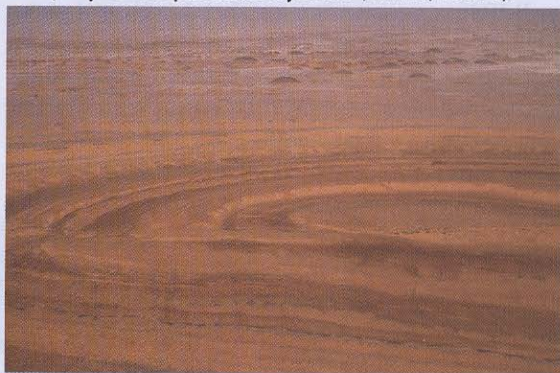
Упругое напряжение, высвобождающееся при разломе горных пород, распространяется от очага землетрясения в виде **сейсмических волн**. Различают **пространственные** и **поверхностные волны**. Первые распространяются в недрах Земли шарообразными фронтами, как звуковые волны в воздухе, а вторые расходятся от эпицентра по поверхности земли кругами, как волны от брошенного в воду камня. Поверхностные волны распространяются медленнее, чем пространственные, и затухают с глубиной, подобно морским волнам.

Среди пространственных волн различают более быстрые **продольные волны**, которые распространяются путем сжатия и расширения грунта в направлении от очага, и более медленные **поперечные волны**, перемещающие частицы грунта в направлении поперечном движению продольной волны (рис. 3.21). Продольные волны по своей природе – изме-

Рис. 3.20. Очаг землетрясения, его эпицентр и сейсмические волны.



Эпицентр землетрясения в пустыне (Египет, 1984 г.).



исходное состояние материала



продольная волна



поперечная волна



Рис. 3.21. Сейсмические волны.

няющие плотность тел упругие деформации, они свободно распространяются и в жидкостях. Поперечные волны – упругие деформации, изменяющие лишь форму тела, они не распространяются в жидкой среде. (Жидкости не оказывают сопротивления изменению своей формы, модуль их упругости равен нулю.)

Во внешнем ядре Земли поперечные волны не распространяются, из этого можно сделать вывод, что оно находится в жидком состоянии. В земной коре продольные волны распространяются со скоростью 6 – 7 километров в секунду, а поперечные волны почти наполовину медленнее.

Поверхностные волны также бывают двух видов. Волны Релея заставляют поверхность Земли колебаться по вертикали, как это делает ветер с поверхностью моря. Волны Лава ко-

леблют земную поверхность по горизонтали, поперек направления распространения волны. Именно поверхностные волны вызывают разрушения при землетрясениях, так как их действие, из-за наименьшей скорости, самое длительное, а амплитуда деформаций самая большая.

### Измерение силы землетрясений

Различные параметры землетрясения – расположение, интенсивность, глубина очага, давление в земных недрах – оцениваются при помощи сейсмографа (рис. 3.23), регистрирующего колебания поверхности и вызывающие их сейсмические волны в виде сейсмограммы (рис. 3.22).

В 1935 году американский сейсмолог Чарльз Рихтер начал выражать мощность землетрясения через самую интенсивную амплитуду колебания, зафиксированную сейсмограммой. Так как мощность землетрясений очень сильно различается, Рихтер ввел вместо чисел, отражающих амплитуду колебания, их логарифмы и назвал их величины магнитудами землетрясения. Следовательно, рихтеровская шкала магнитуд землетрясения логарифмическая – например, мощность землетрясения 5 магнитуд в 10 раз больше, чем 4 магнитуды, в 100 раз больше, чем 3 магнитуды и т.д.

Мощность самых сильных землетрясений (на северном побережье Эквадора в 1906 году и к востоку от острова Хоккайдо в 1939 году) достигала 8,9 магнитуды Рихтера. Человек ощущает землетрясения, мощность которых

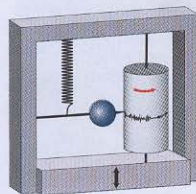
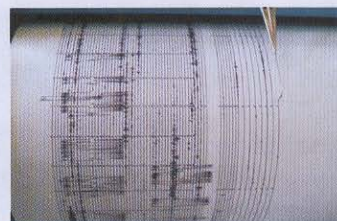
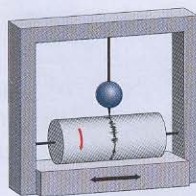


Рис. 3.23. Сейсмограф и принцип его работы.

не меньше 2,5 магнитуды. Разрушительными бывают землетрясения мощностью свыше 5 магнитуд. В этом случае наблюдается заметная волновая вибрация поверхности, а вызванное разломами смещение поверхности может достигать десяти метров и даже больше. При сильных землетрясениях на склонах случаются оползни, обрушиваются здания, а вследствие повреждения электрических и газовых сетей вспыхивают пожары. В озерах и других замкнутых водоемах при землетрясениях возникают сейши – наклон поверхности воды то в одну, то в другую сторону с амплитудой в несколько метров. Вследствие вертикальных сдвигов морского дна вблизи побережья образуются гигантские волны высотой в 15–40 метров, мчащиеся к земле со скоростью 400–800 км в час, – **цунами** (рис. 3.24).

Землетрясения занимают первое место среди природных катастроф по числу человеческих жертв. В последнее время наибольшее ко-



Рис. 3.22. Движение сейсмических волн в земных недрах и сейсмограмма.

