

## 4. Чрезвычайные ситуации природного характера

### 4.1.

### Землетрясения

**Землетрясения** – это толчки и колебания земной поверхности, обусловленные смещением горных пород и распространением по грунтовой среде упругих сейсмических волн

По механизму возникновения выделяют землетрясения:

т<sup>ектонические</sup>;

обвал<sup>ьные</sup>;

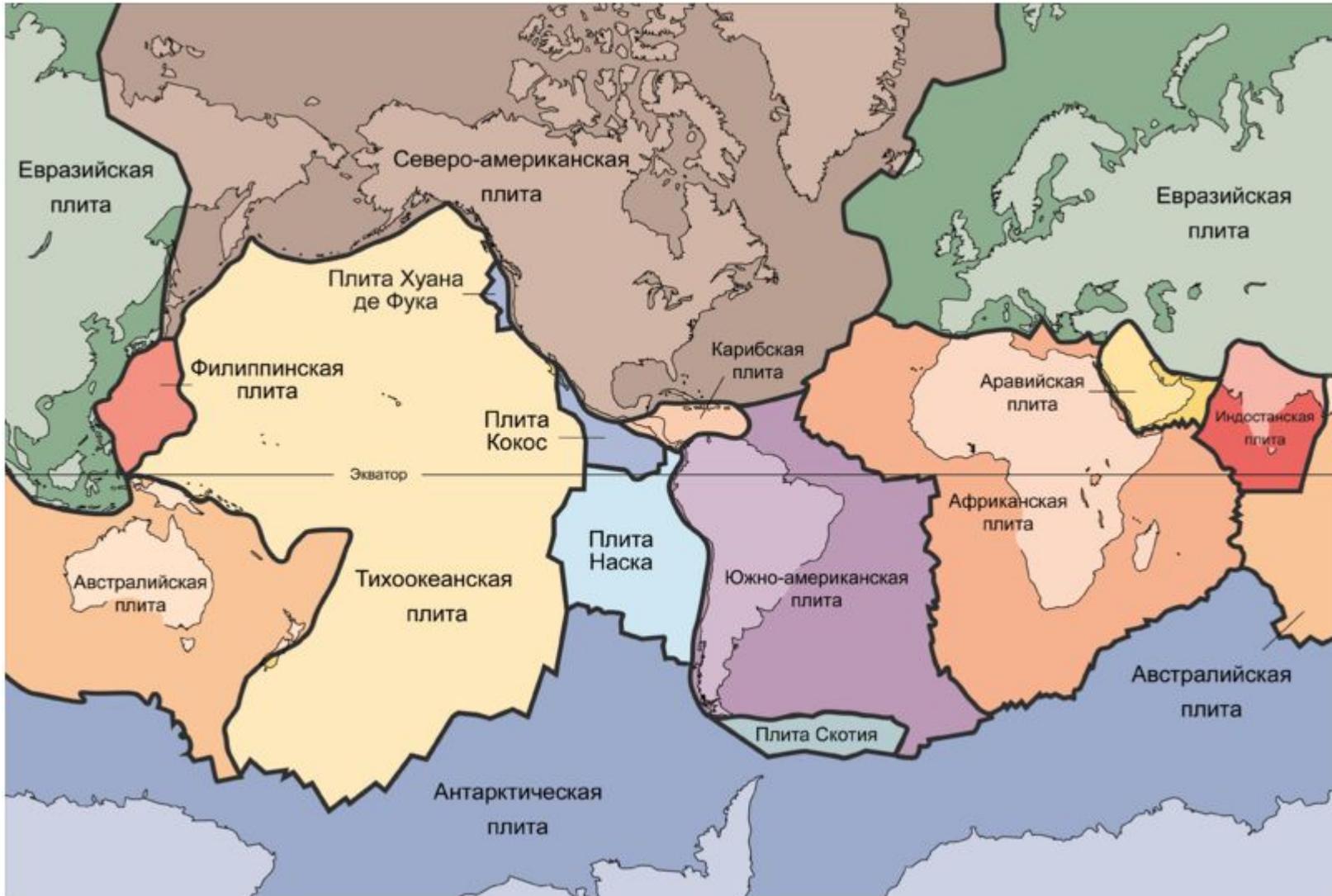
наведенные;

