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– 3
На тему «Сейсмическое районирование и микрорайонирование»

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

Основы сейсмического районирования

Сейсмическое районирование представляет собой **фундаментальную научную дисциплину**, которая занимается картированием территорий по степени сейсмической опасности. Это многоступенчатый процесс, включающий анализ исторических данных о землетрясениях, изучение тектонического строения региона, моделирование распространения сейсмических волн и оценку вероятности возникновения землетрясений различной магнитуды.

Главная цель районирования — **предоставить достоверную информацию** для проектирования сейсмостойких зданий и сооружений, планирования территорий и разработки мер по снижению сейсмического риска. В России действует система общего сейсмического районирования (ОСР), которая регулярно обновляется с учетом новых данных сейсмологических наблюдений.

Современные методы районирования основаны на вероятностном подходе, учитывающем неопределенность в оценке сейсмической опасности и позволяющем количественно оценить риски для различных периодов повторяемости землетрясений.



Масштабы сейсмического районирования

Глобальное районирование

Изучение сейсмичности планеты в целом, выявление основных сейсмических поясов и зон субдукции. Масштаб 1:25 000 000 и мельче.

Региональное районирование

Оценка сейсмической опасности крупных территорий — стран, континентов. Карты ОСР России выполнены в масштабе 1:8 000 000.

Детальное районирование

Изучение отдельных регионов и областей с повышенной детализацией. Масштаб 1:500 000 — 1:200 000.

Микрорайонирование

Максимально детальная оценка для конкретных площадок строительства. Масштаб 1:25 000 и крупнее.

Карты общего сейсмического районирования

Карты ОСР являются **нормативным документом**, определяющим требования к сейсмостойкости строительства на территории России. Современная карта ОСР-2016 разработана с использованием передовых методов сейсмологии и представляет собой комплект из трех карт, соответствующих различным периодам повторяемости землетрясений.

Карта А (10% за 50 лет)

Наиболее вероятные сейсмические воздействия, период повторяемости ~500 лет. Используется для массового гражданского строительства.

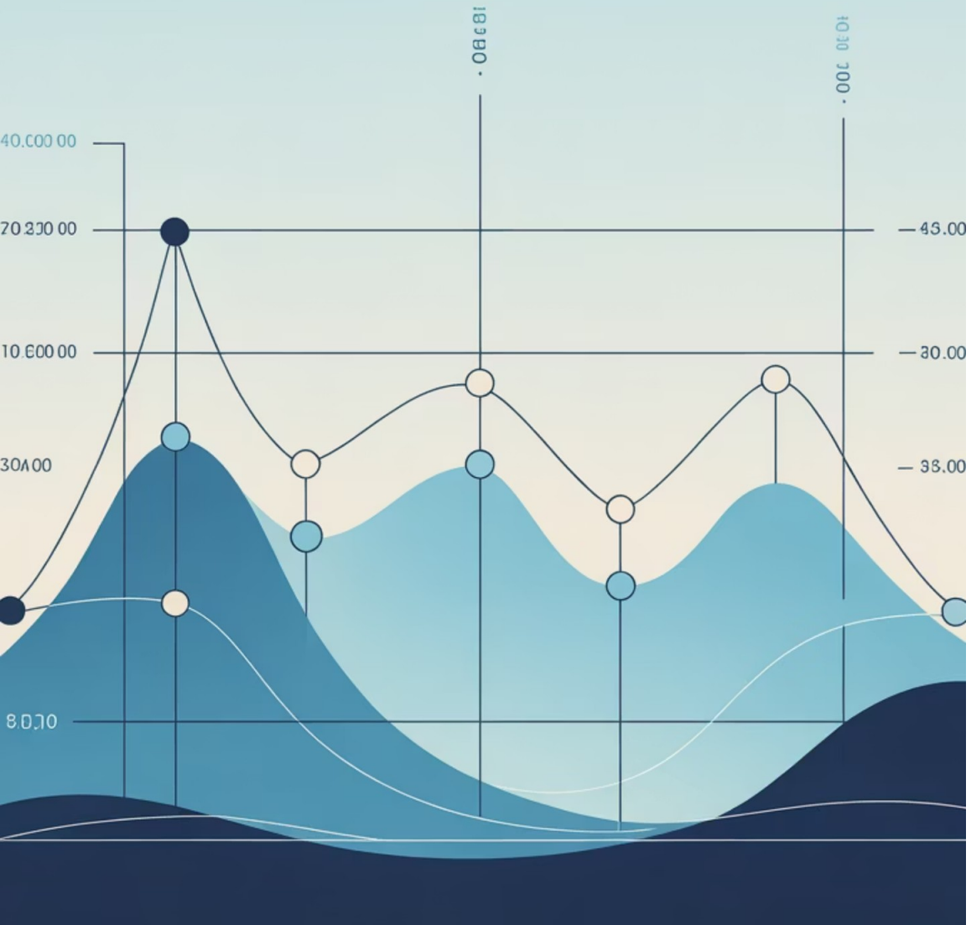
Карта В (5% за 50 лет)

Редкие сильные землетрясения, период повторяемости ~1000 лет. Применяется для ответственных объектов.

