

Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Республики Хакасия «УМЦ по ГО ЧС»

# Тема : «Землетрясения»

Преподаватель: Кириченко М.В.

## Учебные вопросы:

1. Внутреннее строение Земли. Литосфера и её свойства. Типы литосферных опасностей.
2. Геофизические опасные ситуации.
3. Землетрясение, механизм формирования явления и основные понятия.
4. Наиболее крупные сейсмособытия на планете, статистика.

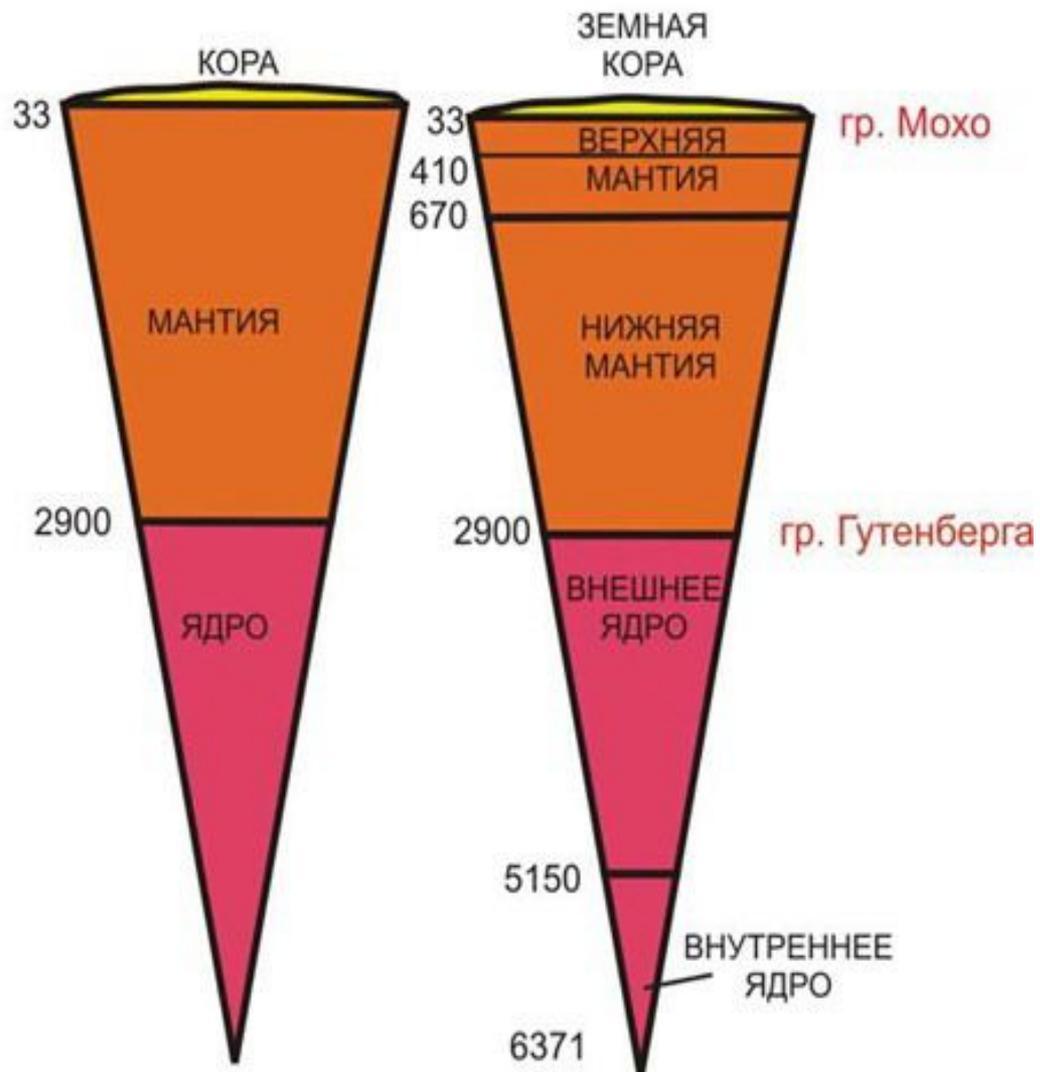
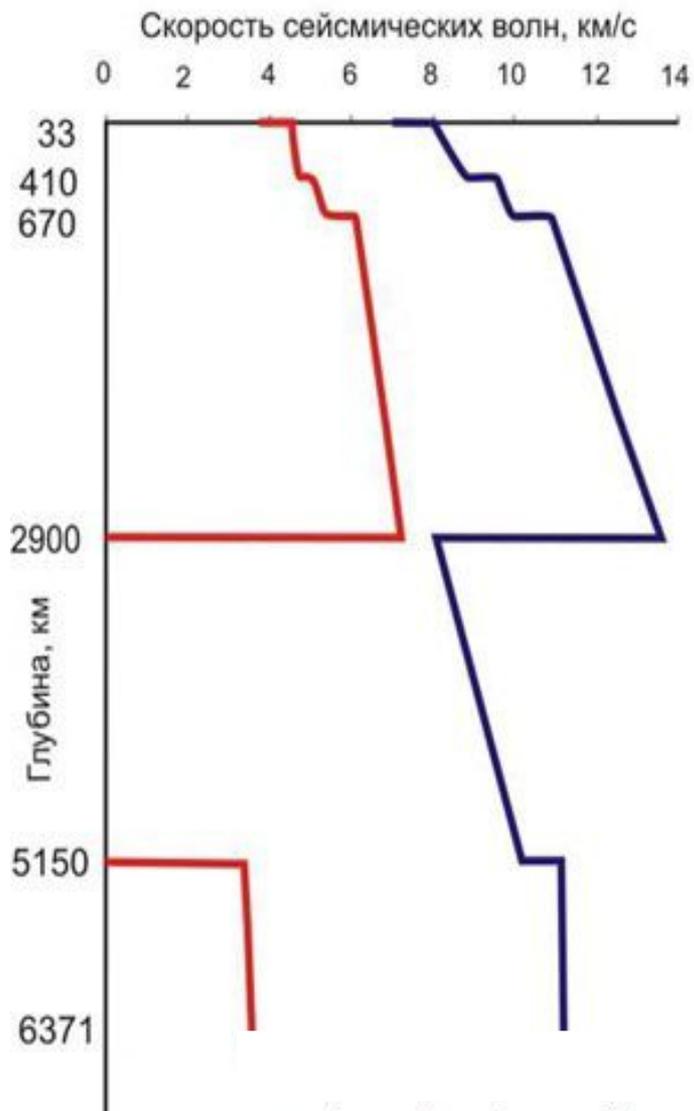
## Ученые создали модель строения Земли, в которой выделяют три главные области (или геосферы):