вулканические;  
– вызванные падением космических

**Тектонические** землетрясения – основной тип землетрясений, которые являются источником природных ЧС

Земная кора и верхняя часть мантии представляют собой твердую наружную оболочку – литосферу, которая состоит из **тектонических плит** – 13 больших плит и множество мелких

Размер плит от нескольких сотен до нескольких тысяч километров



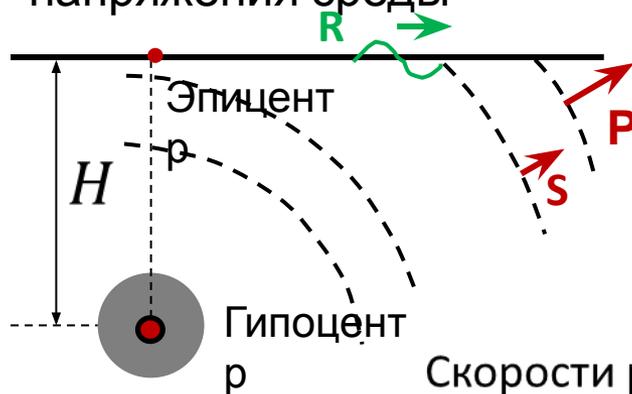
Под действием сил, обусловленных глубинными тепловыми процессами и вращением Земли, литосферные плиты, лежащие на горячей мантии, движутся со скоростью до нескольких сантиметров в год

На границах соприкасающихся плит возникают механические напряжения сжатия

При превышении критических значений напряжений происходит скачкообразное изменение структуры породы – разрушение – **подземный**

**удар**  
Эта область – источник сейсмических

**волн**  
Область возникновения подземного удара – **очаг землетрясения**, в пределах которого происходит высвобождение накопившейся энергии напряжения среды



От гипоцентра во все стороны распространяется возмущение грунтовой среды в виде упругих сейсмических волн (объемных): продольной (первичной) (P) и поперечной (вторичной) (S)

На поверхности земли объемные волны формируют поверхностную волну (R)

Скорости распространения продольной  $v_P$  и поперечной  $v_S$  упругих волн определяются характеристиками среды – модулем Юнга, модулем сдвига, плотностью

$$v_P > v_S > v_R$$

Для гранита значения этих скоростей составляют:  $v_P = 4,6 \cdot 10^3$  м/с,  
 $v_S = 3,0 \cdot 10^3$  м/с,  $v_R = 2,7 \cdot 10^3$  м/с

Высокие скорости распространения сейсмических волн исключают возможность оповещения населения о случившемся землетрясении

Сравнение землетрясений по их силе производят с помощью **магнитуды**  $M$  землетрясения

Магнитуда характеризует **энергию** землетрясения, которая выделяется в виде сейсмических волн

1936 г. Рихтер и Гуттенберг

$$M = \lg A + f$$

$A$  – амплитуда перемещения грунта, мкм;  $f$  – корректирующая функция, вычисляемая по таблице в зависимости от расстояния до эпицентра ( $R < 600$  км)

Недостатки этой

- для <sup>шкалы</sup> обработки использовались данные **малых и средних** землетрясений южной Калифорнии, характеризующиеся малой глубиной очага;
- учитывались только поверхностные волны, но при глубинных землетрясениях существенная часть энергии выделяется в форме объёмных волн

## Основные дополнительные

шкалы

1. Магнитуда полнее учитывает объемные волны:

$$M = \lg \frac{A}{T} + f(L, H)$$

$A$  – амплитуда колебаний земли, мкм;  $T$  – период волны, с;  $f(L, H)$  – поправка, зависящая от расстояния до эпицентра  $L$  и глубины очага землетрясения  $H$

2. Магнитуда точнее учитывает поверхностные

волны:

Магнитуда связывается со скоростью колебания грунта в сейсмической волне

$$M = \lg \frac{A}{T} + 1,66 \lg L + 3,30$$

3. Магнитуда по Канамори (1977 г.) – шкала хорошо согласуется с более ранними шкалами при  $3 < M < 7$  и лучше подходит для оценки крупных землетрясений:

$$M = \frac{2}{3} (\lg M_F - 16,1)$$

$M_F = \mu Sx$  – сейсмический момент, Н·м;  $\mu$  – модуль сдвига горных пород, Па;  $S$  – площадь, на которой замечены геологические разломы, м<sup>2</sup>;  $x$  – среднее смещение вдоль разломов, м

