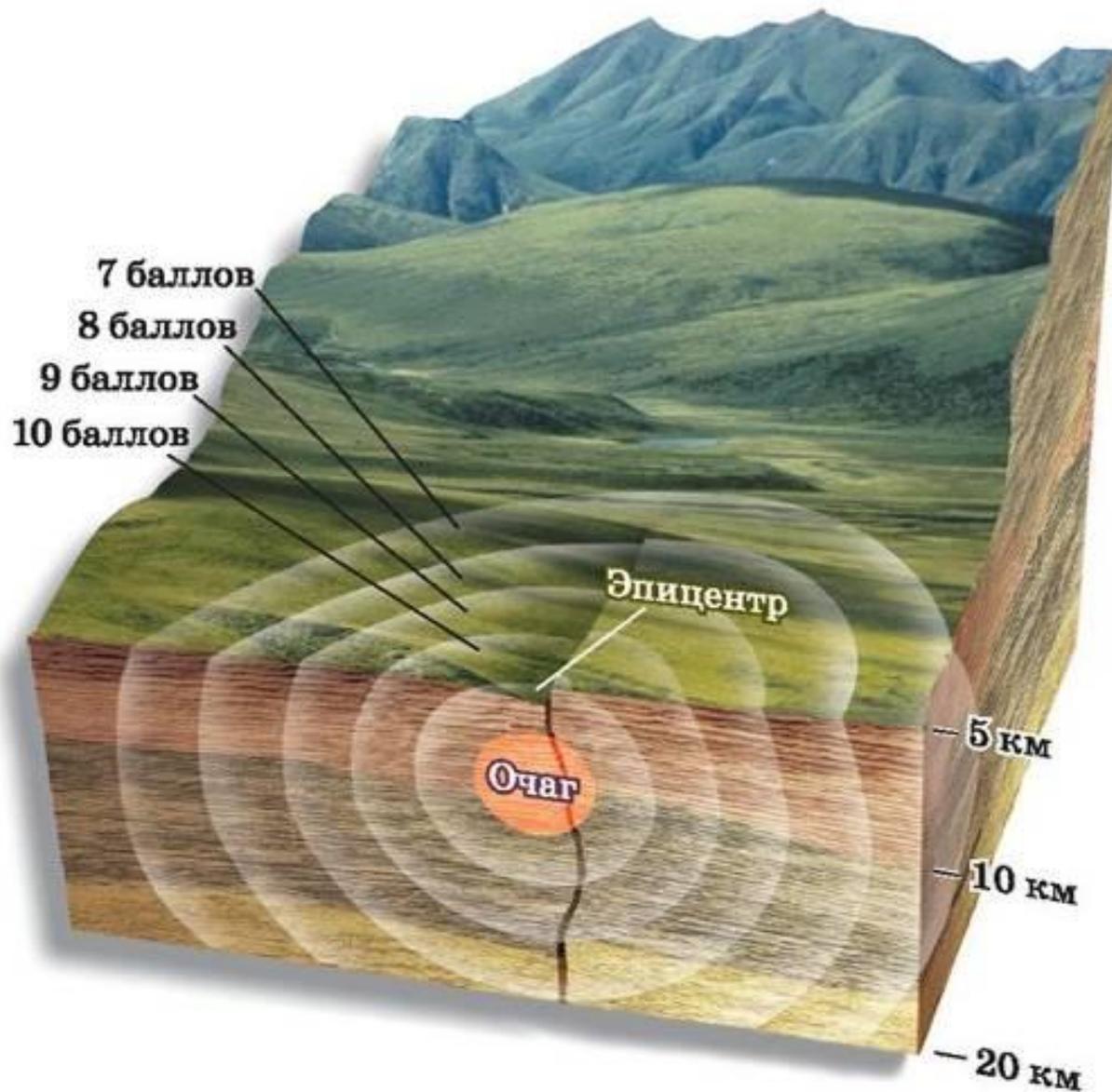


ФУНДАМЕНТЫ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

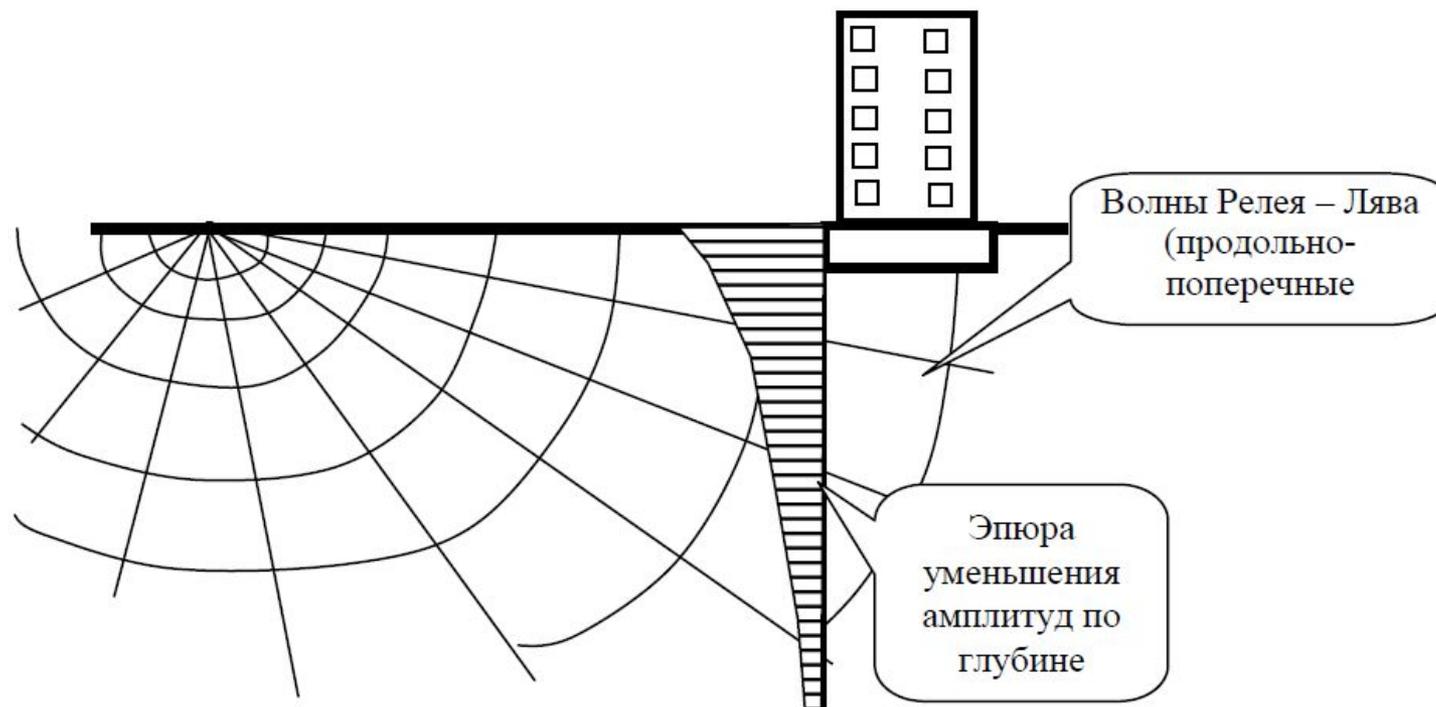
**К.т.н., доцент каф. Геотехники СПбГАСУ
Конюшков В.В.**

**г. Санкт-Петербург
2016 г.**

Очаг и эпицентр землетрясения



Сейсмические воздействия на здания и сооружения



Величина распространения колебаний в грунте зависит от источника колебаний и состояния среды.

Любое сооружение, попавшее в зону вибрации, начинает само вибрировать. Опасны резонансные явления, т. е. совпадение собственных частот колебаний с вынужденными колебаниями в грунтовой среде.

СИЛА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

12-бальная международная сейсмическая шкала.

(Шкала Рихтера).

- **1-2 балла- слабые толчки, не ощущаются человеком**
- **3-4 балла- толчки ощущаются , но разрушений не происходит**
- **5-6 баллов- легкие повреждения зданий**
- **7-8 баллов- частичное повреждение зданий**
- **9-10 баллов- трещины 10-20 см., обвалы в горах**
- **11-12 баллов- разрушается все на земной поверхности**

Сейсмическое районирование площадки

В России существует 12-и балльная сейсмическая шкала. До 7 балльная сейсмичность воспринимается обычными зданиями, сооружениями без принятия каких-либо дополнительных мер по усилению несущих конструкций.

Расчетной является сейсмичность в 7, 8, 9 баллов.

При сейсмичности свыше 9 баллов строительство не рекомендуется и только в исключительных случаях возможно при разработке специальных мероприятий.

