

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



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

**GRN1662 – «Введение в сейсмологию»**

**6B07201 – «Нефтегазовая и рудная геофизика»**

**Лекция– 1**

На тему «Введение.Роль сейсмологии в геофизике и устойчивом недропользовании Примеры сильнейших землетрясений.Этапы развития сейсмологии. »

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

# Роль сейсмологии: от теории к устойчивому недропользованию

Сейсмология — это не просто наука о землетрясениях; это фундаментальная дисциплина, лежащая в основе понимания строения нашей планеты и ее динамических процессов. Ее роль выходит далеко за рамки академических исследований, становясь критически важным инструментом для обеспечения безопасности и устойчивого развития, особенно в сфере недропользования.

- 📄 **Цель презентации:** Проанализировать ключевые аспекты сейсмологии, ее историческое развитие, связь с геофизикой и практическое применение в современном мире для обеспечения устойчивого и безопасного использования недр.



# Что такое сейсмология и почему она важна?

## Изучение Земли

Сейсмология — это наука, изучающая землетрясения и распространение сейсмических волн. Она дает нам беспрецедентные знания о внутреннем строении Земли, от коры до ядра.

## Оценка риска

Важность сейсмологии заключается в ее способности оценивать сейсмический риск. Эти данные критически важны для градостроительства, проектирования инфраструктуры и создания систем раннего оповещения.

## Геологоразведка

Сейсмические методы являются основными инструментами геофизической разведки, используемыми для поиска и оценки залежей полезных ископаемых, включая нефть, газ и водные ресурсы.

Сейсмические волны — это своего рода «УЗИ» для Земли, позволяющее заглянуть внутрь планеты, не буря скважины вглубь на тысячи километров.

# Краткая история сейсмологии: от древних наблюдений до современных технологий

**132 г. н.э.**

Китай. Чжан Хэн изобретает первый **сейсмоскоп** — сосуд с маятником, способный определить направление землетрясения.

**1880-е гг.**

Изобретение современных сейсмографов Джоном Милном и другими. Создание международной сети сеймостанций для регистрации событий по всему миру.

**XXI век**

Цифровая сейсмология, высокопроизводительные вычисления, сейсмическая томография, мониторинг индуцированной сейсмичности.

**XVIII-XIX вв.**

Начало систематических наблюдений. После Лиссабонского землетрясения 1755 года начинается научное изучение причин и последствий катастроф.

**XX век**

Разработка шкал магнитуд (Рихтер, Моментная магнитуда), теории упругости и волнового поля. Открытие границ Мохоровичича и Гутенберга.

# Сейсмология и геофизика: неразрывная связь

Сейсмология является ключевым разделом геофизики, тесно взаимодействуя с другими геофизическими методами для получения комплексного представления о недрах Земли.

## Гравиметрия

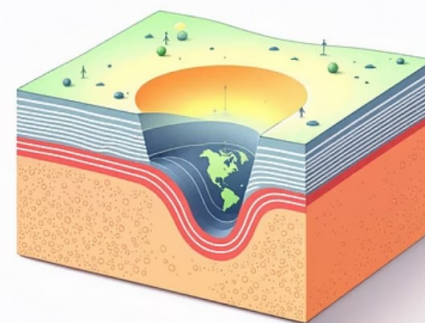
Изучает изменения плотности в недрах. Сейсмические данные дополняют гравиметрические, обеспечивая более точную модель распределения масс.

## Магнитометрия

Исследует магнитное поле Земли. Сочетание с сейсмологией помогает картировать глубинные структуры и тектонические разломы.

## Геотермия

Изучение теплового потока. Сейсмическая томография предоставляет структурную основу для интерпретации тепловых аномалий, связанных с движением мантии.



# Примеры разрушительных землетрясений: уроки прошлого

История сейсмологии тесно связана с катастрофическими событиями, которые подталкивали науку к развитию и формированию более строгих строительных норм.

## Спитак, Армения (1988)

1

Магнитуда 6.8. Более 25 000 погибших. Показало критическую важность сейсмостойкого строительства в высокорисковых зонах и необходимость централизованного реагирования.

## Индийский океан, Суматра (2004)

2

Магнитуда 9.1. Вызвало одно из самых смертоносных цунами в истории (более 230 000 жертв). Привело к созданию глобальной системы раннего предупреждения о цунами.

