

Инженерная геодинамика

Землетрясения

Землетресения

Слово **сейсмология** в переводе с греческого языка означает "**наука о землетрясениях**".

Она осуществляет сложные, но чрезвычайно необходимые исследования, так как с их помощью специалисты прогнозируют движения земной поверхности, изучают структуру недр и происходящие в них процессы, разрабатывают методы уменьшения потерь после сильных землетрясений, отслеживают испытания атомного оружия, помогают в поиске полезных ископаемых.

Катастрофические землетрясения в истории

- 227 898 – таким останется в истории число жертв трагедии 2004 года. Цифра эта официальная, но очень примерная. Это лишь число обнаруженных тел. Пропавших без вести – десятки тысяч.
- Гипоцентр (очаг) толчков был в 30 километрах вниз от уровня моря. А эпицентр всего в 160 - от индонезийского острова Суматра. Его сдвинуло землетрясением на 36 метров, и это большая цифра, если мы говорим о строении планеты.
- Магнитуда, по разным оценкам, достигала отметки в 9.1-9.3 балла по шкале Рихтера. Это не рекорд, это лишь третий результат в истории. Но катастрофы-лидеры случались не в самых густонаселенных районах планеты – Чили (1960 год, 9,5 баллов, 6 тысяч погибших) и на Аляске (1964 год, 9.2 балла, 131 жертва).
- Часто в эпицентре землетрясения возникают волны будущего цунами, которые можно не разглядеть. Небольшой бугорок на водной глади высотой в 60 сантиметров не «засекли» бы никакие датчики, хоть и двигался он со скоростью 1000 км/ч. Ближе к берегу, на мелководье, волна стала медленнее. И выше в десятки, а то и сотни раз.

На севере Суматры города нет!



Землетрясения часто сопровождаются катастрофическими явлениями, связанными с поверхностными и подземными водами

Отсутствовавшая в те годы система предупреждения цунами привела к тому, что о надвигающейся волне не знали даже в тех регионах, куда она добиралась по несколько часов.

Во многих местах волны прошли по 2 километра вглубь берега. Но первым с волной-убийцей встретился город Банда-Ачех на севере Суматры. Там волна прошла 4 километра и унесла жизни 130 тысяч человек. Но пощадила местную мечеть.

Это не рекорд, это лишь третий результат в истории. Но катастрофы-лидеры случались не в самых густонаселенных районах планеты – Чили (1960 год, 9,5 баллов, 6 тысяч погибших) и на Аляске (1964 год, 9.2 балла, 131 жертва).

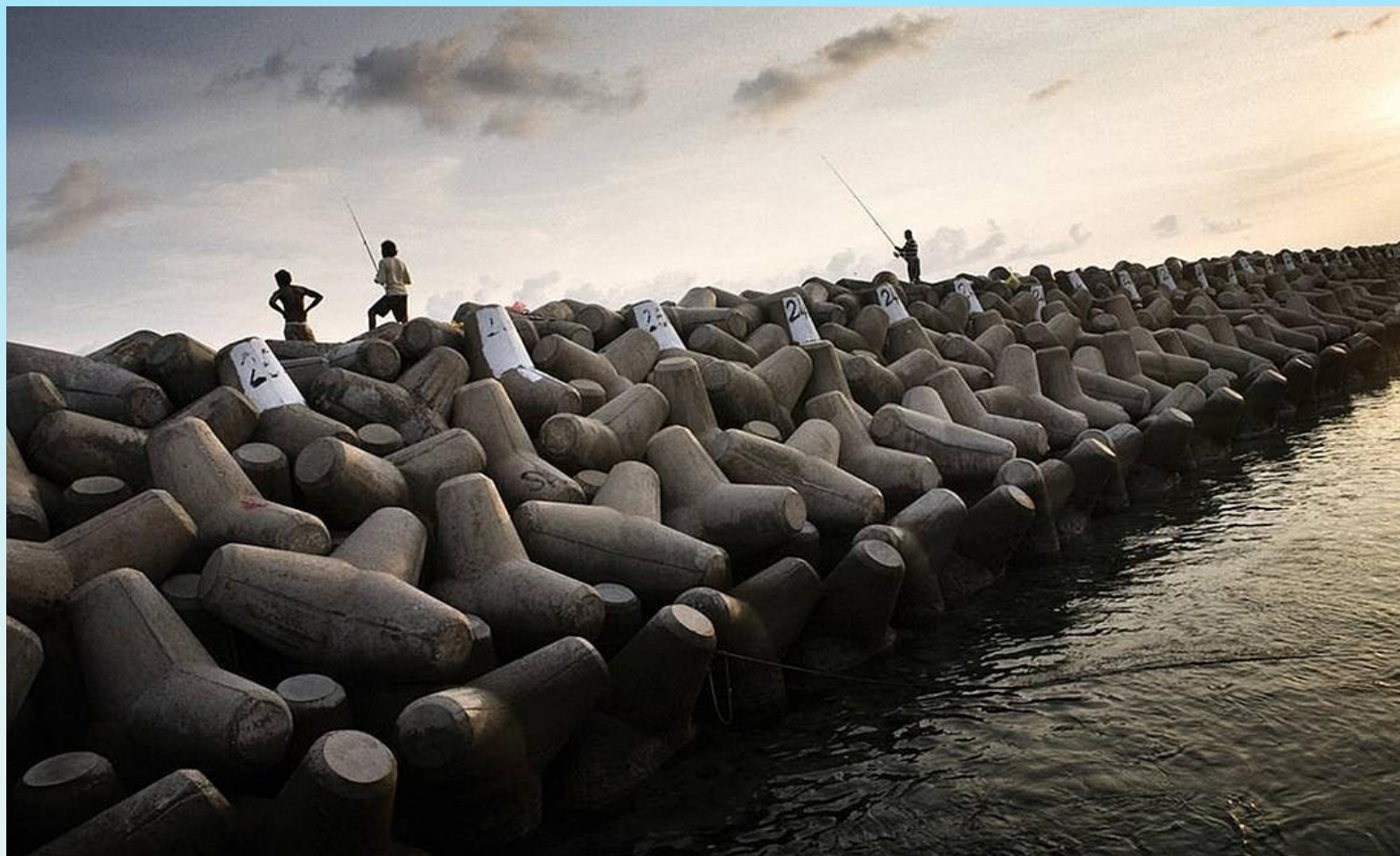


Шри-Ланка

- Цунами вызвало самую крупную железнодорожную катастрофу в истории. На Шри-Ланке волны высотой в 9 метров обрушились на переполненный пассажирский поезд, следовавший по прибрежной железной дороге. В пункте отправления – Коломбо – в него сели 1500 пассажиров. На следующих станциях подсаживались еще и безбилетники. Официально число погибших оценивается в 2000 человек. Треть из них – дети. Выжили лишь 150.
- Что любопытно, опытный машинист сумел увести состав вглубь острова после удара первой волны, но вторая шансов никому не оставила... Два вагона смыло в океан – их так и не нашли. До пункта назначения поезд не доехал всего 20 километров. С момента землетрясения прошло к тому моменту больше двух часов.



Даже до Мексики дошла волна высотой в 2.5 метра. Чего уж говорить о Мальдивах, где экстренно начали строить дамбы, которые никак не помогли



Без крыши над головой осталось около миллиона человек. В пострадавших странах начались вспышки холеры, тифа и дизентерии. Считается, что вызванная цунами гуманитарная катастрофа унесла до 300 тысяч жизней в 2005 году.



Результат землетрясения

- Землетрясение в Индийском океане было настолько мощным, что изменило форму планеты и уменьшило продолжительность суток на 2.68 микросекунды.
- Физики говорят, что общая энергия цунами была в два раза больше, чем энергия всех снарядов, взорванных в годы Второй Мировой. Включая две атомные бомбы.

Для оказания помощи всем миром собрали 11 млрд долларов. 500 млн пожертвовала Япония, которая сама станет жертвой стихии спустя 7 лет. В течении следующего месяца в регионе случилось еще около 500 землетрясений. Самое мощное – силой в 7.1 балла. Все они были вызваны первым.



Прогноз

- За три дня до этого землетрясения случилось другое – в ненаселенной части океана ближе к Новой Зеландии – силой в 8.1 балла. И аккурат на противоположном конце Индостанской плиты, на которой «лежит» значительная часть Индийского океана и Юго-Восточной Азии.
- Ученые никакой связи между этими событиями не заметили.
- Ученые считают, что подобное землетрясение с соизмеримым числом жертв может случиться не ранее, чем через 300 лет.

Армянское землетрясение

- Катастрофическое землетрясение магнитудой 6,8-7,2, произошедшее 7 декабря 1988 года в 10 часов 41 минуту по московскому времени на северо-западе Армянской ССР.
- Мощные подземные толчки за полминуты разрушили почти всю северную часть республики, охватив территорию с населением около 1 млн человек.
- В эпицентре землетрясения - Спитаке - интенсивность толчков достигла 9-10 баллов. Подземные толчки ощущались в Ереване и Тбилиси.
- Волна, вызванная землетрясением, обошла планету 2 раза и была зарегистрирована научными лабораториями в Европе, Азии, Америке и Австралии.

Результаты

- В результате землетрясения погибло, по меньшей мере, 25 тысяч человек (по другим данным — до 150 тысяч), 19 тысяч стали инвалидами, 514 тысяч человек остались без крова.
- В общей сложности, землетрясение охватило около 40 % территории Армении.
- В феврале-марте 1989 года по соображениям безопасности была закрыта Армянская АЭС, её первый энергоблок навсегда перестал работать, а второй был перезапущен только в 1995 году

Жуткие последствия



Землетрясения происходят, обычно, в горных районах, возле мест с возможными смещениями участка коры земли. Однако сейсмическая активность наблюдается и у нас.

Город находится в такой зоне земной коры, которая не способна продуцировать большие тектонические землетрясения. На данной территории могут быть такие землетрясения, как морозобойные и обвальные, но без сопровождения сильных подземных толчков. Особенность ситуации в том, что город на Неве стоит на сложных грунтах, вдобавок, располагается на участке тектонического разлома, а по его линии постоянно идёт перемещение.

Берег северной части Финского залива поднимается со скоростью 1-1,5 мм за год, южного же опускается за такой промежуток на 0,5-5 мм.

К примеру, о землетрясении, случившемся в 1802 году, даже вспоминал А. С. Пушкин. До города на Неве дошло и страшное землетрясение 1940 года, когда целиком был разрушен Кишинёв. Имеют место разломы в районах Ленинского проспекта, Красного Села и других местах, над которыми происходит растрескивания зданий.



