

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



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

GPH7142 - Инженерная сейсмология и сейсмостойкость  
7M05302 – «Сейсмология

**Лекция– 2**  
На тему «Оценка силы землетрясений»

Преподаватель: *Ратов Боранбай Төвбасарович* – 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 скатия-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



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



# 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 Р-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.

## Перспективы развития



### Машинное обучение

Анализ больших данных для выявления предвестников

### Оптоволоконные сенсоры

Превращение кабелей в сейсмические датчики

### Сейсмоизоляция

Новые технологии защиты зданий

**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.