Каждая из них в свою очередь разделяется на зоны или слои.

1. **Земная кора** – это верхняя оболочка Земли, ее мощность колеблется от 6-7км до 75км.
2. **Мантия Земли** — часть геосферы, расположенная между корой и ядром. В ней находится большая доля всего вещества планеты.
3. **Ядро** - подразделяется на внешнее и внутреннее, между которыми располагается переходная зона .

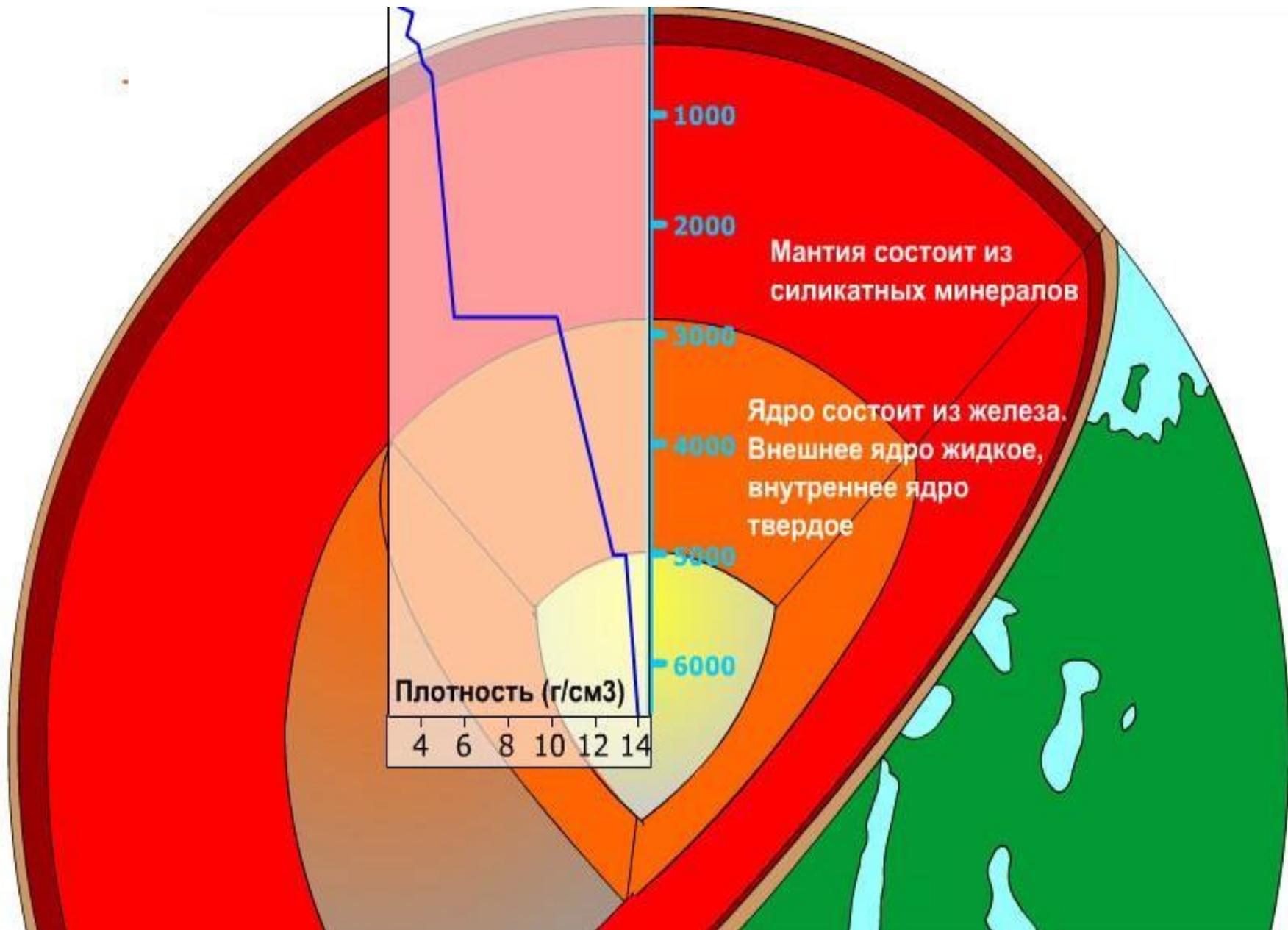
Границей между земной корой и мантией является **раздел Мохоровичича**, между мантией и ядром также резкая граница-раздел **Гуттенберга**.