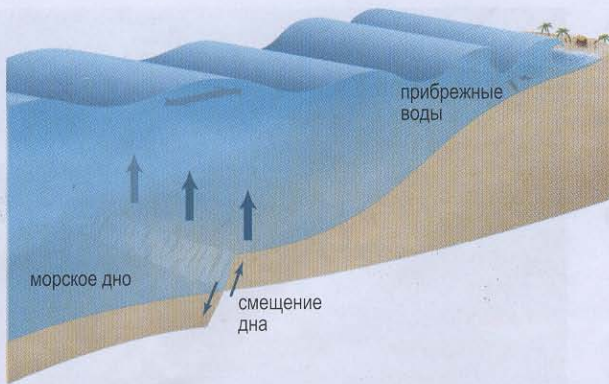


Рис. 3.24. Возникновение и распространение цунами.



Разрушения, причиненные цунами в гавайском поселке Хило (1960).

личество жертв вызвали землетрясения 1990 и 1993 годов в Иране, которые унесли жизни, соответственно, 40 и 55 тысяч человек.

Если мощность двух землетрясений, различающихся на одну магнитуду шкалы Рихтера, различается в 10 раз, то еще больше, свыше 30 раз, различается количество высвобождающейся в очаге энергии. Так, в ходе землетрясе-

Кобе, Япония (1995).



Действие землетрясений различной мощности и их распространённость в мире

магнитуд Рихтера	Действие землетрясения	Происходит в год
<2,5	Человек не ощущает	900 000
2,5–5,4	Ощутимое, но повреждения зданий минимальны	30 000
5,5–6,0	Незначительные повреждения зданий	500
6,1–6,9	Значительные разрушения зданий	100
7,0–7,9	Значительные разрушения	20
>8,0	Опустошительные разрушения	Раз в 5–10 лет

Сан-Франциско 1960, 8,3; Токио 1923, 8,2

ния мощностью 7 магнитуд выделяется в 900 раз больше энергии, чем при землетрясении мощностью 5 магнитуд. В ходе землетрясения в Южном Чили 1960 года мощностью 8,7 магнитуды выделилось количество энергии, оцениваемое в  $2 \times 10^{25}$  эргов.

Для оценки силы землетрясения использовалась также 12-балльная шкала, предложенная в 1902 году итальянским сейсмологом Джузеппе Меркалли. Она основывается главным образом на степени разрушения зданий. Однако оценки такого плана трудно сопоставимы, так как разрушения зависят не только от мощности землетрясения, но и от многих других факторов: от плотности застройки, качества сооружений и пр.

В наши дни в различных точках Земли созданы десятки сейсмических станций, образующих единую сеть сейсмического мониторинга. В результате совместной работы сейсмологов и геологов прояснилась глобальная картина распространения землетрясений и стали в общих чертах ясны причины их возникновения. Полученные в ходе исследования землетрясений данные хорошо согласуются с теорией тектоники плит.

Согласно теории тектоники плит, в местах подъема вещества мантии на поверхность земли расположены

срединно-океанические хребты, горячие точки и континентальные рифты, а в районах погружения океанической литосферы под материковую – пояса глубоководных желобов и островных дуг. Если движение вещества внутри мантии, благодаря его пластичности, не приводит к возрастанию напряжения, то в значительно более холодной и хрупкой литосфере скапливающиеся механические напряжения разбивают ее на мозаику жестких плит, которые разламываются, дрейфуют по астеносфере и погружаются в глубь ее. Это объясняет, почему карта распространения очагов землетрясений совпадает с границами литосферных плит.

На границах литосферных плит различного типа очаги землетрясения возникают на разной глубине. В срединно-океаническом хребте друг от друга отрываются сравнительно тонкие пласты литосферы, которые смещаются по горизонтали с несколько различной скоростью. Механические напряжения, скопившиеся в этих пластах, высвобождаются в виде многочисленных землетрясений с неглубоким очагом, расположенным на глубине до нескольких километров.

Напротив, в зонах погружения плит в мантию очаги землетрясений встречаются на различной глубине: от близкой к поверхности до максимальной для очагов землетрясений глубины в 670 километров. Что происходит на большей глубине, пока неизвестно. Погрузившийся глубже край плиты то ли разрушается, то ли настолько разогревается, что становится пластичным.



Рис. 3.25. Для предсказания землетрясений, в числе прочего, используются и лазерные установки, с помощью которых можно регистрировать самые малые движения земной поверхности.

Землетрясения с относительно близким к поверхности очагом возникают в районах столкновения материков, в местах расположения горячих точек и континентальных рифтов. В последних причиной землетрясений часто является проседание кровли магматических очагов.

Ученые пытаются найти способы прогнозирования сильных землетрясений. В сейсмоопасных районах отслеживается динамика слабых колебаний, изменения физических свойств горных пород, изменения уклона поверхности, поведение животных и др. Однако точного предсказания катастрофических землетрясений, к сожалению, пока достичь не удалось.

## Вопросы и задания

1. Почему происходят землетрясения?
2. Назовите на каждом материке не менее 3–4 стран, подверженных землетрясениям.
3. В каком порядке сейсмограф регистрирует сейсмические волны разного типа?
4. Сравните скорость распространения продольных, поперечных и поверхностных волн.
5. С помощью рисунка объясните принцип работы сейсмографа.
6. Что вы знаете о землетрясениях, происходивших в Эстонии?
7. Почему при измерении силы землетрясений пользуются преимущественно шкалой Рихтера?
8. Почему шкала Меркалли не дает объективной информации о силе землетрясения?
9. Какова связь между типами границ литосферных плит и глубиной очага землетрясения?
10. Какие меры принимаются для уменьшения вызываемых землетрясениями разрушений?