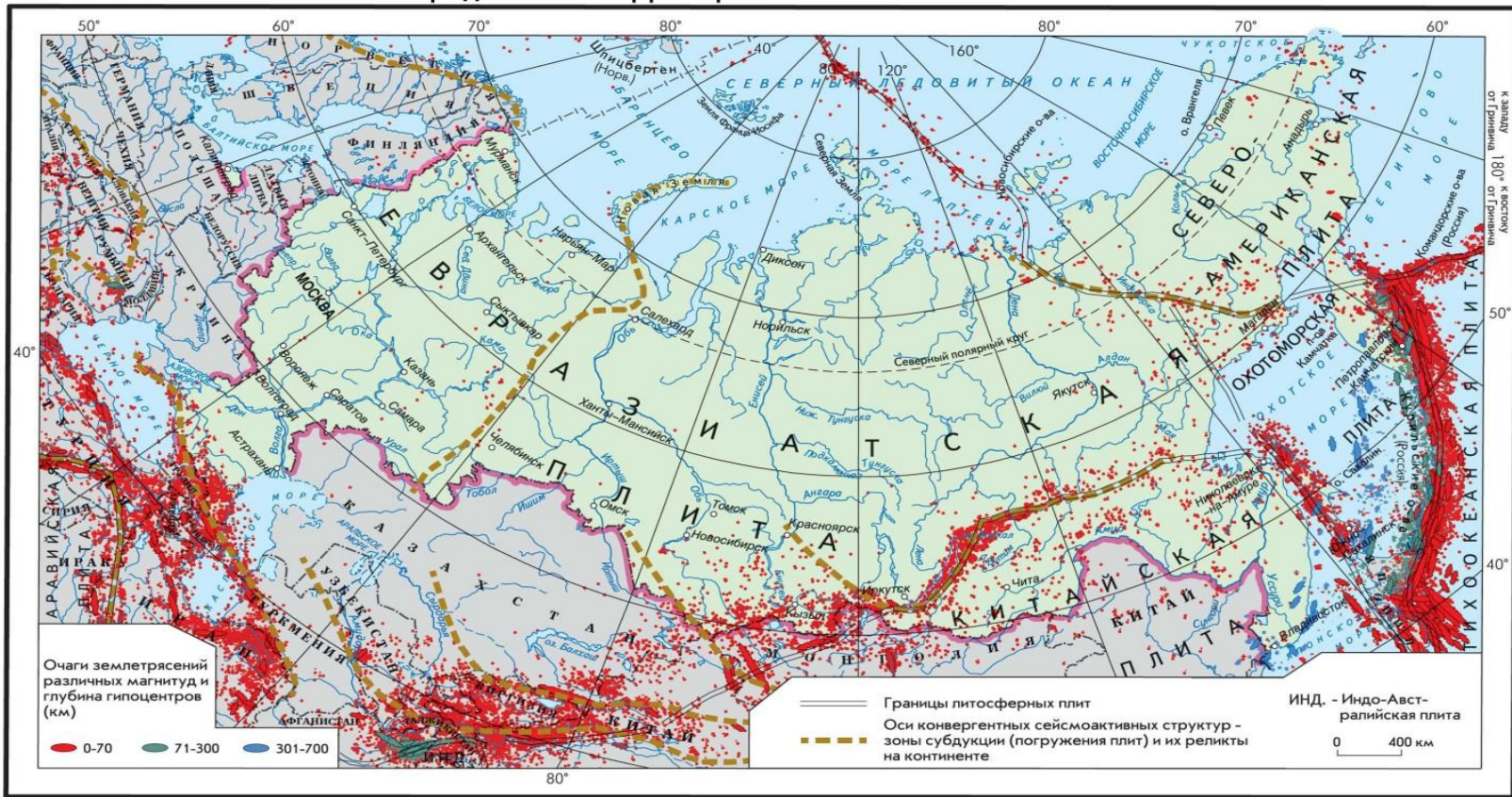
Существует мнение, что в Северной столице может случиться землетрясение, что принесёт городу немалые разрушения. С 2000 года эти идеи были научно истолкованы в исследованиях, проводимых институтом физики Земли, и в 2004 году они подтвердились на практике, когда произошло землетрясение в Калининграде. Даже небольшая подобная стихия создаст проблемы в сегодняшних условиях, потому что на малоустойчивых грунтах сильнее чувствуются подземные толчки. Люди, проживавшие в высотных домах, жаловались, что при однобальном землетрясении у них в домах вибрируют стёкла, раскачивается люстра и звенит кухонная посуда.

Для строительства проводят оценку сейсмической опасности района. Она базируется на комплексе карт ОСР-97, утверждённых РАН с 2000 года. Санкт-Петербург расположен в зоне сейсмических воздействий в 6 баллов по шкале MSK-64, и это более опасная зона, в отличие от территории Москвы.

Предупреждение некоторых сейсмологов, что в городе на Неве возможно сравнительно большое землетрясение, иллюстрировалось фактом землетрясения, произошедшего в 2004 году в Калининграде.

Калининград, при этом, и та же Москва, пребывает в зоне с 5-бальными сейсмическими воздействиями, Санкт-Петербург – с воздействиями в 6 баллов.

Сейсмичность России и сопредельных территорий



© Уломов В.И. Сейсмичность // Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология. 2004. С. 56-57.

Территория Российской Федерации, по сравнению с другими странами мира, расположенными в сейсмоактивных регионах, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Исключение составляют регионы Северного Кавказа, юга Сибири и Дальнего Востока, где интенсивность сейсмических сотрясений достигает 8-9 и 9-10 баллов по 12-балльной макросейсмической шкале MSK-64. Определенную угрозу представляют и 6-7-балльные зоны в густонаселенной европейской части страны.

Землетрясение

Землетрясение - это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре.





Трещина над очагом Горно-Алтайского (Чуйского) землетрясения 27 сентября 2003 г.
(на фото д. геол.-мин. наук Валерий Имаев, Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск).

Анатомия землетрясений

Землетрясения - колебания поверхности земли, вызванные внезапным движением вдоль разлома или разрыва земной коры

Разлом

Нарушение сплошности горных пород

Эпицентр

Точка на поверхности земли, непосредственно над очагом землетрясения

Очаг

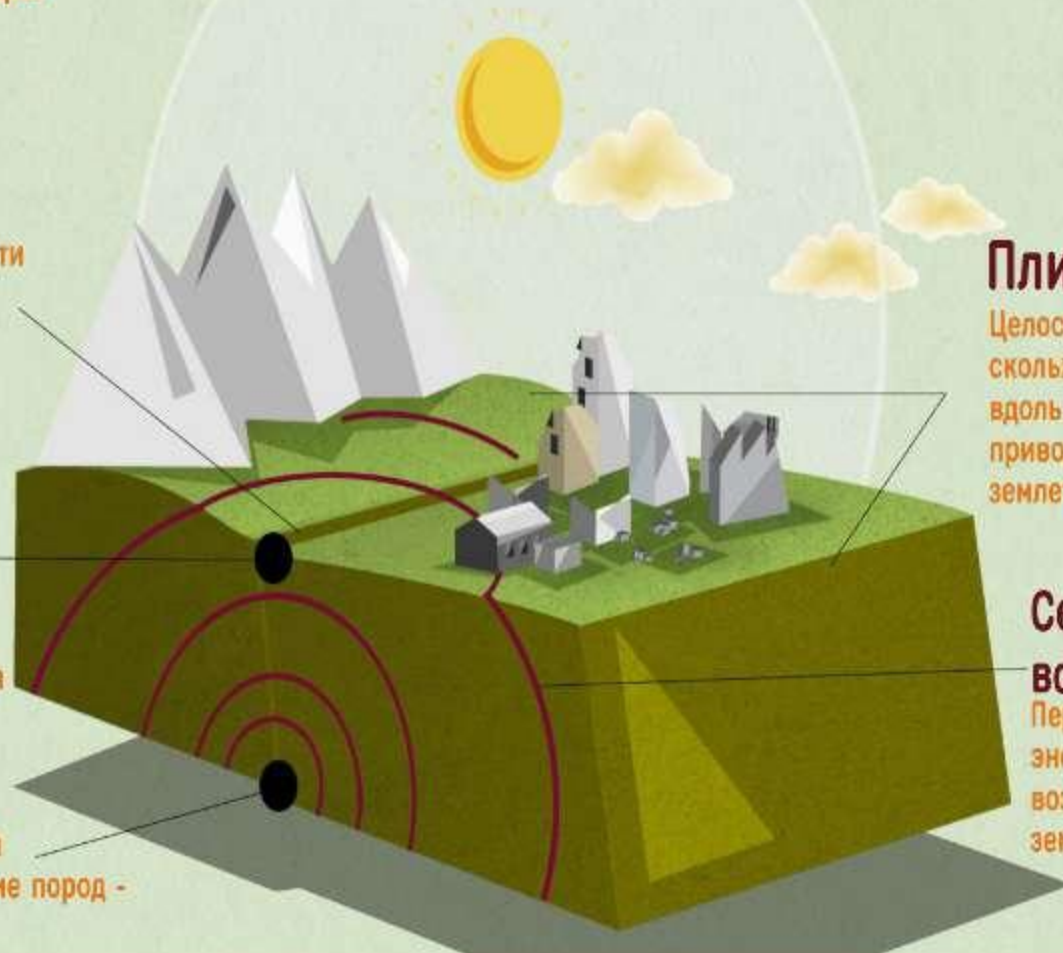
Точка, где начинается разрыв и перемещение пород - очаг землетрясения

Плиты

Целостные блоки, скольжение которых вдоль разлома приводит к землетрясениям

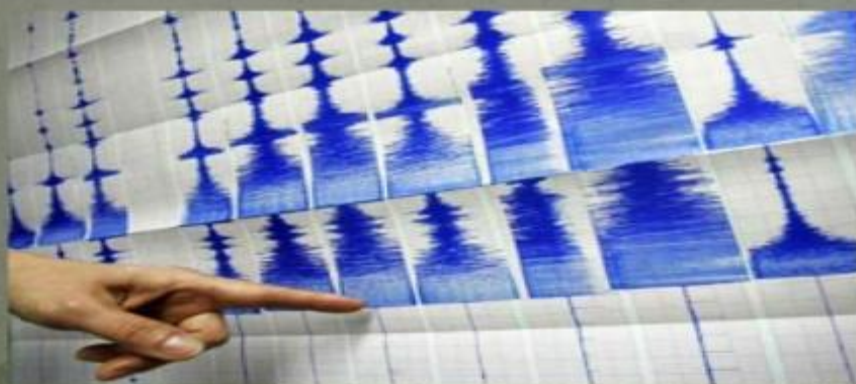
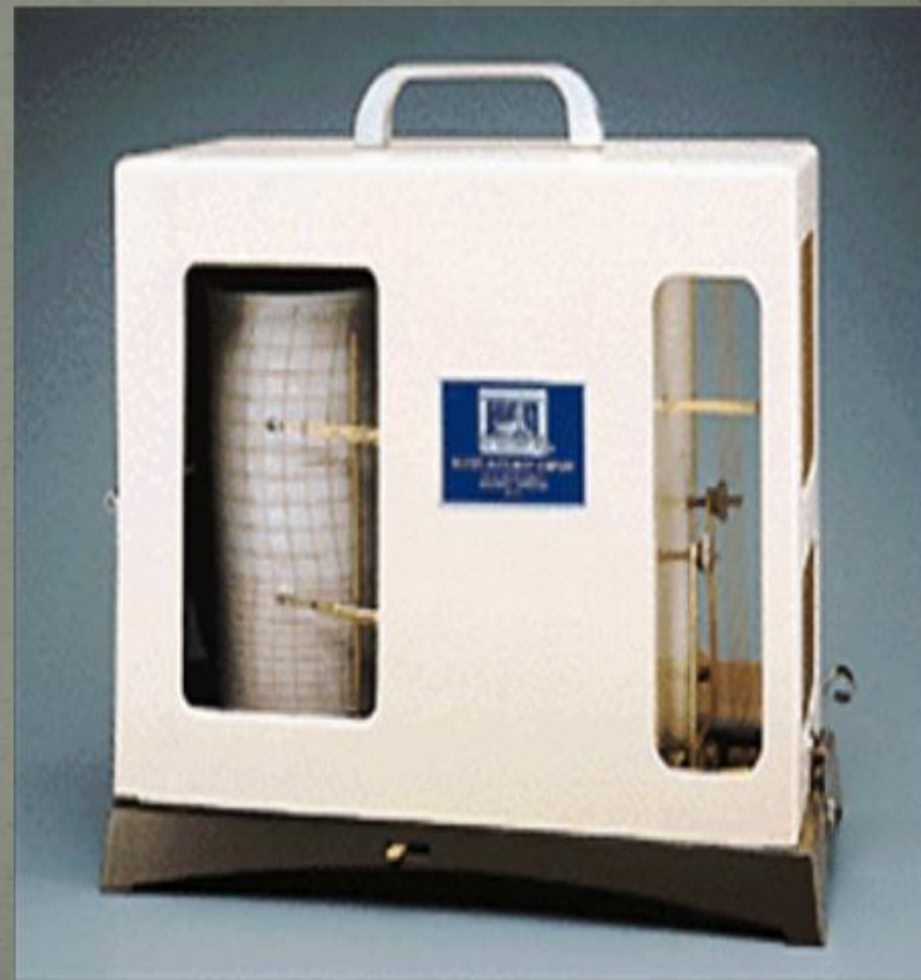
Сейсмические волны