# Сейсмическая модель Земли



Внешней оболочкой твёрдой Земли является земная кора, ограниченная границей Мохоровичича. Эта относительно маломощная оболочка, толщина которой составляет от 4-5 км под океанами до 75-80 км под континентальными горными сооружениями. В составе земной коры отчетливо выделяется верхний осадочный слой.

Существуют два главных типа земной коры – континентальная и океаническая, принципиально различающиеся по строению, составу, происхождению и возрасту.



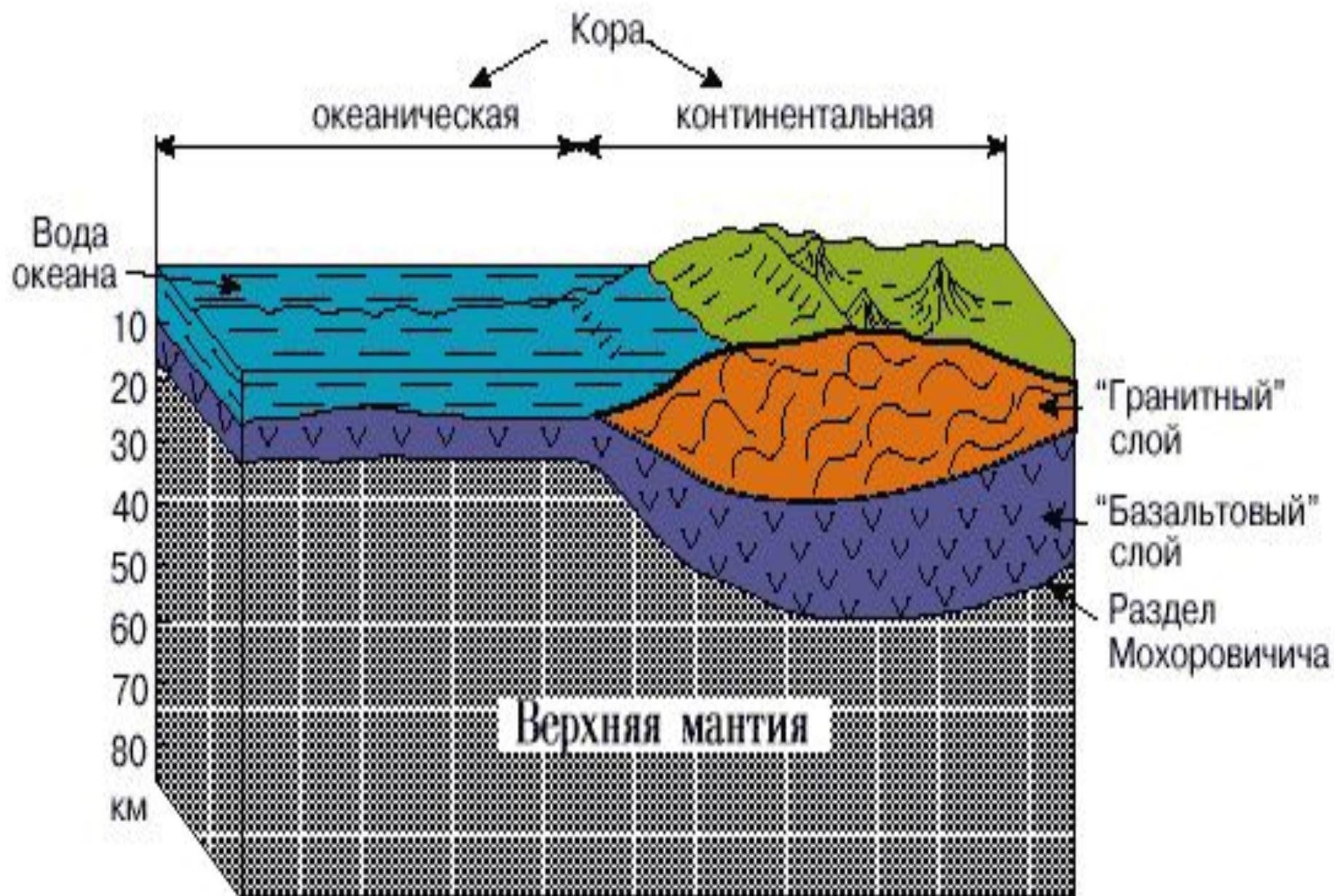
Континентальная кора залегает под континентами и их подводными окраинами, имеет мощность от 35-45 км до 55-80 км.