3

## Кобе, Япония (1995)

Магнитуда 6.9. Около 6 400 жертв. Выявило уязвимость современной инфраструктуры (эстакады, порты) и подтолкнуло к разработке передовых сейсмоизолирующих технологий.

4

## Тохоку, Япония (2011)

Магнитуда 9.1. Несмотря на высокоразвитую систему оповещения, землетрясение и последующее цунами вызвали Фукусимскую ядерную катастрофу, подчеркнув пределы инженерной защиты.



# Как сейсмология помогает предсказывать и минимизировать риски

Хотя точное предсказание места, времени и силы землетрясения пока невозможно, сейсмология предоставляет ряд инструментов для оценки и минимизации ущерба.

## → Сейсмическое районирование

Картирование зон с разной вероятностью возникновения землетрясений, что лежит в основе строительных норм и правил (СНиП).

## → Системы раннего оповещения

Использование быстрых Р-волн для запуска оповещения за секунды до прихода более разрушительных S-волн. Эти секунды критически важны для остановки поездов, отключения газа и укрытия людей.

## → Оценка грунтовых условий

Изучение того, как местные геологические условия (например, мягкие осадочные породы) могут усиливать сейсмические колебания (эффект резонанса).

## → Анализ индуцированной сейсмичности

Мониторинг микроземлетрясений, вызванных деятельностью человека (гидроразрыв пласта, закачка сточных вод, строительство водохранилищ), для предотвращения более крупных событий.



Карта сейсмического районирования используется для принятия решений о проектировании зданий и инфраструктуры.



# Современные методы сейсмологических исследований

Развитие компьютерных технологий и сенсоров трансформировало сейсмологию, сделав ее более точной и детализированной.



## Сейсмическая томография

Построение трехмерных моделей недр Земли путем анализа времени прохождения волн. Позволяет визуализировать границы тектонических плит, мантийные плюмы и глубинные неоднородности.



## DAS (Distributed Acoustic Sensing)

Использование оптоволоконных кабелей в качестве тысяч сейсмических сенсоров. Позволяет собирать плотные массивы данных вдоль протяженных линий (например, на дне океана или вдоль трубопроводов).



## Высокопроизводительные вычисления

Применение суперкомпьютеров для моделирования распространения сейсмических волн (Full Waveform Inversion), что значительно повышает разрешение геофизических изображений.



# Сейсмология в недропользовании: поиск ресурсов и безопасность

В сфере устойчивого недропользования сейсмология играет двоякую роль: как основной инструмент разведки и как средство мониторинга экологической и техногенной безопасности.

## Разведка полезных ископаемых

- Идентификация ловушек углеводородов и границ коллекторов с помощью 2D, 3D и 4D (мониторинг изменений со временем) сейсмики.
- Поиск геотермальных источников путем картирования разломов и горячих структур.
- Гидрогеология: определение подземных водоносных горизонтов.

## Мониторинг и безопасность

- Контроль устойчивости горных выработок и хранилищ (например, ядерных отходов).
- Мониторинг закачки CO<sub>2</sub> при улавливании и хранении углерода (CCS) для обеспечения герметичности.
- Оценка влияния бурения и добычи на региональную сейсмичность.



# Вызовы и перспективы развития сейсмологии



## Освоение океана

Развитие морской сейсмологии и развертывание донных обсерваторий для изучения глубоководных разломов и зон субдукции



## Искусственный интеллект

Применение машинного обучения для автоматической обработки колоссальных объемов данных, повышения точности прогнозов и распознавания слабых сигналов



## Интеграция данных

Объединение сейсмических, геодезических (GPS/InSAR) и геологических данных в единые, комплексные модели деформации земной коры.



## Климатический аспект

Изучение потенциального влияния климатических изменений (например, таяния ледников) на сейсмическую активность и разгрузку напряжений в коре.

# Сейсмология – ключ к безопасному будущему

.Сейсмология является незаменимым инструментом в современном мире, обеспечивая критически важные данные для понимания, защиты и ответственного использования нашей планеты

## Ключевые выводы

- .Сейсмология обеспечивает **глубинное понимание** строения Земли •
- .Она лежит в основе **сейсмостойкого проектирования** и систем оповещения •
- .Сейсмические методы незаменимы для **разведки** и **мониторинга** недропользования •