Перемещают энергию, возникшую при землетрясениях

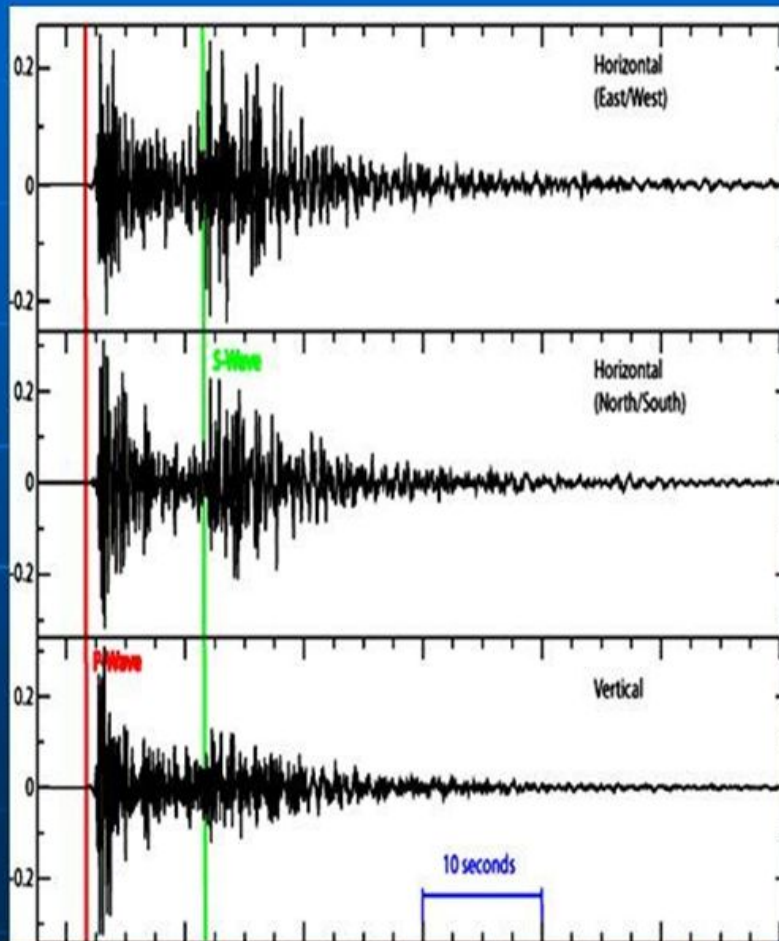


Для изучения землетрясений служат специальные приборы – сейсмографы.

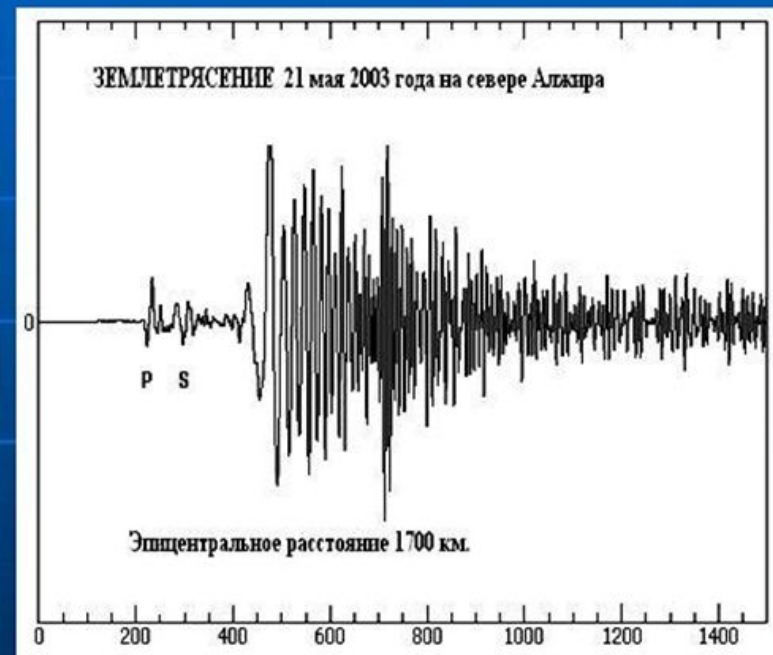
СЕЙСМОГРАФ



Пример записи объемных и поверхностных волн на сейсмограммах.



Глубокофокусный очаг



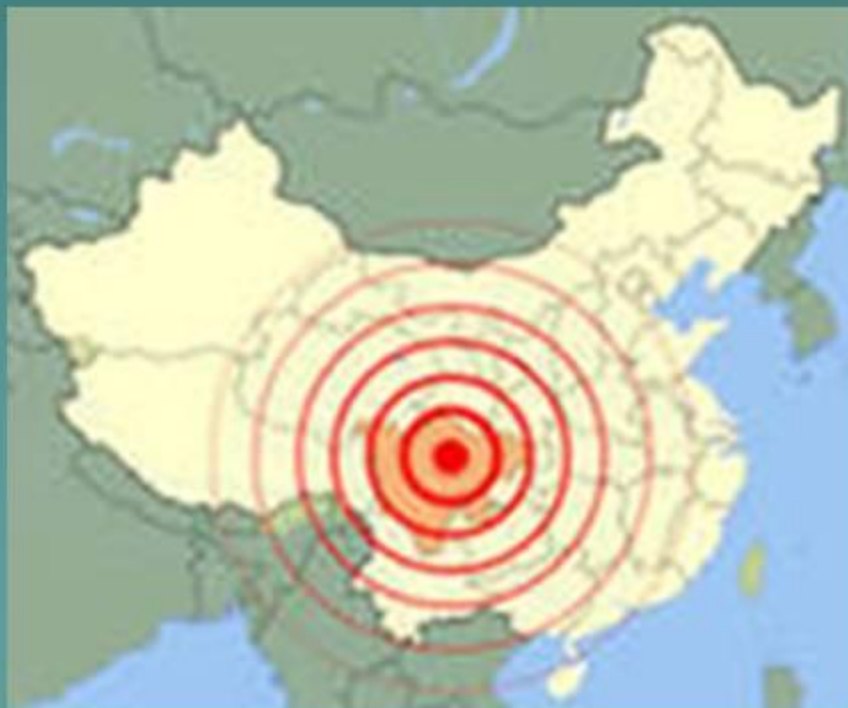
Очаг вблизи поверхности Земли

Классификация землетрясений по их происхождению

Вид землетрясения	Причины происхождения
Тектонические	Тектонические процессы в недрах земной коры
Вулканические	Извержение вулканов
Обвальные	Обрушение карстовых пустот или заброшенных горных рудников
Наведенные	Инженерная деятельность человека, например, взрывы большой мощности
При ударе космических тел о Землю	Удары и взрывы метеоритов, астероидов и комет
Моретрясения	Подводные или прибрежные тектонические или вулканические землетрясения

Параметры землетрясения:

- * интенсивность;
- * магнитуда;
- * глубина очага



• Магнитуда землетрясения –

это мера общего количества энергии, излучаемой при сейсмическом толчке в форме упругих волн.

• Интенсивность землетрясения –

это сила землетрясения, которая зависит от расстояния (от эпицентра к периферии)

Шкала землетрясений по шкале Рихтера

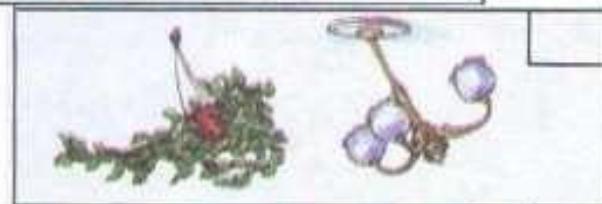
Баллы

Явления

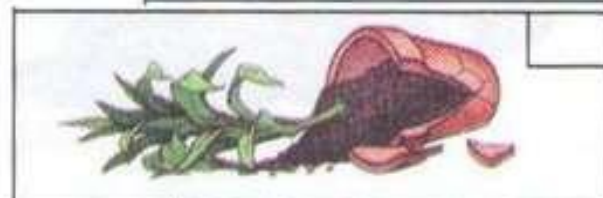
1-2 Человек не чувствует.



3-4 Небольшие движения люстр, звон посуды.



5-6 Падают небольшие предметы.



7-8 Отмечаются трещины на стенах домов.



9-10 Разрушение построек.



11-12 Разрушаются многие постройки.





1 – 2 балла



3 – 4 балла



5 – 6 баллов



7 – 8 баллов

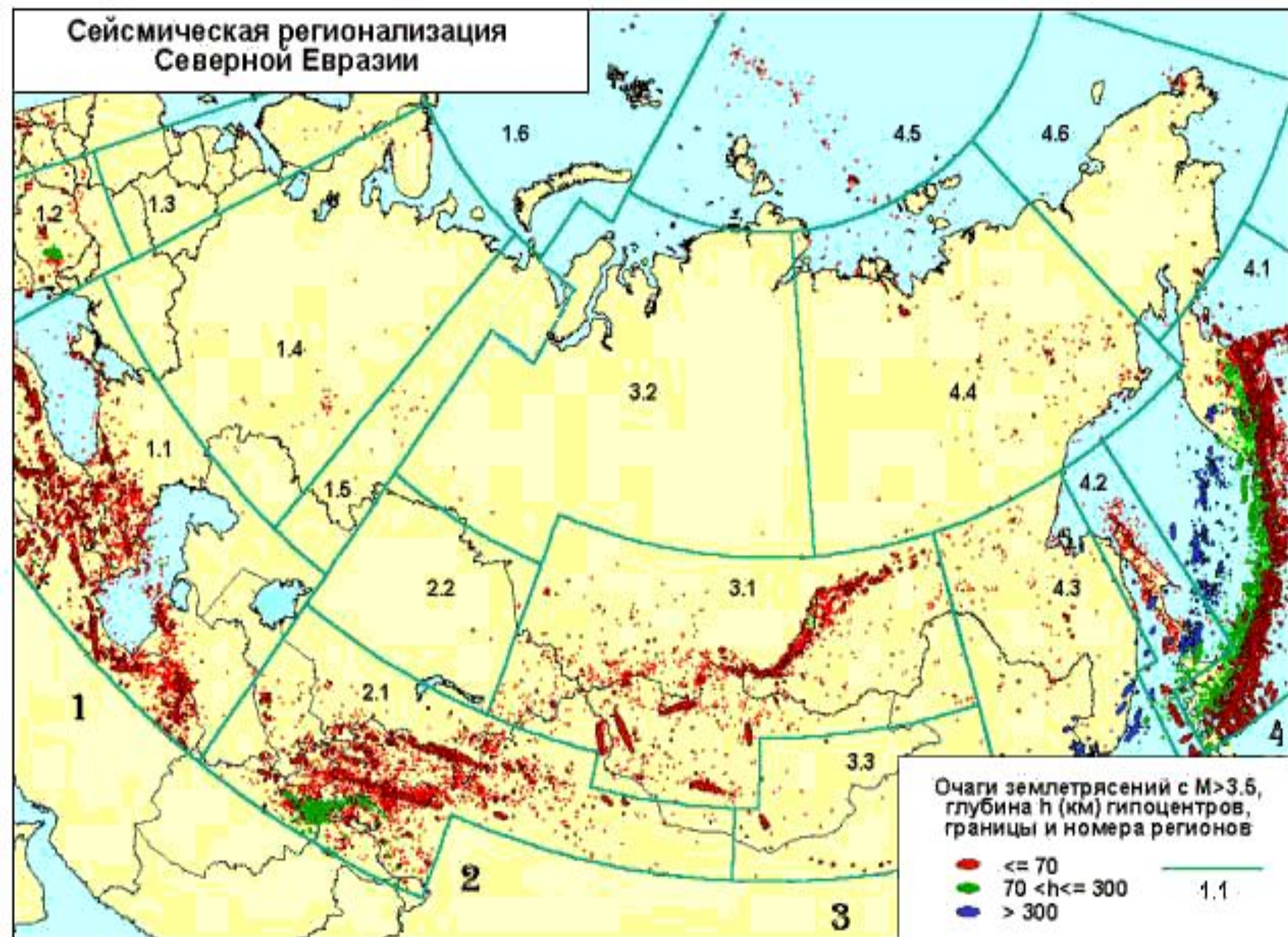


9 – 11 баллов



12 баллов

Сейсмическая регионализация Северной Евразии



ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

- ❖ ПРЕДСКАЗАТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ – ЭТО ЗНАЧИТ ОПРЕДЕЛИТЬ С БОЛЬШОЙ ТОЧНОСТЬЮ ЕГО МЕСТО (ОЧАГ), ВРЕМЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МАГНИТУДУ (ЭНЕРГИЮ, ВЫДЕЛЕННУЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗРЫВА).
- ❖ СУЩЕСТВУЕТ ОПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА (МОНИТОРИНГ) НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ И РАЗВИТИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ, ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ.
- ❖ ПОД МОНИТОРИНГОМ ПОНИМАЕТСЯ СИСТЕМА ПОСТОЯННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЯВЛЕНИЯМИ, ПРОЦЕССАМИ, ПРОИСХОДЯЩИМИ В ПРИРОДЕ И ТЕХНОСФЕРЕ, ДЛЯ ПРЕДВИДЕНИЯ НАРАСТАЮЩИХ УГРОЗ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ ЕГО ОБИТАНИЯ.
- ❖ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ – ЭТО ОПЕРЕЖЕНИЕ ОТРАЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРИЧИН ЕЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, ЕЕ ИСТОЧНИК В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