Энергия  $Q$  (Дж), выделяющаяся при землетрясении в виде сейсмических волн, связана с магнитудой

$$Q = 10^{aM+b}$$

где  $a, b$  – эмпирические коэффициенты, которые могут несколько отличаться для различных районов, например,  $a = 1,5; b = 4,8$  или  $a = 1,42; b = 5,32$

Энергия, накопленная в виде энергии деформации горных пород соприкасающихся тектонических плит ограничена пределом их разрушения

Магнитуда тектонического землетрясения имеет предел  $M \leq 9,0 - 9,5$

Сильнейшие зарегистрированные землетрясения со времени создания шкалы магнитуд:

- Тихий океан у побережья Чили в 1960 г. — по Канамори 9,5
- март 1960 г. на Аляске – 9,2
- 26 декабря 2004 г. в Индийском океане у побережья Суматры, подводное

В<sup>1</sup> среднем за год на Земле происходит:

- 1 землетрясение с магнитудой 8,0 и выше;
- 10 – с магнитудой 7,0—7,9;
- 100 – с магнитудой 6,0—6,9;
- 1000 – с магнитудой 5,0—5,9



Наряду с оценкой силы землетрясения с помощью его магнитуды и энергии в настоящее время используется и оценка **интенсивности** землетрясения в **конкретном месте** на поверхности земли в **баллах**  $1 \leq J \leq 12$  – по величине колебаний грунта на поверхности земли и по размерам причиненного ущерба

В различных точках интенсивность данного землетрясения

различная

В России принята рекомендованная ЮНЕСКО международная шкала MSK-64 (шкала Медведева, Шпонхойера, Карника)

MSK-64 лежит в основе СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

В европейских странах с 1998 г. используют Европейскую макросейсмическую шкалу EMS-98.

Она тоже 12-балльная, но в большей степени, чем MSK-64, ориентирована на воздействие землетрясения на определенную территорию

## Шкала MSK-64 интенсивности землетрясений

Балл	Землетрясение	Параметры движения грунта			Последствия
		Ускорение, $a/g$	Скорость, см/с	Смещение, мм	
1	Незаметное	0,001-0,002	0,06-0,12	0,03-0,06	Ощущается только приборами.
2	Очень слабое	0,002- 0,003	0,12-0,25	0,06-0,12	Ощущается отдельными людьми на верхних этажах домов.
3	Слабое	0,003-0,006	0,25-0,5	0,12-0,25	Ощущается некоторыми людьми в помещениях. Слабое покачивание висячих предметов.
4	Умеренное	0,006-0,012	0,5-1,0	0,25-0,5	Ощущается в помещениях многими, а вне помещений - немногими людьми. Отмечается вибрация, такая же, как от проходящего мимо грузовика.
5	Среднее	0,012-0,025	1-2	0,25-0,5	Общее сотрясение зданий, сдвиги мебели. Трещины в штукатурке, оконных стеклах. Пробуждение спящих.
6	Сильное	0,025-0,05	2-4	1-2	Ощущается всеми, многие люди напуганы. Откалываются куски штукатурки, легкие повреждения зданий.
7	Очень сильное	0,05-0,1	4-8	2-4	Повреждаются здания; трещины в стенах каменных домов, выпадают кирпичи, штукатурка. Людям трудно стоять на ногах.
8	Разрушительное	0,1-0,2	8-16	4-8	Частичное разрушение плохо построенных зданий; падают дымовые трубы; обрушиваются лестницы и пролеты.
9	Опустошительное	0,2-0,4	16-32	8-16	Общая паника. Разрушаются каменные здания. Лопаются подземные трубопроводы. Большие трещины в грунте.

10	Уничтожающее	0,4-0,8	32-64	16-32	Общее разрушение зданий. Происходят большие оползни. Серьезные повреждения плотин, набережных.
11	Катастрофа	0,8-1,6	64-128	32-64	Катастрофические разрушения. Подземные трубопроводы полностью выходят из строя; рельсы сильно искривляются.
12	Сильная катастрофа	>1,6	>128	>64	Значительное изменение ландшафта; смещение крупных скальных массивов; многочисленные трещины, обвалы, оползни. Возникновение водопадов, подпруд, отклонения течения рек. Ни одно сооружение не выдерживает.