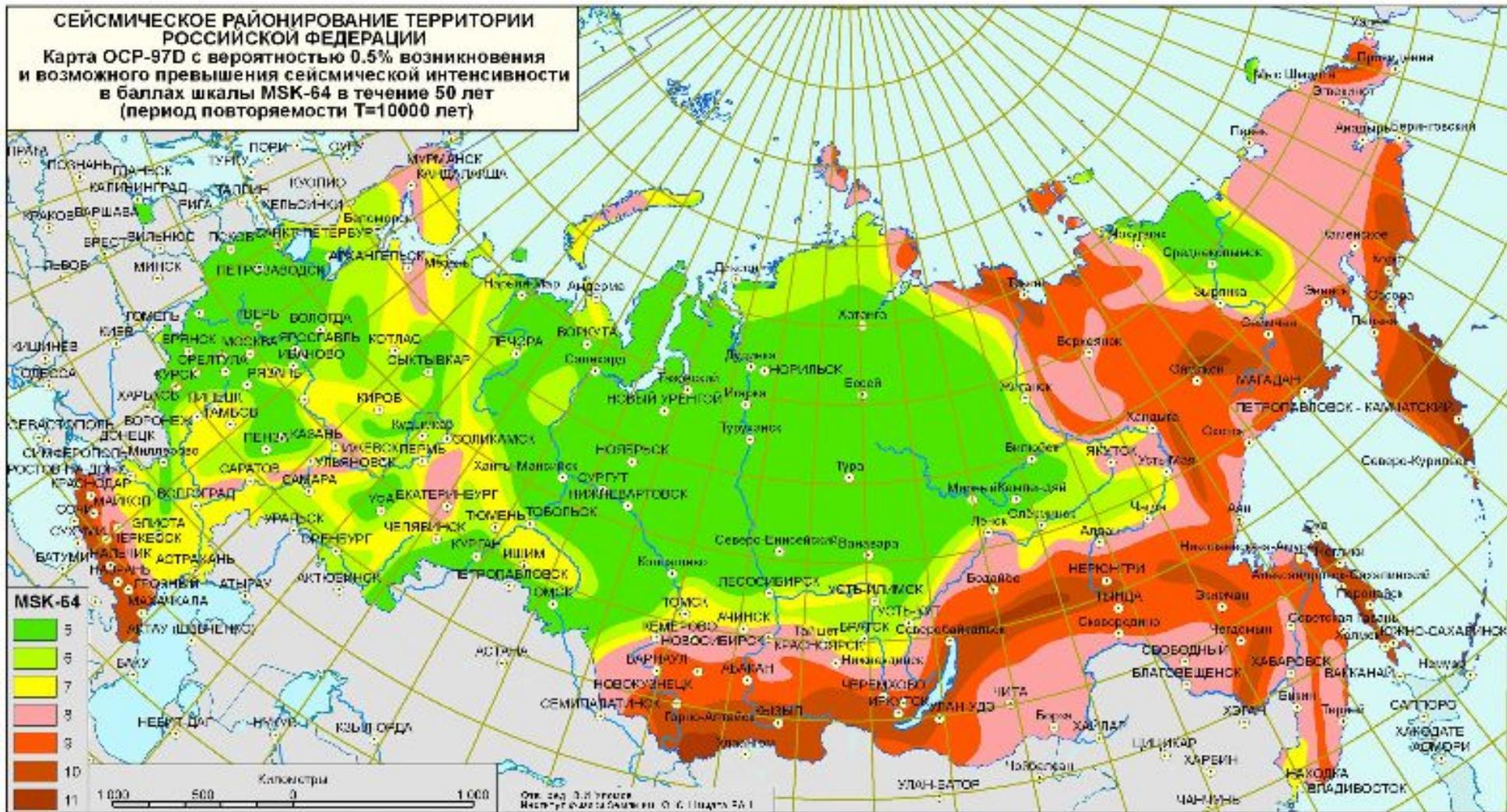
Вся территория России поделена на отдельные районы по сейсмичности, но даже в пределах одного района сейсмичность может быть различной в зависимости от грунтовых условий.

Во многих районах выполнено микросейсмирование (повышение или понижение сейсмичности на 1 балл, которое санкционируется Госстроем).

