НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова
Кафедра «Геофизика и сейсмология»

GPH7142 - Инженерная сейсмология и сейсмостойкость
7М05302 – «Сейсмология

Лекция– 2
На тему «Оценка силы землетрясений»

Преподаватель: ***Ратов Боранбай Товбасарович*** – доктор технических наук, профессор

Что такое землетрясение?

Природа явления

Землетрясение — это внезапное высвобождение энергии в земной коре, создающее сейсмические волны. Эти волны распространяются во всех направлениях, вызывая колебания земной поверхности.



Большинство землетрясений происходит на границах тектонических плит, где накапливается напряжение из-за их движения. Когда напряжение превышает прочность горных пород, происходит разрыв — и высвобождается огромное количество энергии.

Ежегодно на Земле регистрируется более миллиона землетрясений,
но лишь небольшая часть из них ощущается людьми, и еще меньше причиняет значительный ущерб.

Основные параметры землетрясений

Гипоцентр (очаг)

Точка внутри Земли, где начинается разрыв и высвобождается энергия. Глубина может варьироваться от нескольких километров до 700 км.

Эпицентр

Проекция гипоцентра на поверхность Земли. Именно здесь обычно наблюдаются наиболее сильные разрушения.

Магнитуда

Количественная мера энергии, высвобожденной при землетрясении. Измеряется по логарифмической шкале.

Интенсивность

Качественная оценка воздействия землетрясения на поверхности, включая разрушения и ощущения людей.

Шкала магнитуд: измерение энергии

Шкала Рихтера

Разработанная в 1935 году Чарльзом Рихтером, эта шкала стала первой широко используемой системой измерения магнитуды землетрясений. Она основана на амплитуде сейсмических волн, зарегистрированных сейсмографом.

01

Логарифмическая природа

Каждая единица шкалы означает десятикратное увеличение амплитуды волн и примерно 31,6-кратное увеличение выделенной энергии.

02

Диапазон измерений

Теоретически шкала не имеет верхнего предела, но на практике самые сильные землетрясения достигают магнитуды 9-9,5.

03

Ограничения

Шкала Рихтера наиболее точна для местных землетрясений средней силы и теряет точность для очень сильных или удаленных событий.

Момент-магнитуда (Mw)

Современная шкала, введенная в 1979 году, основана на сейсмическом моменте — произведении площади разрыва, смещения и жесткости пород. Она более точна для сильных землетрясений и стала стандартом в современной сейсмологии.

Сейсмические волны: типы и характеристики

P-волны (первичные)

Продольные волны сжатия-растяжения, распространяющиеся со скоростью 5-8 км/с. Проходят через твердые тела, жидкости и газы. Приходят первыми и вызывают вертикальные колебания.

S-волны (вторичные)

Поперечные волны сдвига, движущиеся со скоростью 3-5 км/с. Распространяются только в твердых телах. Вызывают горизонтальные колебания и более разрушительны, чем P-волны.

Поверхностные волны

Распространяются вдоль поверхности Земли со скоростью 2-4 км/с. Включают волны Рэлея (вертикальные эллиптические движения) и волны Лява (горизонтальные колебания). Наиболее разрушительны для зданий.

Анализ времени прихода различных типов волн на сейсмические станции позволяет определить местоположение эпицентра и глубину очага землетрясения с высокой точностью.

Шкалы интенсивности: оценка воздействия

Шкала Меркалли (Modified Mercalli Intensity Scale)

Двенадцатибалльная шкала, оценивающая воздействие землетрясения на людей, здания и окружающую среду. Разработана в 1902 году и модифицирована в 1931 году.

- I–II **балла**: Не ощущается или ощущается только в состоянии покоя
- III–IV **балла**: Ощущается внутри помещений, дребезжание посуды
- V–VI **балла**: Ощущается всеми, легкие повреждения зданий
- VII–VIII **балла**: Значительные повреждения обычных зданий
- IX–X **балла**: Разрушение большинства зданий, трещины в земле
- XI–XII **балла**: Полное разрушение, изменение ландшафта

Шкала MSK-64

Европейская макросейсмическая шкала, учитывающая типы зданий и их уязвимость. Широко используется в России и странах СНГ.