"КЛИМАТ"

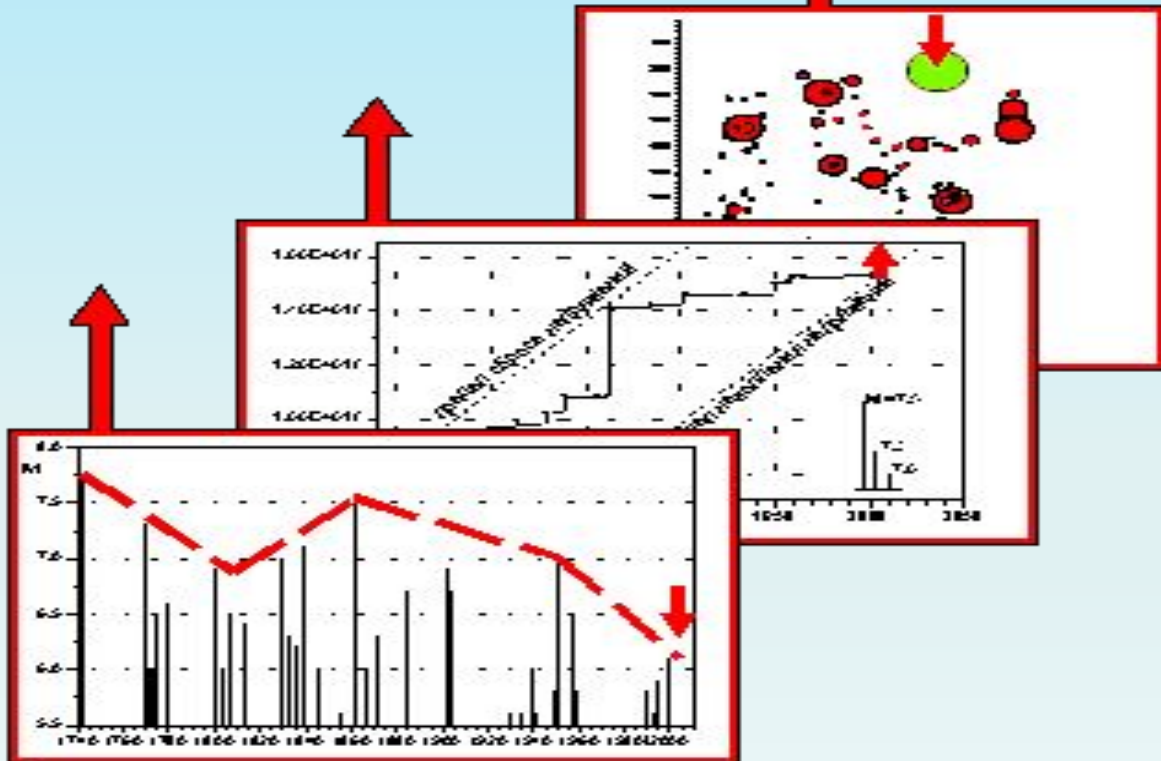
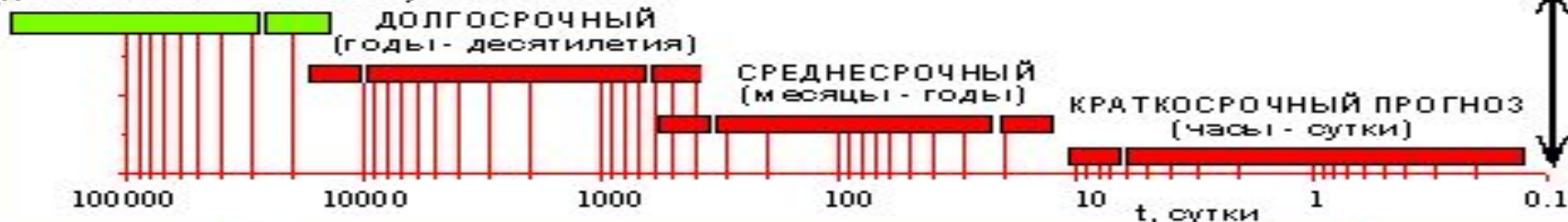
ПРОГНОЗ МЕСТА И СИЛЫ

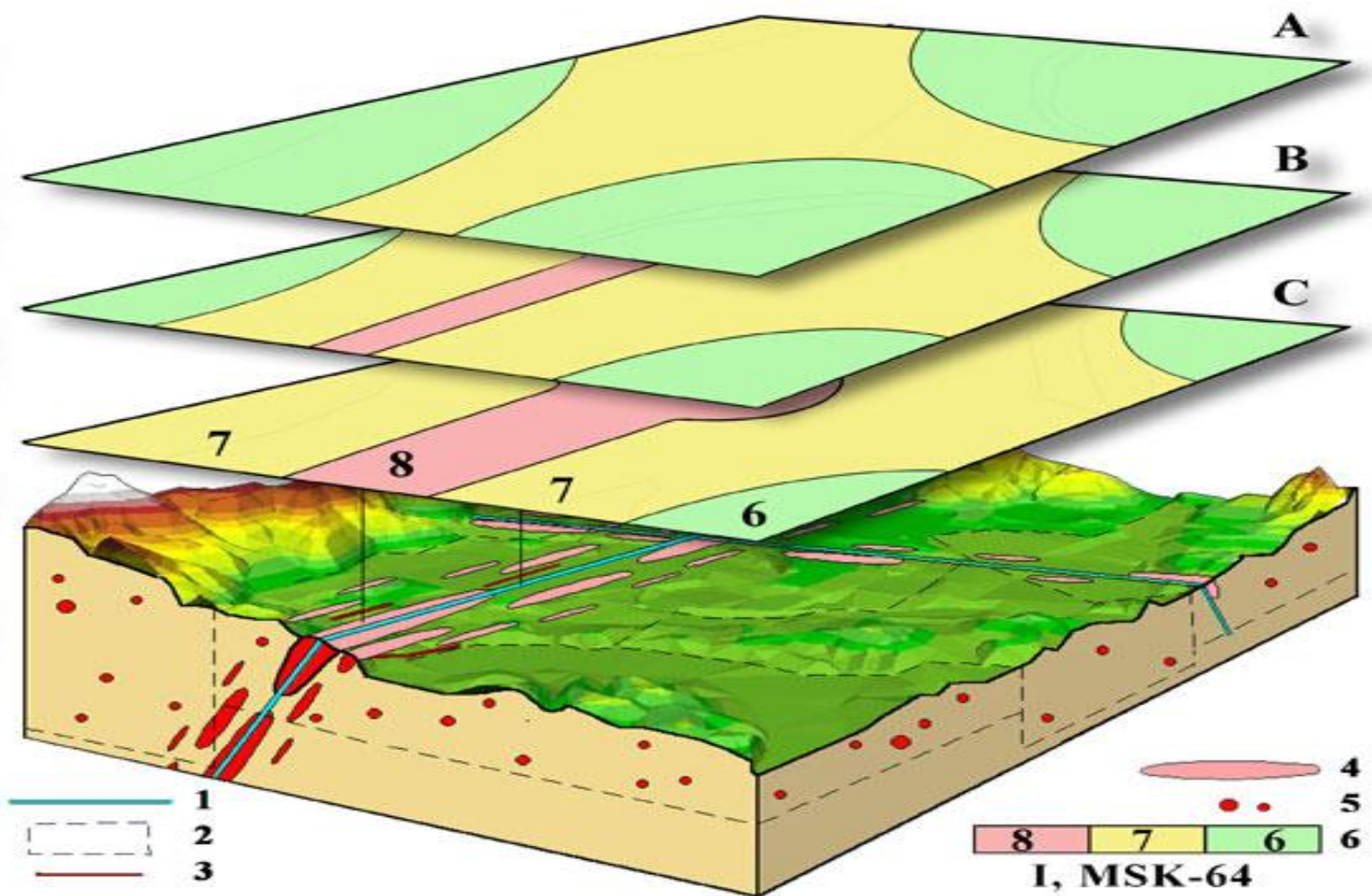
"ПОГОДА"

ПРОГНОЗ МЕСТА, ВРЕМЕНИ И СИЛЫ

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

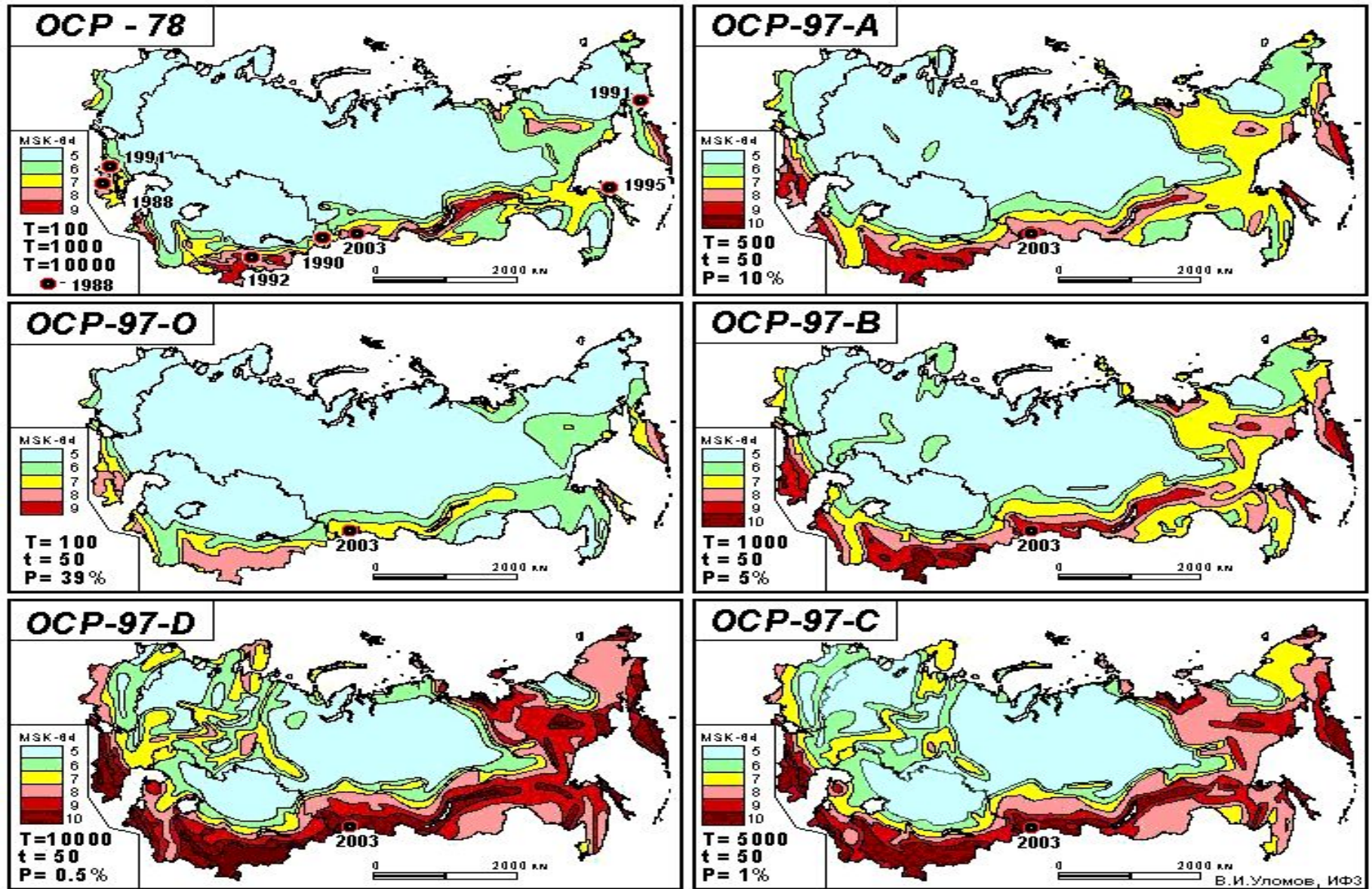
(десятилетия - столетия)





**МОДЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
 И СОЗДАВАЕМОГО ИМИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
 НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ
 ВРЕМЕНИ - 500 (А), 1000 (В) и 5000 (С) ЛЕТ**

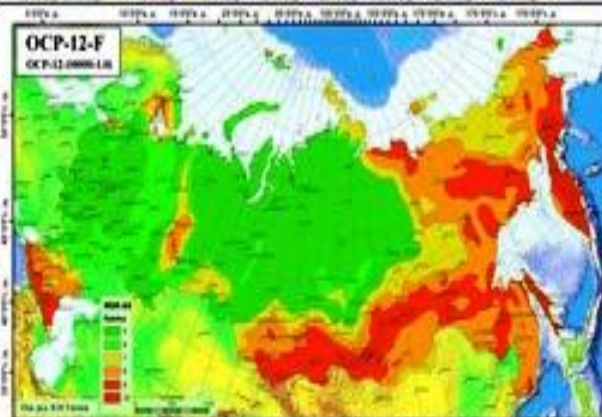
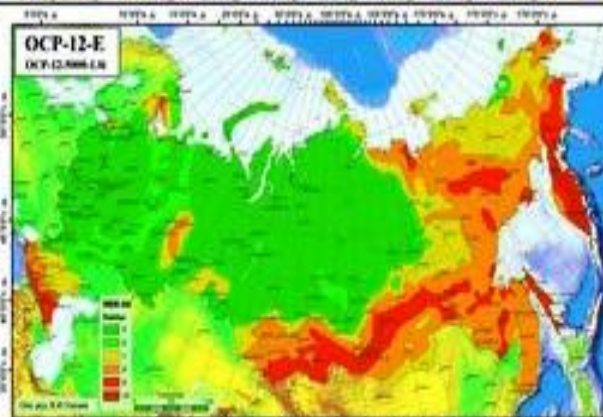
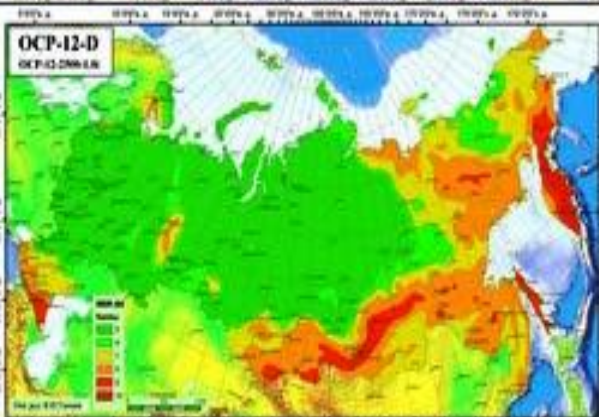
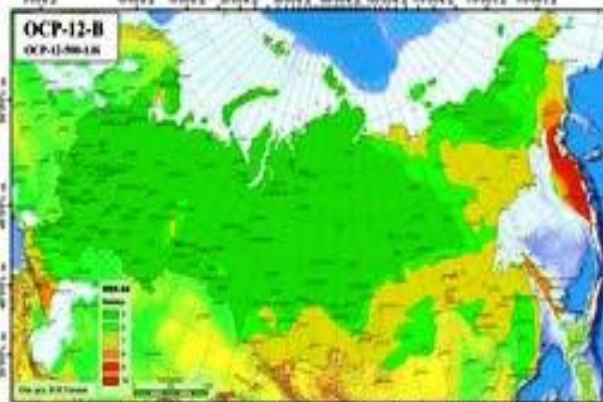
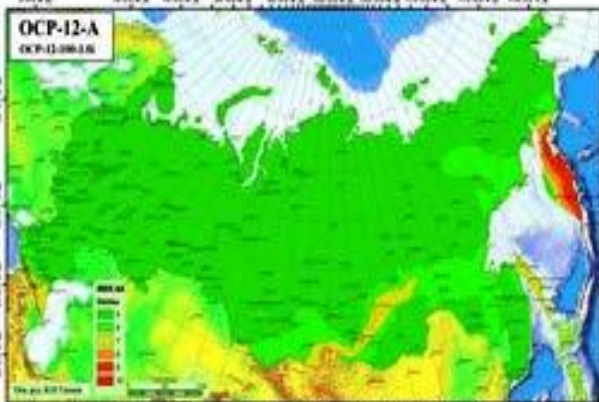
(с) В.И. Уломов, ИФЗ РАН



Карты сейсмического районирования территории Северной Евразии (в границах бывшего СССР), созданные в 1978 г. и в 1997 г.

В.И.Уломов, ИФЗ

ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ - ОСР-2012



Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы

Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы

Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла

Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла
Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла	Список населённых пунктов с указанием для них сейсмической интенсивности в градусах 0.5 балла

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данные карты представляют собой сейсмическое районирование территории Российской Федерации, выполненное в соответствии с требованиями Федерального закона от 19.06.2004 N 54-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О техническом регулировании" и Федеральный закон "О развитии моногородов и моноотраслевых территорий".

Целью сейсмического районирования является определение зон различной сейсмической опасности, что позволяет проводить инженерно-сейсмические расчеты объектов и сооружений, проектируемых в сейсмически активных районах.

Сейсмическое районирование выполнено на основе анализа сейсмического наследия территории Российской Федерации, а также данных о сейсмической активности за последние десятилетия. Для определения сейсмической опасности использованы данные о землетрясениях магнитудой от 3.0 до 7.5 баллов макросейсмической шкалы.

Сейсмическое районирование выполнено в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 51303-2009 "Сейсмическое районирование территории Российской Федерации".

УЧАСТНИКИ РАБОТ

Работы выполнены в рамках государственного задания на проведение исследований в области фундаментальной науки и прикладных наук.

Участники работ:


- Институт географии РАН
- Институт проблем механики РАН
- Институт землетрясения и сейсмологии РАН
- Институт геофизики РАН
- Институт физики Земли РАН
- Институт вулканиологии, сейсмологии и геофизики СО РАН
- Институт географии УрО РАН
- Институт географии СО РАН
- Институт географии КФУ
- Институт географии СВФУ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

**СТРОИТЕЛЬСТВО
В СЕЙСМИЧЕСКИХ
РАЙОНАХ**

СНиП II-7-81*

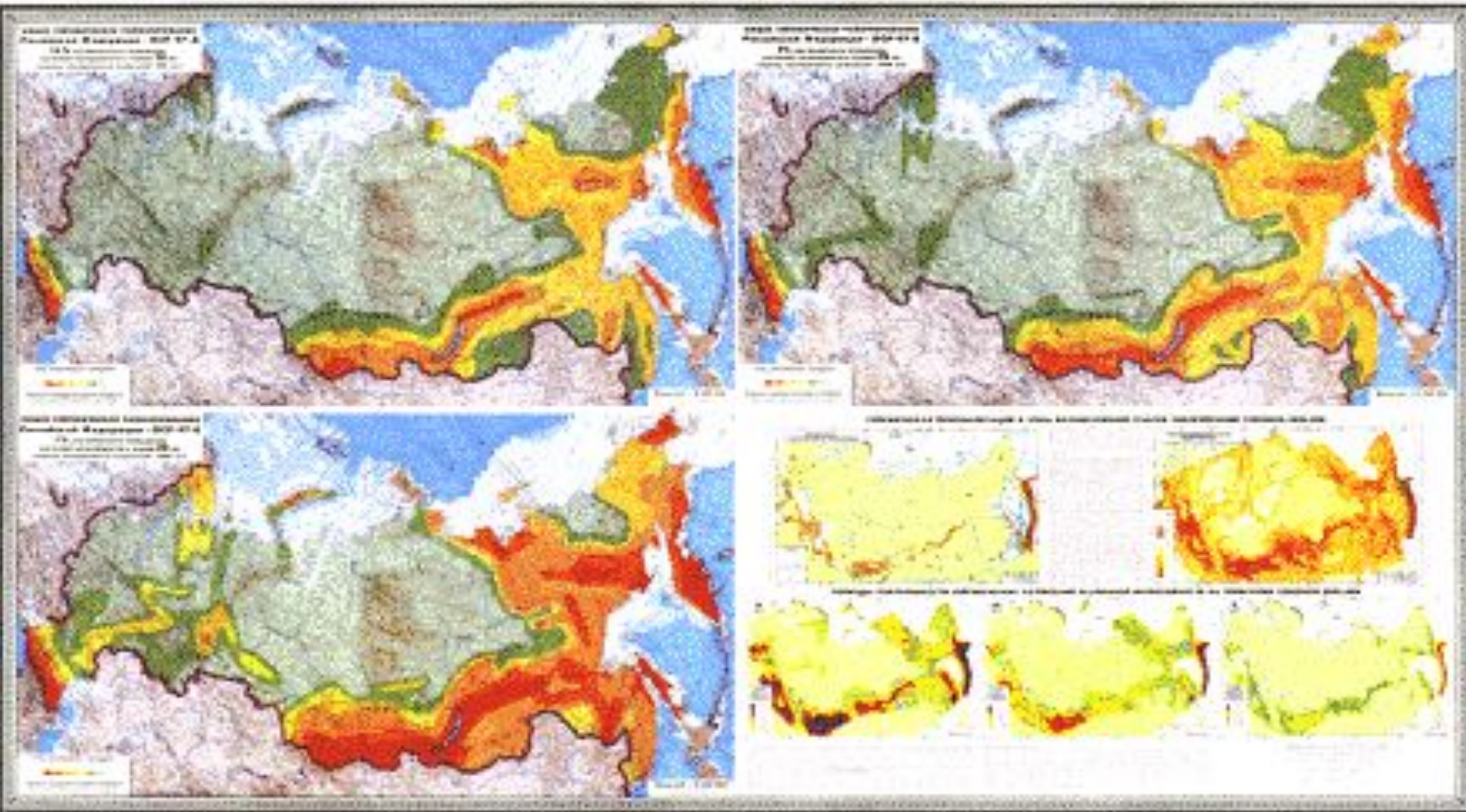
ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
И МЕТРОЛОГИИ
Москва 2000