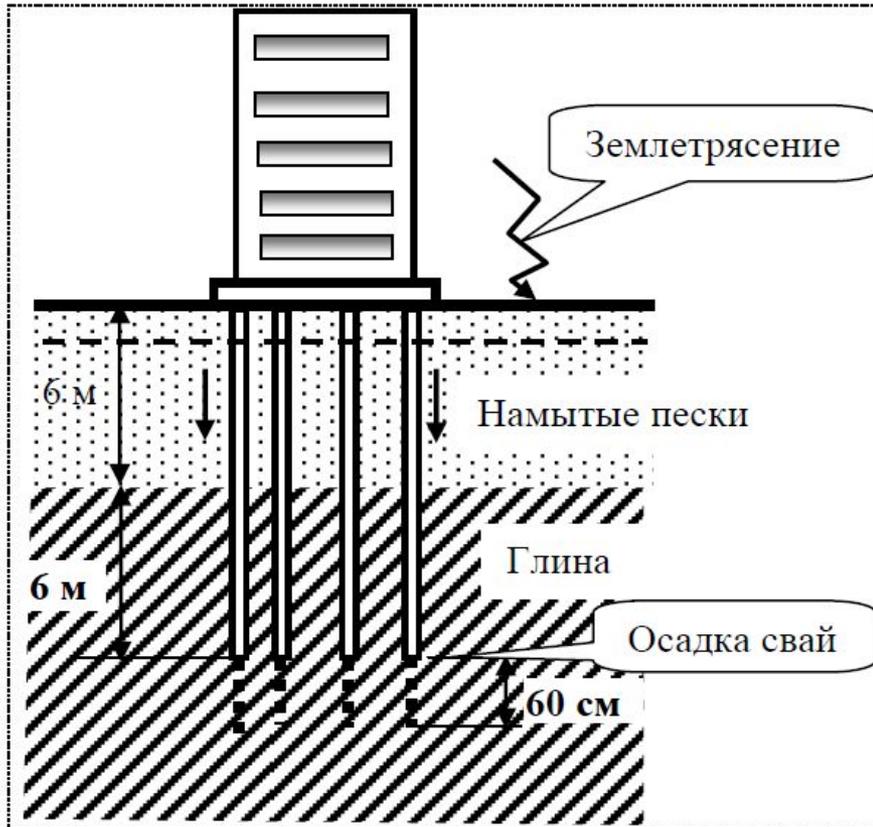
Карта регионов России с сейсмической активностью

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Карта ОСР-97Д с вероятностью 0.5% возникновения
и возможного превышения сейсмической интенсивности
в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет
(период повторяемости T=10000 лет)

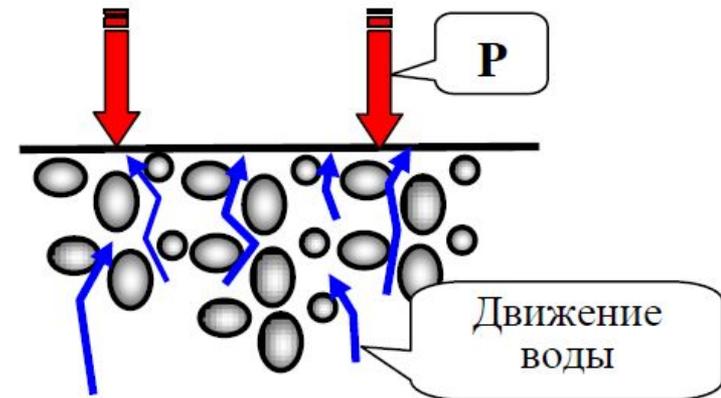


Разжижение песчаных и глинистых грунтов при землетрясениях



При землетрясении в результате осадки, песчаная толща увлекла за собой сваи, вдавив их в подстилаемую глинистую толщу (явление отрицательного трения).

Осадка сооружения превысила все допустимые величины.



Сильные землетрясения конца 20- начала 21 века

- 1988 г. 7 декабря - Армения. Землетрясение силой около 7 баллов по шкале Рихтера уничтожило г. Спитак, разрушило города Ленинакан, Степанаван, Кировакан. Погибло 25 тысяч человек, ранено 17 тысяч, остались без крова 514 тысяч человек.
- 1995 г. 27 мая, Россия, о. Сахалин, г. Нефтегорск. Землетрясение силой 9 баллов по шкале Рихтера полностью разрушило г. Нефтегорск. Погибло около 3 тыс. человек.
- 1999 г. 17 августа, Турция. Погибло более 14 тыс. человек. Первоначально оно было оценено в 6,7 балла, но позднее сейсмологи признали, что в эпицентре сила толчка составила 7,7 балла
- 2001 г. 26 января, Индия, штат Гуджарат. В результате землетрясения силой 7,9 балла по шкале Рихтера за 30 сек. пострадали 8,8 тыс. деревень в 171 районе штата, где проживало около 37 млн человек. 16 тыс. 435 человек погибли и 68,5 тыс. были ранены. Полностью разрушено 228,9 тыс. домов и 397,5 тыс. — повреждены.