Факторы, влияющие на разрушительность

Магнитуда

Количество высвобожденной энергии

Глубина очага

Мелкие землетрясения более разрушительны

Продолжительность

Длительность сильных колебаний

Расстояние

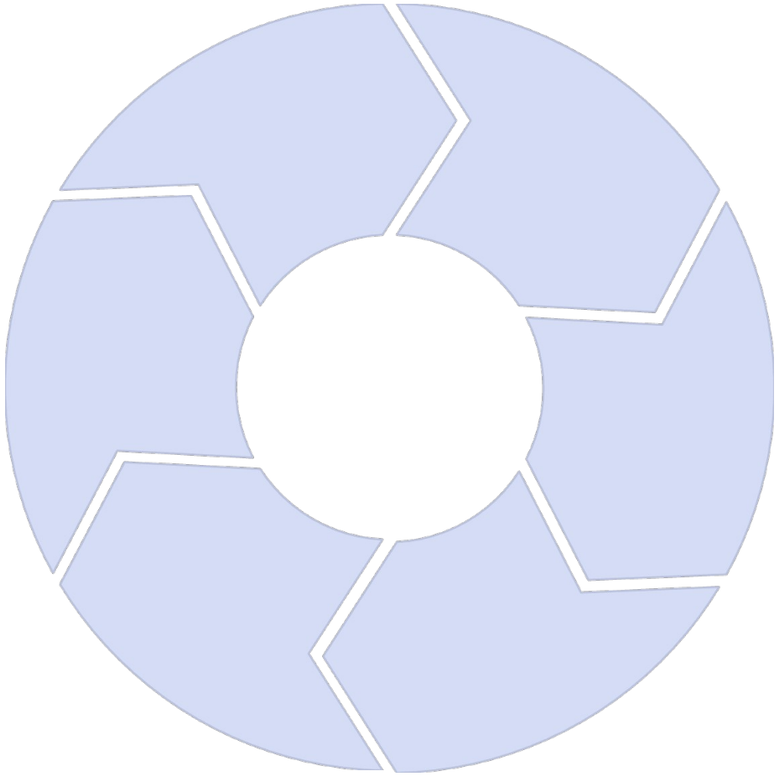
Затухание волн с удалением от эпицентра

Качество построек

Сейсмостойкость конструкций

Грунтовые условия

Мягкие грунты усиливают колебания



Один из наиболее важных факторов — **грунтовые условия**. Рыхлые осадочные породы и водонасыщенные грунты могут усиливать сейсмические волны в 5-10 раз по сравнению с коренными породами. Это явление называется *локальным сейсмическим эффектом*.

Резонанс между частотой сейсмических волн и собственной частотой колебаний зданий может привести к катастрофическим последствиям даже при умеренной магнитуде землетрясения.

Исторические землетрясения: уроки прошлого

1

1906 — Сан-Франциско, США

М 7,9. Разрушен город, погибло более 3 000 человек. Привело к развитию сейсмологии и созданию первых строительных норм.

2

1960 — Вальдивия, Чили

М 9,5. Самое сильное зарегистрированное землетрясение. Вызвало цунами высотой до 25 метров, достигшее берегов Японии и Филиппин.

3

1995 — Кобе, Япония

М 6,9. Погибло 6 434 человека, разрушено 100 000 зданий. Ущерб составил $100 млрд. Показало уязвимость даже высокотехнологичных стран.

4

2004 — Индийский океан

М 9,1. Подводное землетрясение вызвало разрушительное цунами, унесшее жизни 230 000 человек в 14 странах.

5

2011 — Тохоку, Япония

М 9,1. Землетрясение и цунами привели к аварии на АЭС Фукусима. Погибло около 20 000 человек, ущерб превысил $300 млрд.

Современные методы мониторинга и прогнозирования

Глобальная сейсмическая сеть

Более 20 000 сейсмических станций по всему миру непрерывно регистрируют колебания земной поверхности. Данные передаются в режиме реального времени в международные центры обработки.

Системы раннего предупреждения

Используют разницу в скорости распространения P-волн и более разрушительных S-волн. Могут предоставить от нескольких секунд до минуты предупреждения — достаточно для остановки поездов, отключения газа и эвакуации людей из опасных зон.

Спутниковый мониторинг

GPS и радарная интерферометрия (InSAR) позволяют отслеживать деформации земной коры с точностью до миллиметров, выявляя зоны накопления напряжений.

Важно понимать: Несмотря на значительный прогресс в сейсмологии, точное предсказание времени, места и силы землетрясения остается невозможным. Современная наука фокусируется на оценке долгосрочных рисков и подготовке к неизбежным событиям.

Перспективы развития

Машинное обучение

Анализ больших данных для выявления предвестников

Оптоволоконные сенсоры

Превращение кабелей в сейсмические датчики

Сейсмоизоляция

Новые технологии защиты зданий