### Поражающее действие землетрясений

Объекты	Интенсивность землетрясения $J$ , балл		
	Разрушения объекта		
	слабые	средние	сильные
Промышленные здания с металлическим или железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	6-7,5	7,5-9	>9
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	6-7,5	7,5-8	8-8,5
Здания АЭС и ГЭС антисейсмической конструкции	7,5	7,5-9	>9
Многоэтажные кирпичные здания (3 и более этажей)	5-6	6-7,5	>7,5
Малозэтажные кирпичные здания	6-7	7	7-8
Наземные здания и сооружения с деревянным каркасом	5	6	6-7,5
Остекление промышленных и жилых зданий	4	5	6
Окна из стеклоблоков	5-6	6-7	7-7,5
Внутренние стены и перегородки гипсобетонные, железобетонные	6	7	7,5
Штукатурка	4	5	6
Подземные стальные трубопроводы диаметром 350 мм	12	-	-

Основные характеристики землетрясения, которые используют для прогнозирования из последствий – это глубина очага землетрясения, магнитуда и интенсивность на поверхности земли

При оценочных расчетах интенсивности землетрясения по известной магнитуде для расстояний от эпицентра  $L > H$  можно пользоваться формулами:

$$J = J_0 - 6 \lg \frac{\sqrt{L^2 + H^2}}{H} + \Delta$$

$$J_0 = 1,5M - 3,5 \lg H + 3,0$$

$J_0$  – интенсивность землетрясения в эпицентре, балл;

$M$  – магнитуда;

$H$  – глубина очага, км;

$L$  – расстояние до эпицентра, км;

$\Delta$  – поправка, учитывающая вид грунта:

$\Delta = 0$  для скального грунта,

$\Delta = 0 - 1$  для песчаников и известняков,

$\Delta = 1 - 2$  для песчаных грунтов и глинистых толщ,

$\Delta = 2 - 3$  для рыхлых насыпных грунтов

Опасные последствия землетрясений делятся на природные и связанные с деятельностью человека

**Природные:** сотрясения грунта, нарушение грунта (трещины и смещения), оползни, сели, лавины, цунами

Связанные с **деятельностью человека:** разрушение зданий, мостов и других сооружений, наводнения при прорывах плотин, пожары при повреждениях газопроводов, хранилищ ГСМ, нарушение электроснабжения, водоснабжения, канализации

Характеристика степени устойчивости зданий и сооружений к землетрясениям - их **сейсмостойкость**

Примерная сейсмостойкость зданий и

сооружений

- здания со стенами из местных строительных материалов – саманные, глинобитные, из сырцового кирпича без фундамента –  $J = 4-4,5$  балла;
- здания с деревянным каркасом, из жженого кирпича с фундаментом –  $J = 5-6$  баллов;
- типовые железобетонные, каркасные, крупнопанельные, крупноблочные дома –  $J = 6-7$  баллов

С целью повышения сейсмостойкости используют увеличение механической прочности сооружения, а также различные амортизаторы, противовесы, элементы из эластичных материалов для предотвращения как резонансных явлений, так и передачи энергии колебаний по конструкции объекта.

При прогнозировании последствий землетрясения на карту наносят линии равной интенсивности – **изосейсты**

Обычно очаг поражения ограничен изосейстой  $J = 6$  баллов, что соответствует слабым разрушениям жилых и промышленных зданий, сооружений без сейсмической защиты

Людские потери в зданиях при землетрясении могут быть оценены на основе данных о степени их разрушения

**Обвальные** землетрясения происходят при разрушении сводов подземных карстовых пустот, заброшенных шахт, рудников, а также обвалах горных пород.

**Наведенные** землетрясения вызваны изменением давления в земной коре, обусловленного техногенной деятельностью человека – строительством крупных плотин и водохранилищ, закачкой воды в скважины или при интенсивном отборе воды из скважин

**Вулканические** землетрясения возникают при извержении вулканов, обычно охватывают небольшие районы и сопровождаются потоками лавы, выбросами пепла и газов, которые и причиняют основной ущерб

Конец

лекции