ОБЩИЙ ВИД ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НЕФТЕГОРСКА ДО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ



ОБЩИЙ ВИД ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НЕФТЕГОРСКА ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ





Нефтегорск,
28 мая 1995

Планировочная уязвимость



характеристики песчаных грунтов в основании
фундаментов зданий принятые при
проектировании в рп.Нефтегорск

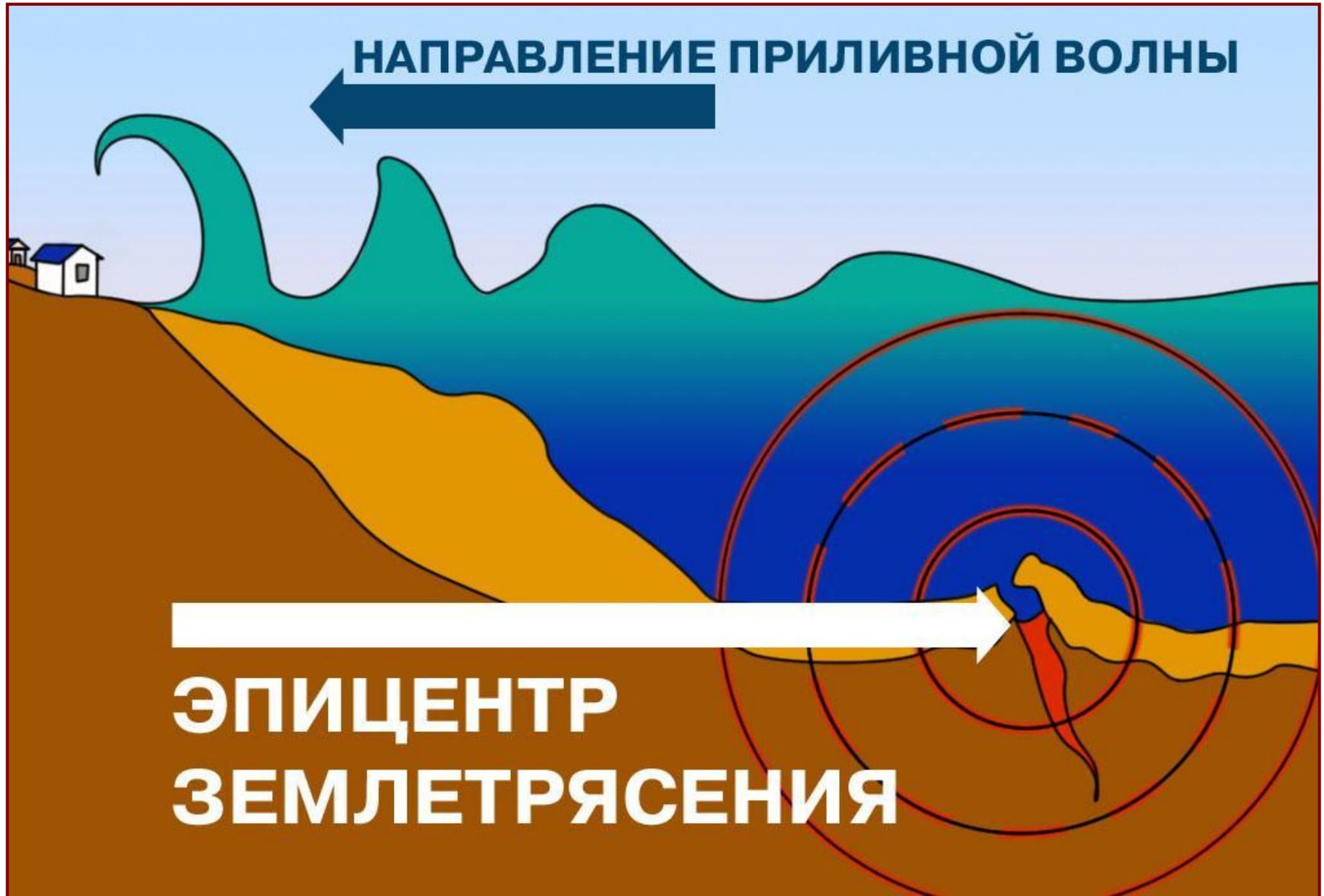
- плотность (при естественной влажности $W = 0,18 \%$) $\rho = 1,85 \text{ г/см}^2$;
- плотность в сухом состоянии $\rho_d = 1,63 \text{ г/см}^2$;
- коэффициент пористости $e = 0,64$;
- угол внутреннего трения $\varphi = 30 - 37^\circ$;
- сцепление $c = 4,2 \text{ кПа}$;
- модуль деформации $E = 18,5 \text{ МПа}$

Грунтовая версия Нефтегорской трагедии

«Грунтовая версия», объясняющая причины и механизм обрушения 5-этажных домов серии 447 в Нефтегорске, подтверждается следующими фактами:

- на основании опроса жителей сейсмическое воздействие представляло собой два последовательных коротких мощных толчка, вверх и вбок;
- полностью и одинаково обрушились только 5-этажные дома; здания меньшей этажности с небольшими значениями давления на грунт под подошвой фундаментов не пострадали;
- обрушение всех 17 домов серии 447 произошло совершенно одинаково – вовнутрь, что является следствием виброосадки фундамента средней стены;
- большинство жилых домов не имело подвалов; в бесподвальных домах обнаружено, что дощатые полы первого этажа взорваны вверх, а люди утонули в разжиженном песке;
- физические подтверждения разжижения грунтов наблюдались около посёлка, чем объясняется повреждения железнодорожного полотна и мостовых опор; песчаные грунты в «пывунном» состоянии обнаружены после землетрясения в контрольной буровой скважине близ разрушенного здания клуба.