Океаническая кора имеет относительно небольшую мощность, в среднем 6-7 км.

Возраст древнейших пород современной океанской коры около 160 млн. лет.

Астеносфера – это слой в верхней мантии (расположенный на глубине около 100 км под океанами и около 200 км и более под континентами), и обладающий пониженной прочностью и вязкостью.

1. Плотность оболочек закономерно возрастает к центру Земли (см. рис). Средняя плотность коры составляет 2,67 г/см<sup>3</sup>; на границе Мохо она скачкообразно возрастает с 2,9-3,0 до 3,1-3,5 г/см<sup>3</sup>.
2. В мантии плотность постепенно возрастает за счет сжатия силикатного вещества и фазовых переходов (перестройкой кристаллической структуры вещества в ходе «приспособления» к возрастающему давлению) от 3,3 г/см<sup>3</sup> в подкоровой части до 5,5 г/см<sup>3</sup> в низах нижней мантии. На границе Гутенберга (2900 км) плотность скачкообразно увеличивается почти вдвое – до 10 г/см<sup>3</sup> во внешнем ядре. Еще один скачок плотности – от 11,4 до 13,8 г/см<sup>3</sup> - происходит на границе внутреннего и внешнего ядра (5150 км).



Давление в недрах Земли рассчитывается на основании ее плотностной модели. Увеличение давления по мере удаления от поверхности обуславливается несколькими причинами:

1. сжатием за счет веса вышележащих оболочек (литостатическое давление);
2. фазовыми переходами в однородных по химическому составу оболочках (в частности, в мантии);
3. различием в химическом составе оболочек (коры и мантии, мантии и ядра).
4. Расчетные величины давления на границе между внутренним и внешним ядрами и вблизи центра Земли составляют соответственно 340 и 360 ГПа.

Расчёты температур в недрах планеты дают следующие значения: в литосфере на глубине около 100 км температура составляет около  $1300^{\circ}\text{C}$ , на глубине 410 км –  $1500^{\circ}\text{C}$ , на глубине 670 км –  $1800^{\circ}\text{C}$ , на границе ядра и мантии –  $2500^{\circ}\text{C}$ , на глубине 5150 км –  $3300^{\circ}\text{C}$ , в центре Земли –  $3400^{\circ}\text{C}$ .



## Экзогенные геологические процессы:

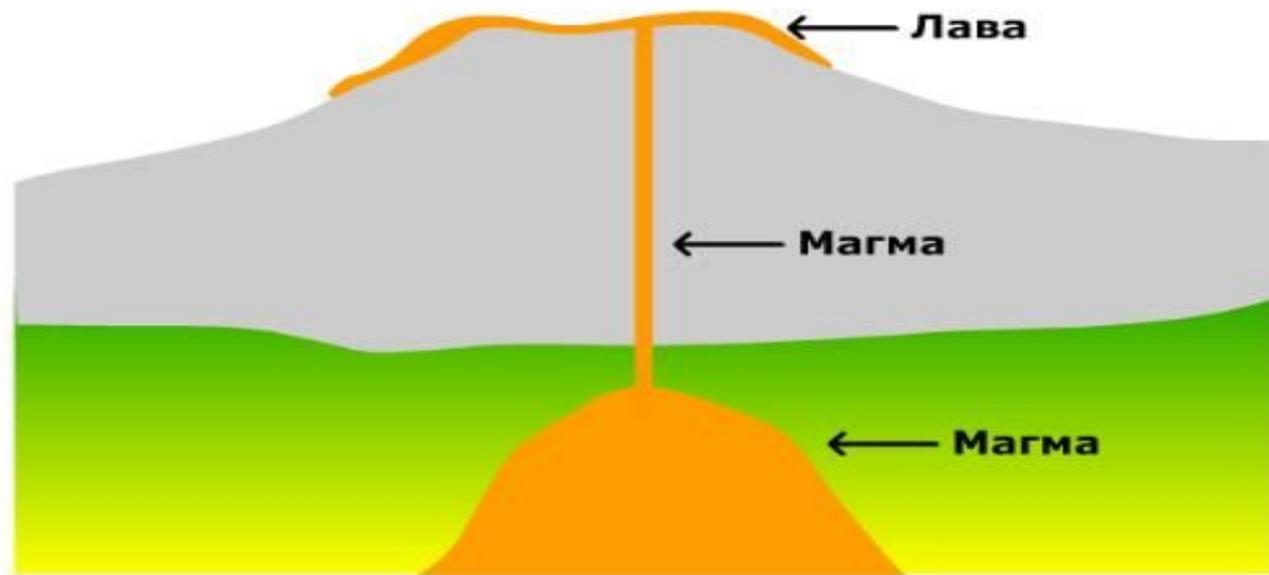
Обусловлены преобразованием горных пород, происходящим на поверхности Земли и в приповерхностном слое - в зоне действия факторов выветривания, эрозии, склоновых и береговых деформаций, вызванные в большей части внешними по отношению к литосфере силами (солнечной энергией, атмосферными, гидросферными, гравитационными).