**КАРТЫ
ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ —
ОСР-97**

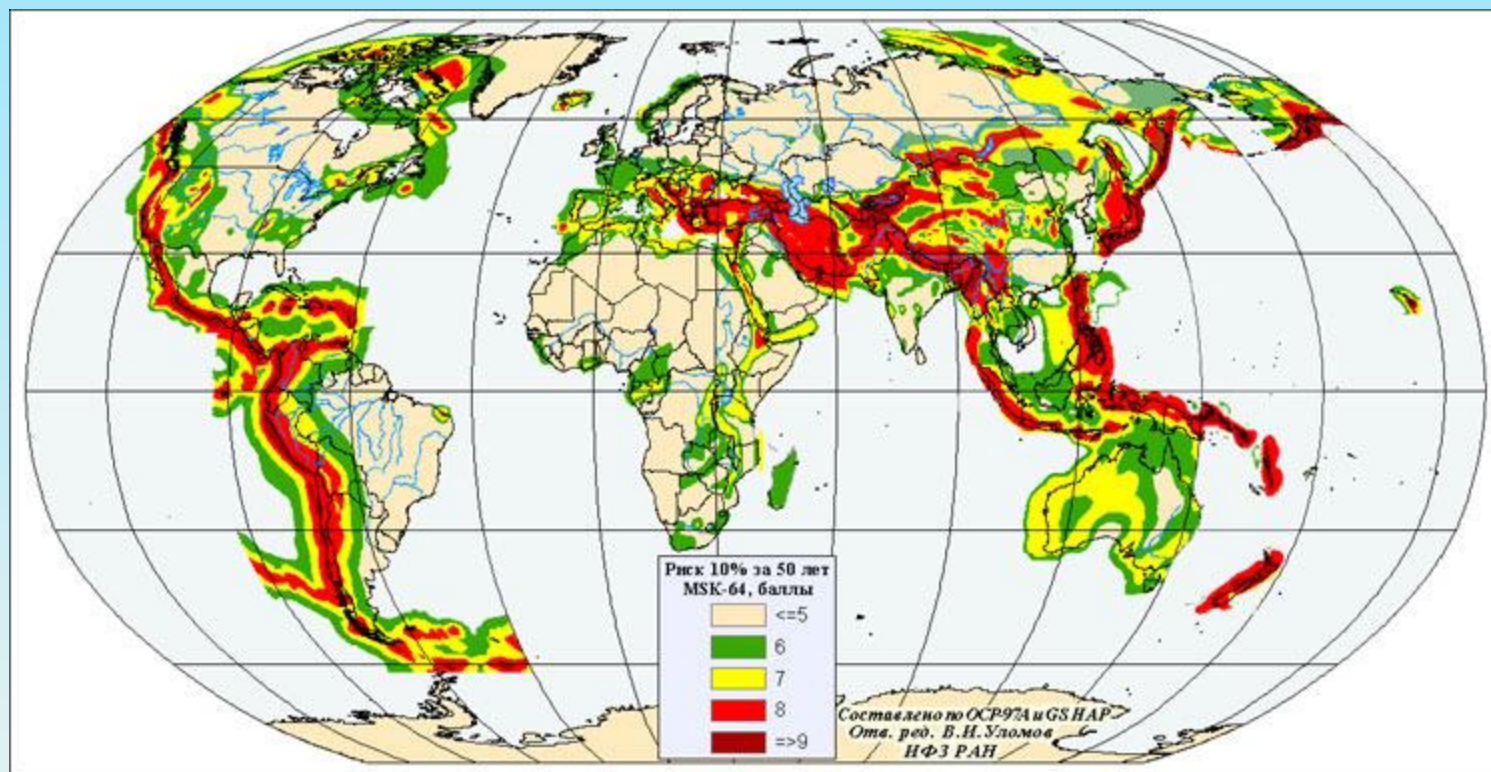
Москва 2000

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Настенный вариант карт ОСР-97, опубликованный в 2000 г. и предназначенный для практического использования. Масштаб каждой из карт ОСР-97 (А, В, С) - 1: 8 000 000.

Карта глобальной сейсмической опасности, составленная на основе карт ОСР-97А и GSHAP и представленная в баллах шкалы сейсмической интенсивности MSK-64



Оценка силы землетрясения

Существует два основных метода определения мощности землетрясения:

- 1) По магнитуде – указывается уровень высвобождаемой энергии внутри земли
- 2) По интенсивности – отражается результат землетрясения на поверхности земли

Теория упругой отдачи и дилатансии

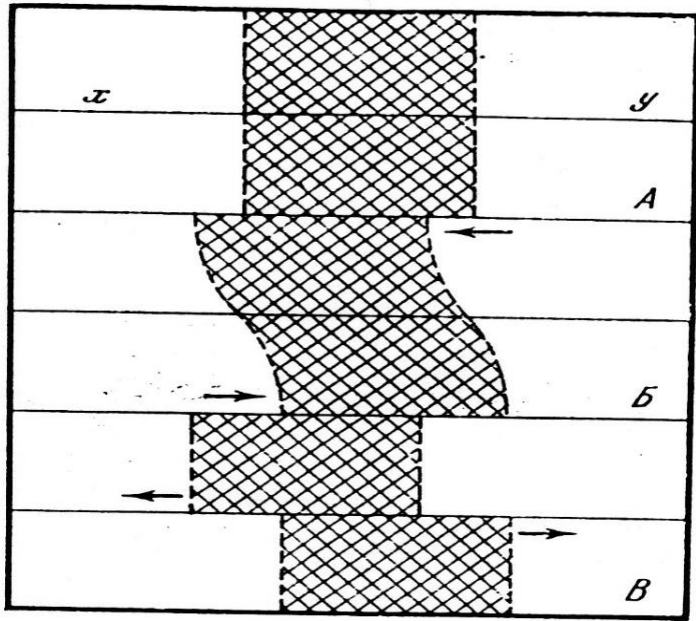


Рис. 72. Упругая отдача. Региональные напряжения медленно деформируют участок, на котором наиболее слабые породы залегают вдоль линии xy , накапливая в породах упругую энергию, пока он не приобретет форму, показанную на рис. Б. Когда напряжение превысит прочность пород, произойдет разрыв вдоль линии xy , с высвобождением накопленной энергии в виде сейсмических волн и образованием геологического разлома (B)

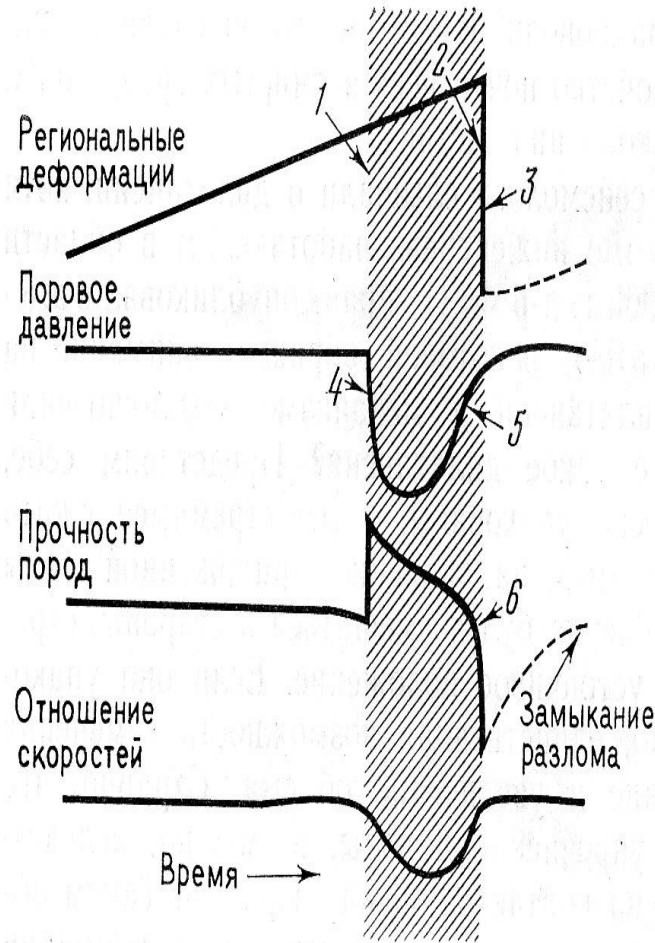
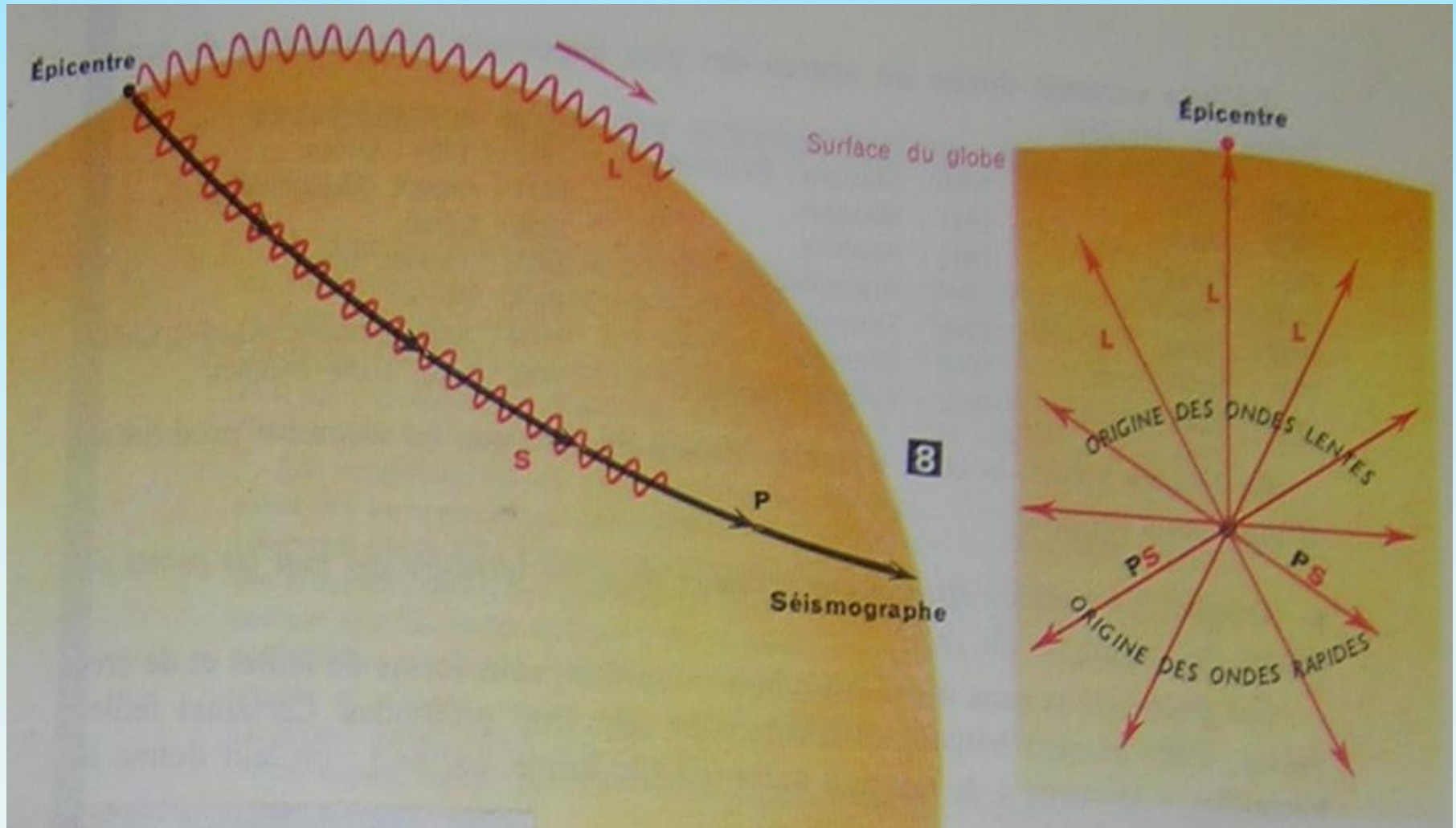
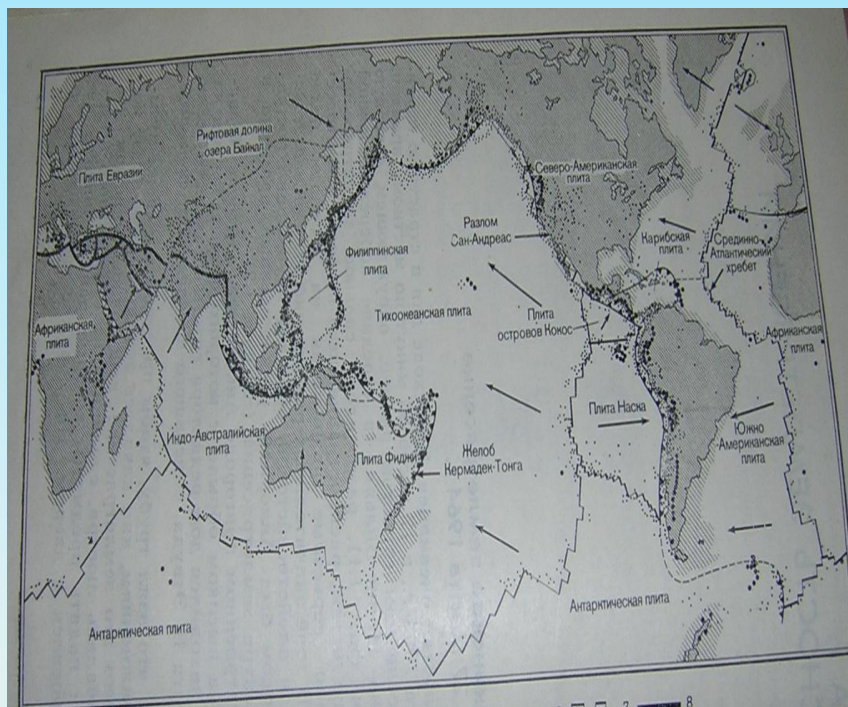