Землетрясение, произошедшее в море вызывает цунами



Землетрясение в Юго-Восточной Азии (2004г.)



Землетрясение силой 8,9 баллов по шкале Рихтера вызвало мощное цунами. Погибло более 300 тыс. человек. Волны цунами обрушились на страны Южной Азии: Индонезию, Шри-Ланку, Индию, Малайзию, Таиланд, Бангладеш, Мьянму, Мальдивские и Сейшельские острова, докатилась до Сомали, находящегося на расстоянии 5 000 километров от эпицентра землетрясения.

Землетрясение в Чили (2010г.)



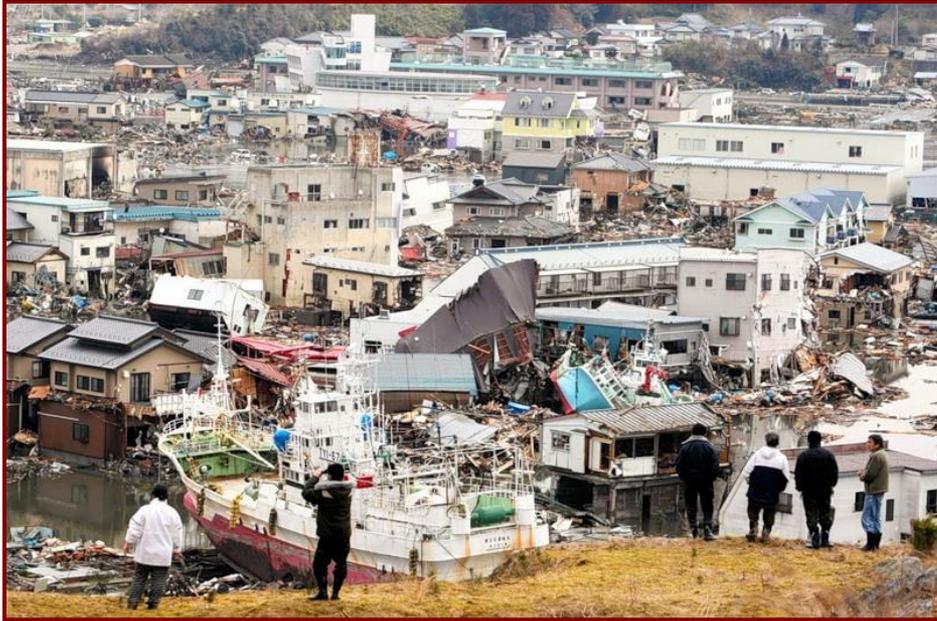
27 февраля произошло землетрясение магнитудой 8,8. В следующие два дня после первого землетрясения были зафиксированы повторные подземные толчки магнитудой от 4,8 до 6,1. Жертвами землетрясения стали 279 человек. Около 2 миллионов чилийцев остались без крова, около 500 ранены, повреждены 1,5 миллиона домов.

Землетрясение в Гаити (2010г)



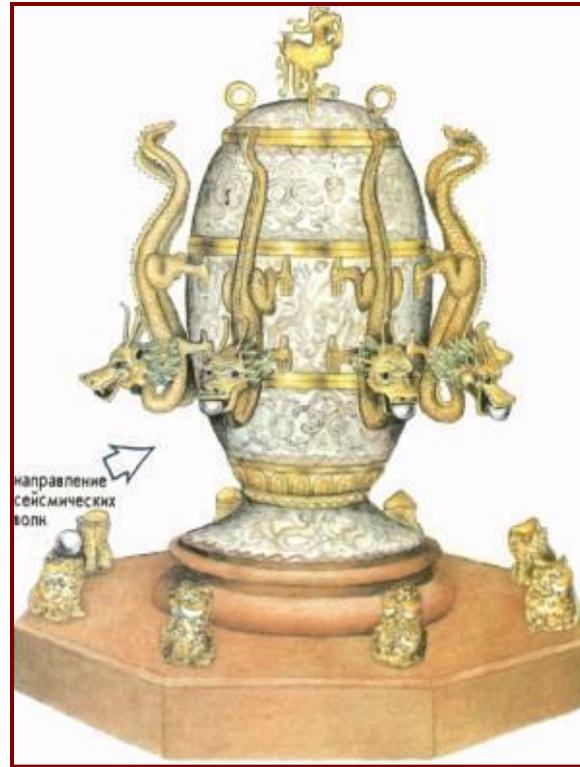
Два мощных подземных толчка сотрясли столицу Республики Гаити Порт-о-Пренс 12 января. Магнитуда толчков составила 7,0 и 5,9 баллов по шкале Рихтера. Точных данных о погибших нет (от 50 тыс. до 500 тыс. человек).