## Эндогенные геологические процессы:

Обусловлены преобразованием горных пород, происходящие главным образом внутри Земли, в зоне действия сейсмотектонических и термодинамических факторов и вызванные в основном внутренними силами Земли.

### Магматизм



# Геофизические (эндогенные) опасные явления

В эту группу входят два опасных явления землетрясение и **извержение вулканов**.

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

Вулкан - геологическое образование, возникающее над каналами и трещинами в земной коре, по которым на земную поверхность извергаются лава, пепел, горячие газы, пары воды и обломки горных пород.



Землетрясения вызывают случайные перемещения грунта, которые характеризуются последовательными, но статистически независимыми горизонтальной и вертикальной составляющими. Умеренное землетрясение (как правило) может продолжаться от 15 до 30 с; сильное землетрясение - от 60 до 120 с; жесткая часть землетрясения с наибольшим ускорением Земли - до 10 с.

Максимальная энергия типичного широкополосного случайного колебания находится в пределах частот от 1 до 30 - 35 Гц, причем наиболее разрушительные эффекты наблюдаются при частотах от 1 до 10 Гц.

**Сейсмология** – наука о землетрясениях, их очагах и распространении волн в недрах Земли.

**Сейсмическая служба** – это сеть сейсмических станций, на основе которых организуются мероприятия по постоянному наблюдению за землетрясениями и обработке их результатов.

# Основные термины

- Очаг землетрясения - разрыв или система разрывов, возникающие в земной коре во время землетрясения.
- Наиболее частой причиной землетрясения является появление чрезмерных внутренних напряжений и разрушений пород. Потенциальная энергия, накопленная при упругих деформациях пород, при разрушении (разломе) переходит в кинетическую, возбуждая сейсмические волны в грунте.
- Место разрушения пород называют **гипоцентром** или очагом землетрясения (фокус). Проекция гипоцентра на земную поверхность называется **эпицентром**, а расстояние от эпицентра до некоторой точки земной поверхности — **эпицентральной** расстоянием.

# Очаг землетрясения

**Форшок** – относительно слабые сейсмические толчки, предшествующие более сильным землетрясениям.

Если достаточно сильные землетрясения практически всегда сопровождаются афтершоками, то форшоками – менее чем в 50 % случаев.

**Афтершок** – последующий толчок. После достаточно сильного землетрясения в его очаге в течение определенного времени, как правило, происходит некоторое количество слабых толчков – афтершоков; число афтершоков в очагах сильнейших землетрясений со временем убывает по гиперболическому закону.

**Сейсмическая область (зона)** - территория, охватывающая области известных и ожидаемых очагов землетрясений и подверженная их воздействию.

Землетрясения подразделяют по их происхождению на:

- тектонические,
- вулканические,
- обвальные,
- наведённые,
- связанные с ударами космических тел о Землю,
- моретрясения.

# Сила и интенсивность землетрясения

Магнитуда характеризует величину и мощность землетрясения в его очаге, т. е. в глубине земли, и вычисляется на основании измерений сейсмических колебаний на сейсмических станциях. Магнитуда по шкале Рихтера находится в пределах от 0 до 9, является безразмерной величиной. Разрушительными оказываются землетрясения, начиная с магнитуды 5,5.

Интенсивность в разных пунктах наблюдения разная, однако, магнитуда у толчка только одна.

Интенсивность землетрясения зависит от его силы, глубины залегания очага, качества грунтов и может быть определена по двенадцатибалльной Международной сейсмической шкале MSK-64.

Магнитудная шкала первоначально (в 1935 г.) была предложена Рихтером.

Единой шкалы магнитуды не существует. Имеются различные шкалы магнитуд, в том числе: локальная магнитуда (ML), магнитуда, определенная по поверхностным (MS) и по объемным волнам (mb), по сейсмическому моменту (MW). Более современной энергетической оценкой землетрясений являются моментные магнитуды  $M_w$ , обусловленные сдвигом пород в сейсмическом очаге (наибольшими из инструментально зарегистрированных землетрясений были Чилийское землетрясение 22 мая 1960 г. с  $M_w = 9,5$  и Индонезийское землетрясение 26 декабря 2004 г. с  $M_w = 9,5$ ).