Рис. 100. Дилатансия и механизм землетрясения: 1 — начало дилатансии; 2 — землетрясение; 3 — упругая отдача; 4 — образование трещин и увеличение объема; 5 — перемещение поровой жидкости; 6 — разрушение

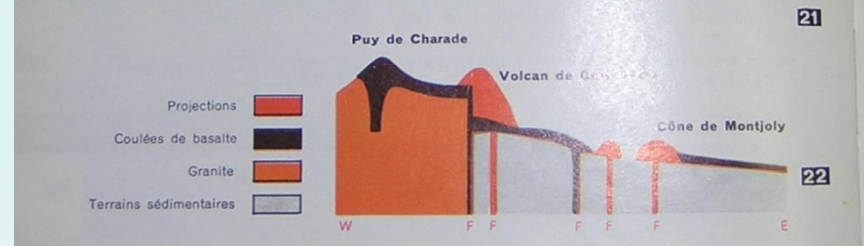
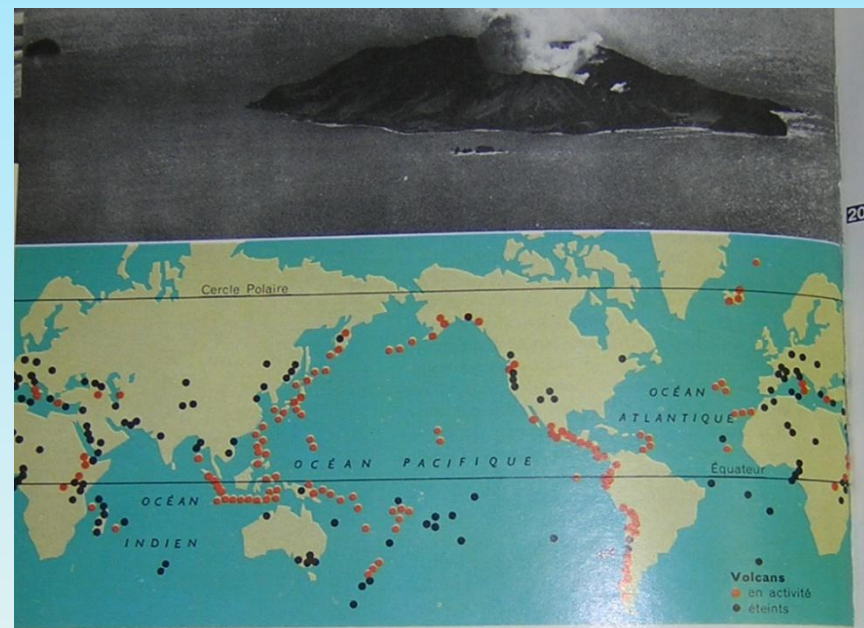
Землетрясения



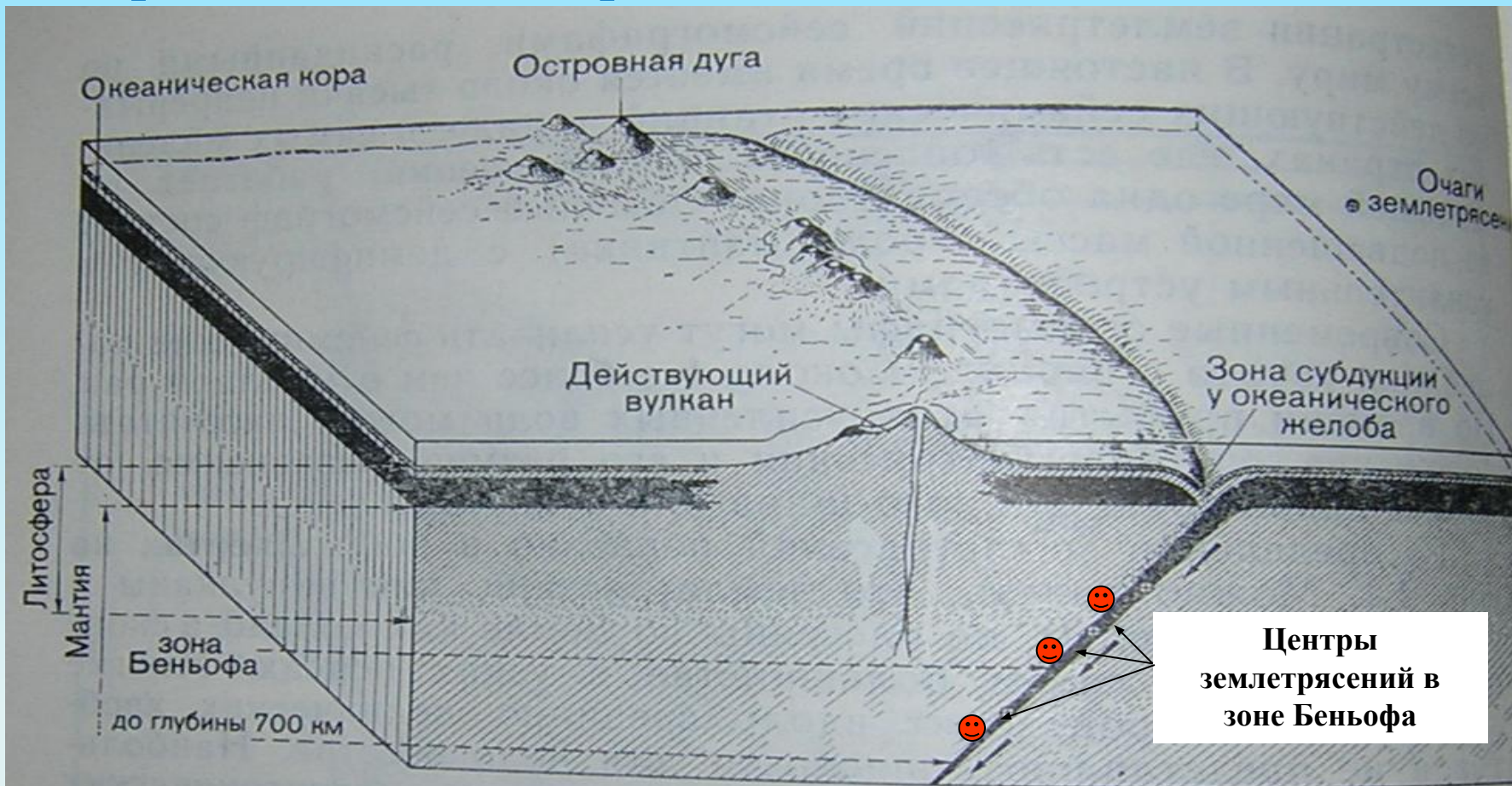
Землетрясения связаны с тектонической структурой Земли



Фиг. 1.1. Карта мира, схематически показывающая расположение вулканов и зон землетрясений в системе крупных тектонических плит.
 1—континентальная кора; 2—вулканы; 3—зоны землетрясений; 4—зоны субдукции; 5—границы плит, проводимые условно; 6—направление движения плит; 7—разрастающиеся срединно-океанические хребты, смещенные по трансформным разломам; 8—зоны столкновения плит.



Землетрясения связаны, как с вертикальными, так и горизонтальными перемещениями тектонических плит



Фиг. 1.4. Модель литосферной плиты и зоны Бенъофа, погружающихся под островную дугу.
Менее плотная магма поднимается к поверхности и изливается в виде лавы на дно океана, создавая там островную дугу.

Землетрясения и наблюдения за сейсмическими волнами позволяют заглянуть вглубь земного шара!

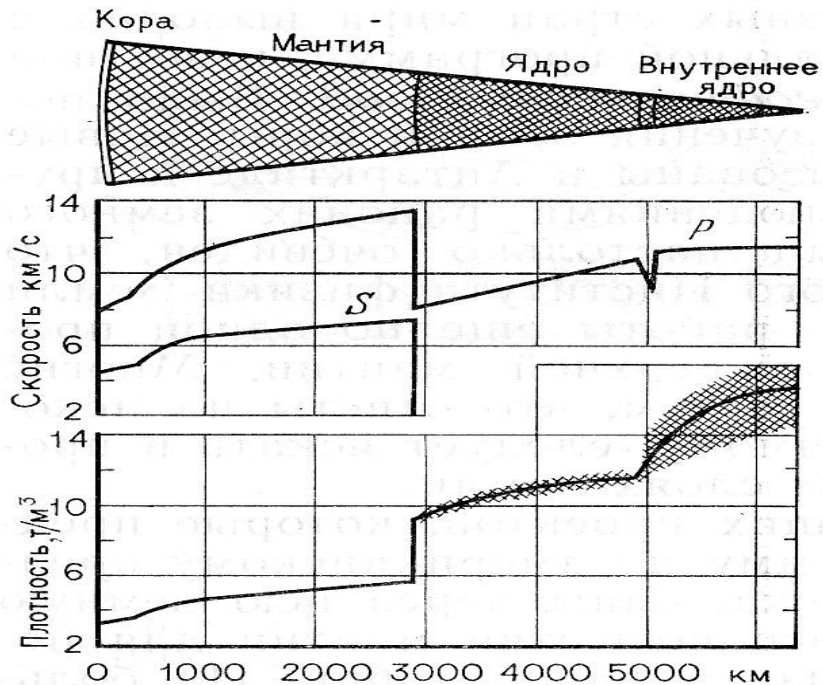


Рис. 55. Плотность вещества и скорость сейсмических волн в недрах Земли. Скорости P - и S -волн на различных глубинах определены довольно точно: оценка по ним плотности менее определена, особенно в пределах внешнего и внутреннего ядра, что показано на нижнем графике штриховкой

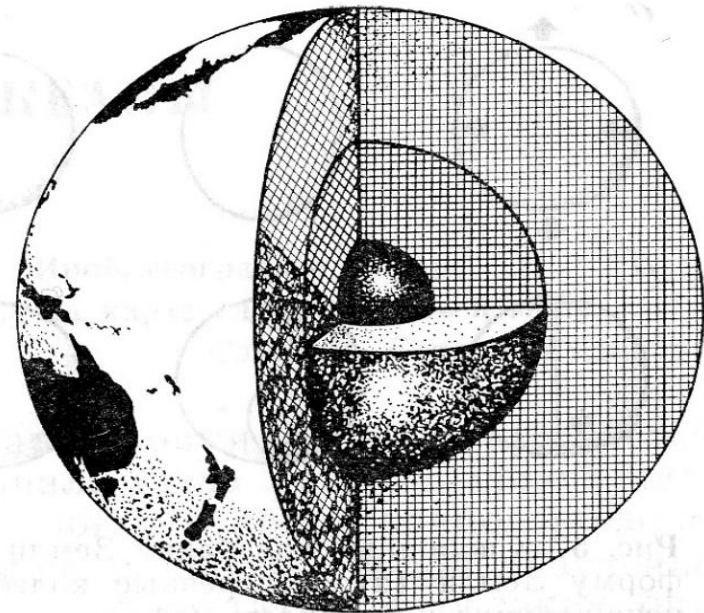


Рис. 56. Внутреннее строение Земли. Мощность коры 30 км, мантии 2,900 км; радиус ядра 3470 км, внутреннего ядра 1400 км, Земли в целом 6,370 км

Энергия землетрясений.