Землетрясение в Японии (2011г.)

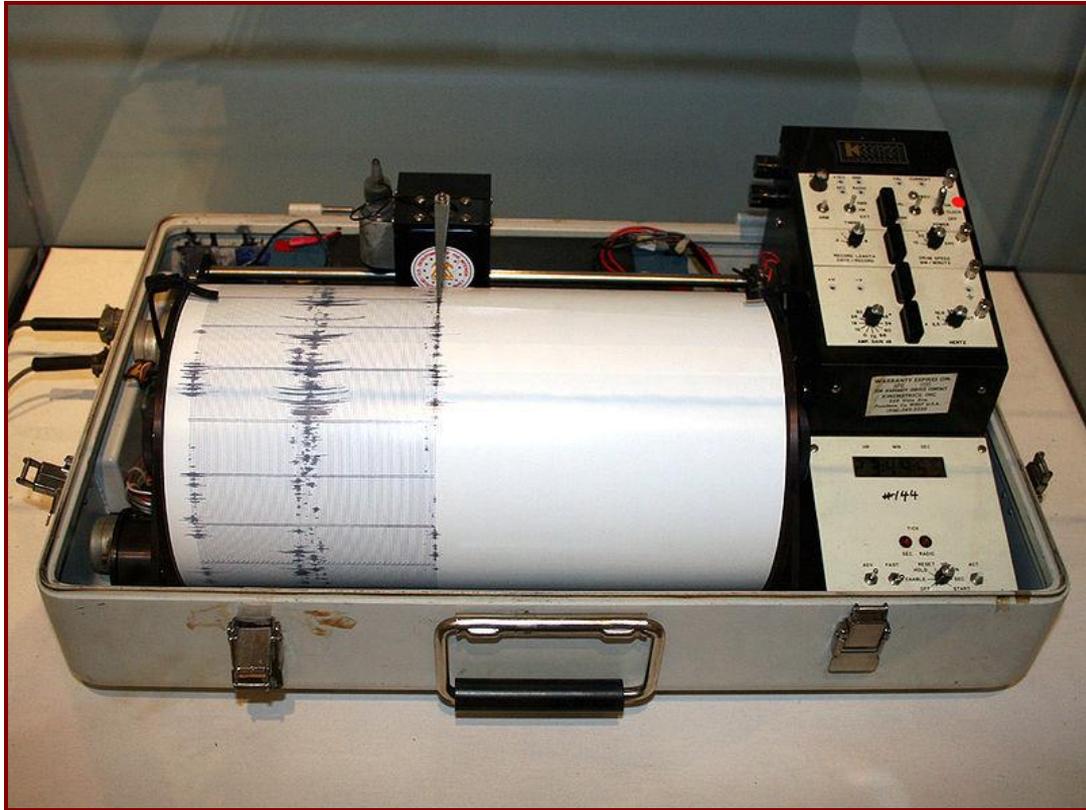


11 марта в Японии произошло два мощных землетрясения. Магнитуда первого составила 8,8 балла, а второго - 7,1. В результате землетрясения произошло смещение Тихоокеанской плиты и северной части Японских островов в сторону Северной Америки на 2,4 метра. Землетрясение вызвало цунами, которое распространилось по всему Тихому океану. В Японии тах высота волн была 7,3 метра. Официальное число погибших в результате землетрясения и цунами составляет 15 815 человек, 3966 человек числятся пропавшими без вести, 5940 человек ранены. Произошли аварии на АЭС, зафиксирован выброс радиоактивных веществ.

Можно ли предсказать землетрясение?