# ГОСТ Р 53166-2008. Воздействия природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Землетрясения

Очаги в зависимости от глубины расположения подразделяют:

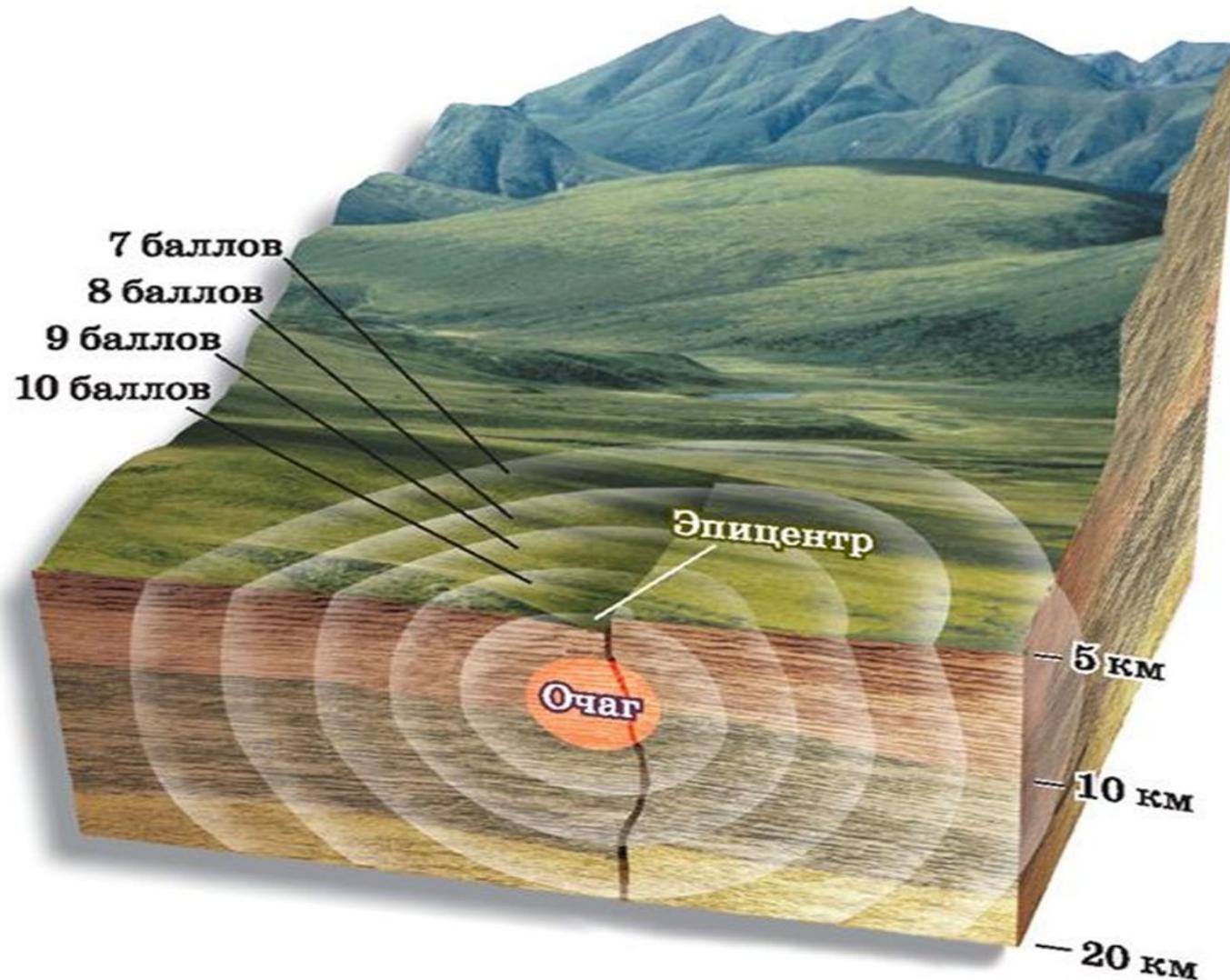
на мелкофокусные - в пределах земной коры до глубины 70 км;

промежуточные - в верхней мантии в интервале глубин 70 - 300 км;

глубокофокусные на глубине от 300 до 600 - 700 км. Последние связаны с зонами субдукции (погружения) литосферных плит в мантию Земли.

Шкала МСК	Последствия землетрясений	Шкала Рихтера
I	Почти неощутимые толчки	-
II	Толчки ощущают лишь немногие, особенно на верхних этажах	2
III	Толчки ощущают немногие, дребезжит стекло, раскачиваются висячие предметы	2,5-3
IV	Толчки ощущают все, кто находится внутри здания, трескаются потолки, звенит посуда	3,5
V	Толчки ощущают все, спящие люди просыпаются, в помещении раскачиваются висящие предметы	4-4,5
VI	Просыпаются спящие, люди покидают дома, останавливаются настенные часы с маятником, сильно раскачиваются деревья	5
VII	Трескаются стены домов, осыпается штукатурка	5,5-6
VIII	Образуются обширные и глубокие трещины в стенах, сдвигается-иногда опрокидывается мебель, трещины в грунтах достигают несколько сантиметров	6-6,5
IX	В стенах возникают бреши, рушатся перегородки, трещины в грунтах достигают 10 см	7
X	Здания рушатся, реки выходят из берегов, трещины в грунтах несколько дециметров, иногда около 1 м	7,4
XI	Повреждение большинства зданий, разрушение мостов, значительные деформации почвы, горные обвалы	8,0
XII	Почти полное разрушение, радикальное изменение земной поверхности	8,9

Наиболее опасны землетрясения с небольшой глубиной образования эпицентра





### ГРАНИЦЫ ПЛИТ

— РАСШИРЯЮЩИЙСЯ ХРЕБЕТ  
 ↑↑↑↑ ЗОНА СУБДУКЦИИ

— ТРАНСФОРМНЫЙ РАЗЛОМ  
 ..... ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ ГРАНИЦА

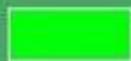
➔ НАПРАВЛЕНИЕ СДВИГА

© ООО «Кирилл и Мефодий»

Литосферные плиты Земли.



**СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПОЯСА**



Тихоокеанский



Средиземноморско-Азиатский



Афро-Азиатский



Граница плит

# Тихоокеанский сейсмический пояс



# Классификация землетрясений

<i>Условное наименование величины событий</i>	<i>Ориентировочное соотношение величин <math>M</math> и <math>I</math> для мелкофокусных очагов землетрясений</i>	
	<i>Интервал магнитуд <math>M</math>, по Рихтеру, единицы, в очаге</i>	<i>Интенсивность <math>I</math>, по шкале MSK-64, баллы, на поверхности</i>
<i>Слабые</i>	<i>2,8 - 4,3</i>	<i>3 - 6</i>
<i>Умеренные</i>	<i>4,3 - 4,8</i>	<i>6 - 7</i>
<i>Сильные</i>	<i>4,8 - 6,2</i>	<i>7 - 8</i>
<i>Очень сильные</i>	<i>6,2 - 7,3</i>	<i>9 - 10</i>
<i>Катастрофические</i>	<i>7,3 - 9,0</i>	<i>11 - 12</i>

**К первичным** поражающим факторам землетрясения относится сейсмическая волна сжатия или разряжения в грунте (колебания), вызывающая:

- сейсмический удар, смещение горных пород и ледников,
- смещение, коробление, вибрация почвогрунтов;
- коробление, уплотнение, проседание, трещины;
- разломы в скальных породах;
- выброс природных подземных газов.
- активизация вулканической деятельности;
- нагон волн – цунами;
- обрушения строений

**К вторичным поражающим факторам землетрясения относятся:**

- пожары, взрывы;
- обрыв линий электропередач, газопроводных и канализационных сетей;
- наводнения
- аварии на предприятиях, опасных объектах, транспорте;
- лавины
- сели, обвалы, оползни, камнепады;

# Последствия землетрясений

1. Повреждение и разрушение зданий, сооружений, систем жизнеобеспечения.
2. Транспортные аварии и катастрофы.
3. Повреждение систем управления и линий связи.
4. Пожары.
5. Паника.
6. Травмы и гибель людей.

# Самые разрушительные землетрясения

1920 год – в Китае погибло 180 тысяч человек.

1923 год – в Японии (Токио) погибло более 100 тысяч человек.

1948 год в Ашхабаде – разрушено более половины города, пострадало более 500 тысяч человек, погибло более 60 тысяч.

1960 год – в Марокко погибло более 12 тысяч человек.

1968 год – в восточном Иране погибло 12 тысяч человек.

1970 год – в Перу пострадало более 66 тысяч человек.

1976 год – в Китае – погибло до 665 тысяч человек.

1978 год – в Иране погибло 15 тысяч человек.

1985 год – в Мексике – около 5 тысяч человек.

1988 год в Армении погибло более 25 тысяч, полностью разрушены (Спитак, Ленинакан)

# Самые разрушительные землетрясения

В 1990 году на севере Ирана в погубло более 50 тысяч человек и около 1 млн. человек ранены и остались без жилья.

2003 год, Иране в г. Бам погубло 35 тысяч человек, ранено свыше 22 тысяч.

2004 год, землетрясение в Индийском океане вызвало волну цунами, **магнитуда 9.1 – 9.3**, погубло более 223 тысяч человек.

2008 год, Сычуаньское землетрясение. погубло более 70 тысяч человек.

2010 год, землетрясение в Гаити, погубло более 200 тысяч человек.