Таблица XII-4
СЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ АН СССР
(ПО С. В. МЕДВЕДЕВУ)

Балл	Название землетрясения	X_0 , мм	a , мм/сек ²	Сейсмическое ускорение, доли g
1	Незаметное	—	$< 2,5$	—
2	Очень слабое	—	2,6–5	—
3	Слабое	—	5,1–10	—
4	Умеренное	$< 0,5$	11–25	—
5	Довольно сильное	0,5–1	26–50	0,025
6	Сильное	1,1–2	51–100	0,025–0,05
7	Очень сильное	2,1–4	101–250	0,05–0,1
8	Разрушительное	4,1–8	251–500	0,1–0,2
9	Опустошительное	8,1–16	501–1000	0,2–0,4
10	Уничтожающее	16,1–32	1001–2500	$> 0,4$
11	Катастрофа	> 32	2501–5000	—
12	Сильная катастрофа	—	> 5000	—

Магнитуда землетрясений изменяется от 0 при очень слабых толчках до 8,8 при очень сильных, катастрофических.

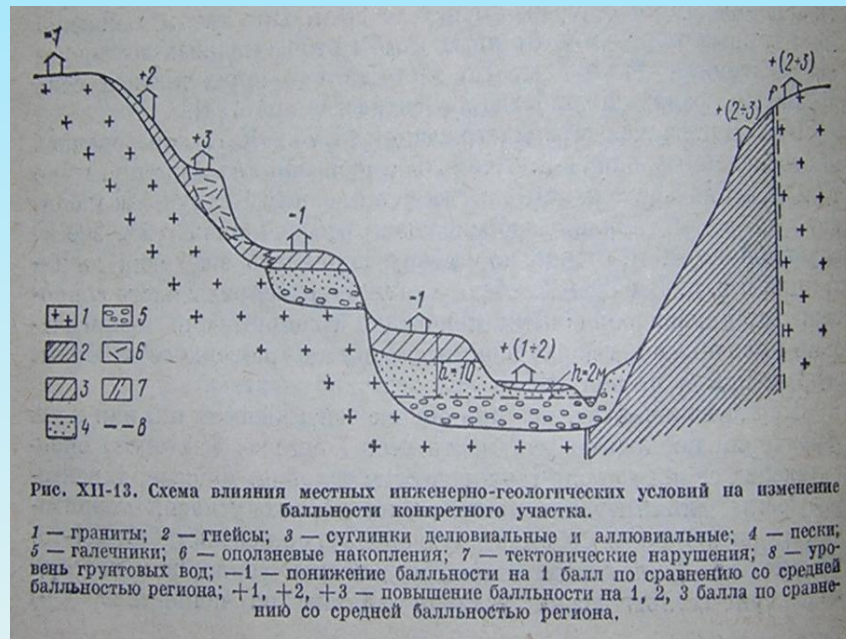
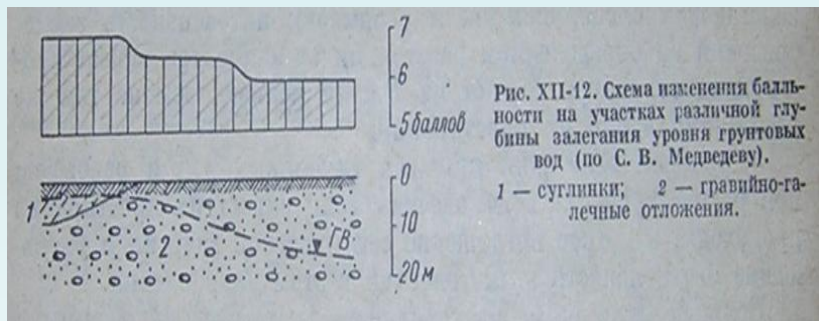
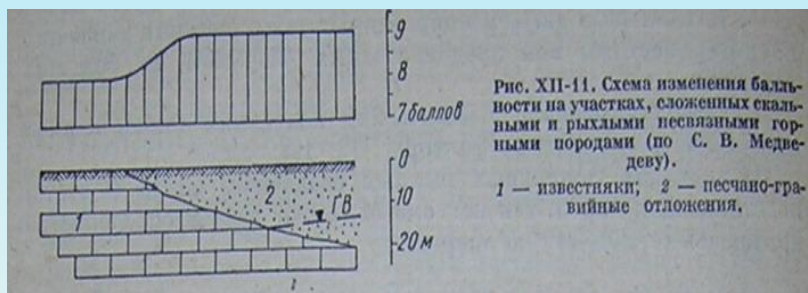
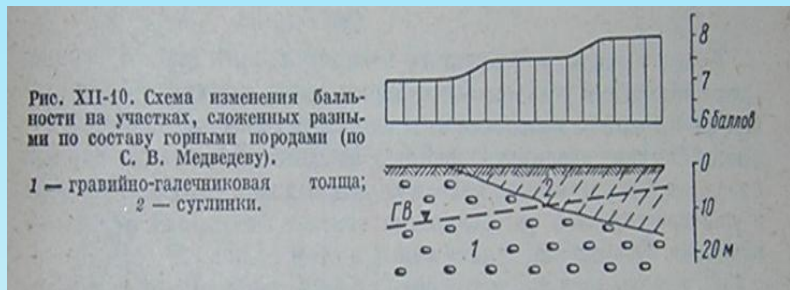
Примеры оценки силы землетрясений по шкале Рихтера (в магнитудах):

- Квантское (1948) - **8,2 M**;
- Ашхабадское (1948) – **7,3 M**;
- Гоби – Алтайское (1957) – **8,6 M**;
- Ташкентское (1966) – **5,3 M**.

Экспериментально установлено, что землетрясение, магнитуда которого равна нулю, выделяет энергию около 10^5 Дж. У наиболее сильных землетрясений с магнитудой более 8, выделяющаяся энергия достигает 10^{20} Дж. Увеличение интенсивности землетрясения на 0,5 M соответствует увеличению энергии приблизительно в 10 раз. Соотношение между энергией (в эргах) и магнитудой может быть установлено по формуле:

$$\lg E = 12 + 1,8 M$$

Разрушительный эффект землетрясения во многом зависит от глубины залегания подземных вод, сейсмической жёсткости пород и резонансных явлений.



Приращение балльности территории в зависимости от факторов ИГУ

$$\Delta I = \Delta I_{\text{вр}} + \Delta I_{\text{угв}} + \Delta I_{\text{резонанса}}$$

Первоочередной задачей при строительстве в сейсмических районах является выбор строительной площадки на основе детального сейсмического микрорайонирования.

Сейсмическое микрорайонирование основывается на расчётах приращения сейсмической балльности ΔI_0 (по отношению к региональной, установленной по картам районирования) в зависимости от средней сейсмической жесткости толщи грунтов (обычно для толщ мощностью 10 м) $(\Delta I_{v_s} \times \rho)$,

глубины залегания уровня грунтовых вод $\Delta I_{УГВ}$ и резонансных явлений в исследуемой толще грунтов

$$\Delta I_0 = (\Delta I_{v_s} \times \rho) \overset{\Delta I_{рез.}}{+} \Delta I_{УГВ} + \Delta I_{рез.}$$

Расчёт оснований зданий и сооружений и их фундаментов в сейсмических районах с расчётной балльностью 7, 8, 9 баллов должен производиться по первому предельному состоянию, т. е. по несущей способности

- Расчёт оснований по несущей способности для сейсмических районов выполняется по условию:

$$N_v = \frac{T_c}{K_n} \times \Phi$$

N_v – вертикальная составляющая от нагрузки, передаваемой фундаментом;

Φ – несущая способности грунтов основания;

K_n – коэффициент надёжности, принимаемый равным не менее 1,5;

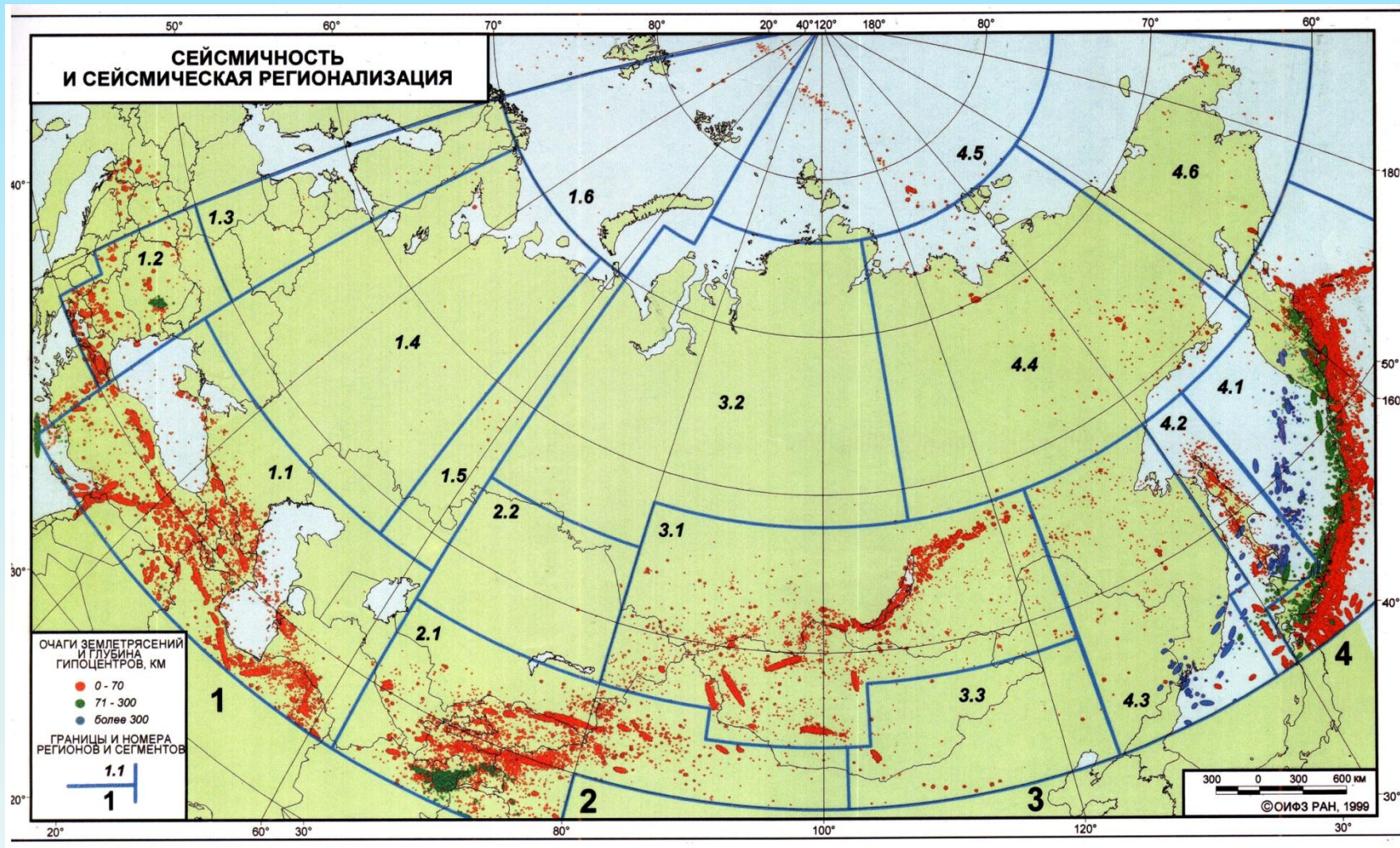
T_c – сейсмический коэффициент условий работы, принимаемый равным:

- скальные, полускальные грунты; плотные маловлажные грубообломочные, песчаные и глинистые – 1,2;

- водоносные пески рыхлого сложения и глинистые грунты неустойчивой консистенции – 0,7;

- остальные грунты – 1,0.

Для региональной оценки сейсмической опасности создан Атлас специальных карт ОСР - 97, охватывающих территорию России и сопредельных стран



Карты Атласа ОСР – 97 позволяют оценить региональный сейсмический фон для любого района России