Первый прибор, способный улавливать колебания земной поверхности (132 г., Китай)



Сейсмограф — прибор для записи колебаний земной поверхности во время землетрясений или при взрывах

Tokyo Declaration in 1988

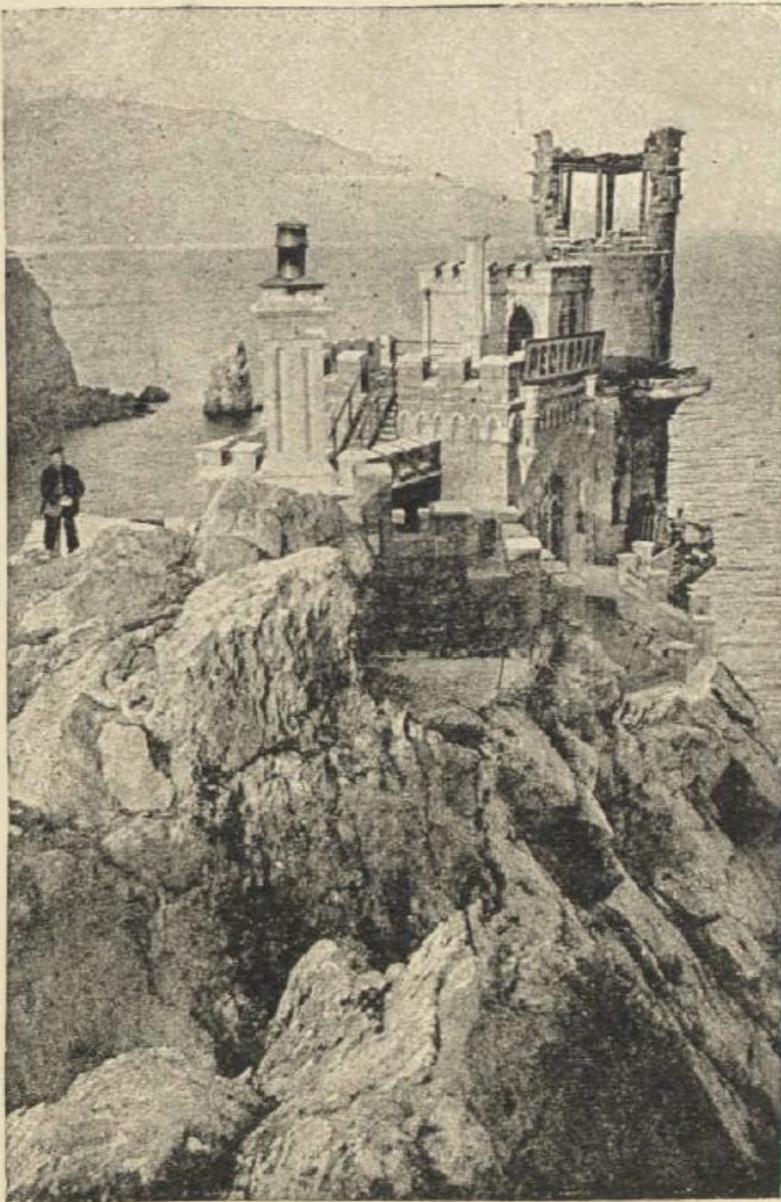
Базовые принципы:

- Человек не может пока управлять некоторыми природными явлениями.
- Самым бедственным природным явлением являются землетрясения, поскольку они не предсказуемы по месту, мощности и, особенно, по времени, когда они могут случиться, то есть в разной степени неизвестны ответы на три главных вопроса где, что и когда?
- Фатальный подход к землетрясениям в любом случае неприемлем. Хотя мы пока и не умеем управлять этой стихией, мы можем и должны управлять предупреждением её последствий, то есть уменьшать разрушительные последствия от землетрясений всеми возможными способами.

Некоторые рекомендации по сейсмостойкому строительству

- Разработка и анализ карт сейсмического риска по регионам России;
- Паспортизация зданий и сооружений с инженерно-сейсмическими характеристиками и каталогом уязвимости зданий и сооружений
- Обеспечение системы инженерно-сейсмических наблюдений (СИСН) и системы мониторинга инженерных конструкций ответственных зданий (СМИК);
- Разработка сценариев спасательных операций при развитии вероятных бедствий для разных городов;
- Архитектурно-планировочные решения и размещение здания должны обеспечивать его надежность и безопасность примыкающей застройки;
- Фундаменты зданий следует закладывать на одной высотной отметке;
- Здания необходимо выполнять из монолитного железобетона и делить на отсеки;
- В зависимости от района строительства, грунтовых условий, типа фундаментов и сооружений выполнять либо жесткую либо гибкую конструктивную схему;
- Конструктивные решения закладывать с запасом на основе расчетного обоснования: либо занижать свойства грунтов, либо повышать статические нагрузки с динамическим коэффициентом.

Замок Ласточкино гнездо в Крыму после землетрясения в 1927 г. и в наши дни



Ай-Тодор. К ю.-з. от Ялты. „Ласточкино Гнездо“.
Разрушение башни из евпаторийского камня