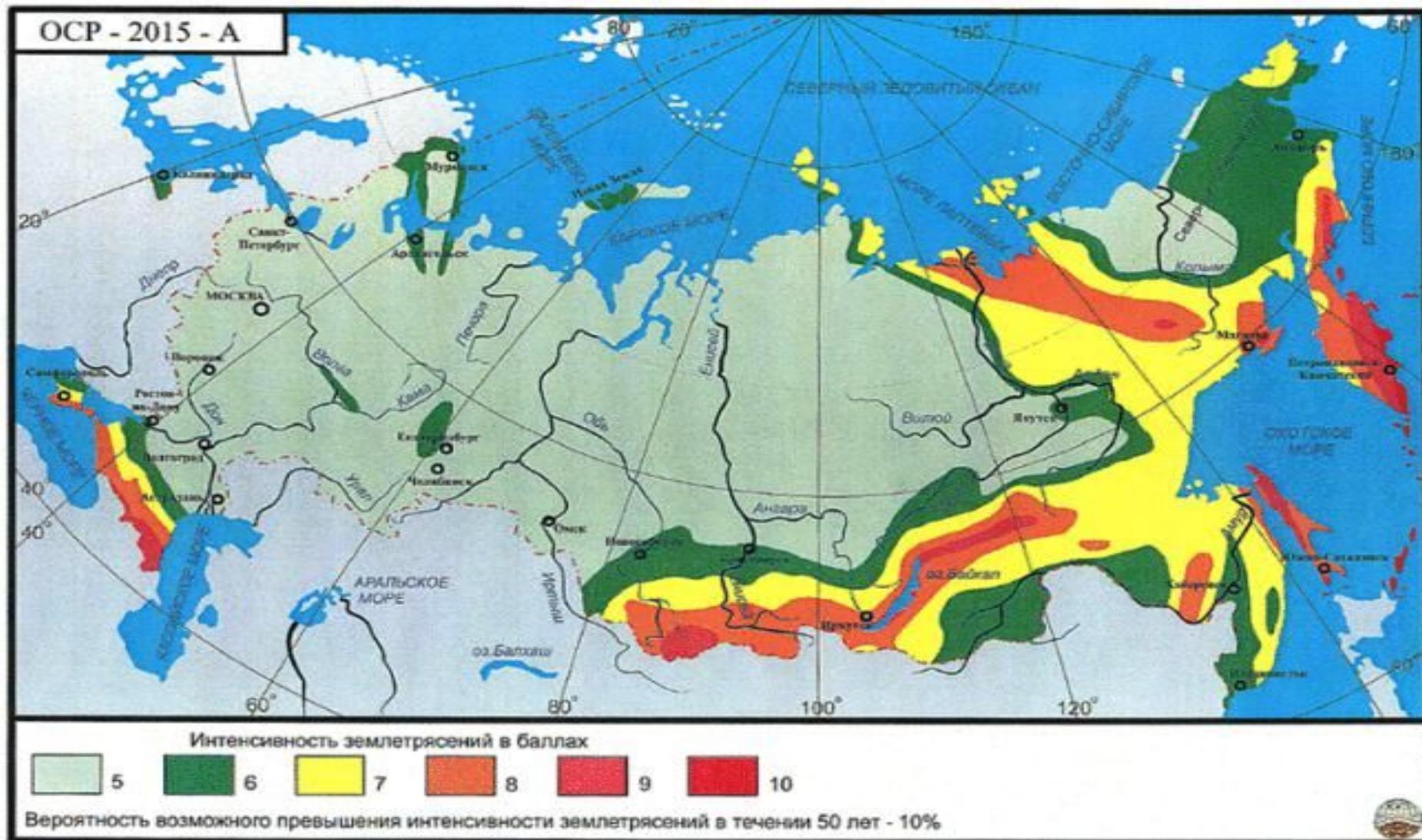
2011 год, землетрясение в Японии, более 15 тысяч человек погубло.

Анализ геологических и геофизических опасных явлений в Республике Хакасия показывает, что наиболее вероятную опасность для объектов экономики, жилых зданий и сооружений представляет

**землетрясение**



# СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИИ. ОСР-2015-А







СВОД ПРАВИЛ СП 14.13330.2014  
СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ  
РАЙОНАХ  
СНиП 11-7-81\*

3.41 сейсмический район: Район с установленными и возможными очагами землетрясений, вызывающими на площадке строительства сейсмические воздействия интенсивностью 6 и более баллов.

3.42 сейсмическое районирование (СР): Картирование сейсмической опасности, основанное на выявлении зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) и определении сейсмического эффекта, создаваемого ими на земной поверхности.

Примечание - Сейсмичность устанавливают в соответствии с картами сейсмического районирования и сейсмомикрорайонирования площадки строительства и измеряют в баллах по шкале MSK-64.

Соотношение между магнитудой  $M$  и балльностью  $I$  (интенсивностью) определяется эмпирической зависимостью, которая в литературе известна как формула макросейсмического поля

$$I = bM - \nu \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c ,$$

где  $\Delta$  — эпицентральное расстояние, км;

$h$  — глубина очага, км;

$M$  — магнитуда землетрясения.

Значение коэффициентов  $b$ ,  $\nu$ ,  $c$  в уравнении различны для отдельных регионов

Для горной системы Саян  $b=1,5$ ;  $\nu= 3,5$  ;  $c=$   
3

Вероятности общих и безвозвратных потерь людей в зданиях различного типа  
(по классификации ММСК-86) при землетрясениях

Типы зданий	Степень поражения людей	Вероятность потерь людей в зданиях различного типа при интенсивности землетрясения в баллах						
		6	7	8	9	10	11	12
А	Общие	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6	0,6
Б	Общие	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6	0,6
В	Общие	0	0	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6
С7	Общие	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6
С8	Общие	0	0	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6
С9	Общие	0	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6

При землетрясении на территории Республики Хакасия до 5 баллов каких-либо разрушений и жертв не прогнозируется. При возникновении землетрясения с силой 6 баллов, в зависимости от глубины землетрясения, здания и сооружения в очаге эпицентра могут получить различные виды повреждений: до 36% - слабые повреждения, до 13% - умеренные повреждения, до 2% тяжелые повреждения.

Особое внимание уделяется плотине Саяно-Шушенской ГЭС, которая рассчитана на повышенную сейсмичность 8 баллов по шкале MSK-64.