Карта С (1% за 50 лет)

Максимальные расчетные землетрясения, период повторяемости ~5000 лет. Используется для особо ответственных сооружений.





Методы сейсмического районирования

Детерминистический подход

Основан на изучении **максимальных исторических землетрясений** и геологических данных о сейсмогенных структурах. Метод предполагает, что землетрясения, происходившие в прошлом, могут повториться в будущем с той же магнитудой.

- Анализ исторических сейсмологических каталогов
- Палеосейсмологические исследования
- Изучение активных разломов и тектоники
- Определение максимальной магнитуды для каждой зоны

Метод дает **консервативные оценки**, но не учитывает вероятность возникновения событий.

Вероятностный подход

Современный метод, основанный на **статистическом анализе сейсмичности** и оценке вероятности превышения определенного уровня сейсмических воздействий за заданный период времени.

- Построение моделей повторяемости землетрясений
- Учет неопределенностей в оценках параметров
- Расчет кривых сейсмической опасности
- Оценка риска для различных сценариев

Позволяет получить **количественные оценки риска** и оптимизировать проектные решения с учетом экономических факторов.

Сейсмическое микрорайонирование

Сейсмическое микрорайонирование (СМР) — это **детальная оценка сейсмической опасности конкретной территории**, учитывающая влияние местных грунтовых условий, рельефа и геологического строения на характеристики сейсмических колебаний. В отличие от общего районирования, СМР проводится в крупном масштабе (1:25 000 и крупнее) и позволяет выявить участки с повышенной или пониженной сейсмической опасностью в пределах одной балльности по карте ОСР.

Эффекты усиления

Мягкие грунты могут усиливать амплитуду колебаний в 3-5 раз по сравнению со скальными основаниями

Резонансные явления

При совпадении частот колебаний с собственными частотами грунтовой толщи возникают опасные резонансные эффекты

Топографические эффекты

Рельеф местности может приводить к концентрации сейсмических волн и усилению колебаний на вершинах и склонах

СМР является обязательным этапом для проектирования ответственных объектов в сейсмически опасных районах. Результаты микрорайонирования позволяют **скорректировать проектную балльность** площадки на ±1 балл относительно карт ОСР, что существенно влияет на стоимость и конструктивные решения строительства.

Методы сейсмического микрорайонирования

01

Инженерно-геологические изыскания

Бурение скважин, определение физико-механических свойств грунтов, мощности слоев

02

Геофизические исследования

Сейсмическое профилирование, измерение скоростей распространения сейсмических волн

03

Инструментальные наблюдения

Регистрация микросейсм и слабых землетрясений станциями на разных грунтах

04

Численное моделирование

Расчет реакции грунтовой толщи на сейсмические воздействия методом конечных элементов

05

Составление карт

Построение карт сейсмической опасности с учетом грунтовых условий

Комплексное применение этих методов позволяет получить наиболее достоверные результаты. Особое значение имеет **метод расчетных сейсмических колебаний**, при котором на основе региональных акселерограмм и данных о грунтовых условиях рассчитываются синтетические колебания для конкретной площадки.

Факторы, влияющие на сейсмическую опасность

Геологические факторы

- Тектоническое строение региона
- Наличие активных разломов
- Геологический возраст пород
- Плотность и прочность грунтов
- Глубина залегания скального основания



Геоморфологические факторы

- Рельеф местности
- Крутизна склонов
- Наличие оползневых процессов
- Речные долины и каньоны
- Формы ледникового рельефа



Гидрогеологические факторы

- Уровень грунтовых вод
- Водонасыщенность грунтов
- Риск разжижения грунтов
- Наличие плывунов
- Карстовые процессы



Факторы, влияющие на сейсмическую опасность

Геологические факторы

- Тектоническое строение региона
- Наличие активных разломов
- Геологический возраст пород
- Плотность и прочность грунтов
- Глубина залегания скального основания



Геоморфологические факторы

- Рельеф местности
- Крутизна склонов
- Наличие оползневых процессов
- Речные долины и каньоны
- Формы ледникового рельефа



Гидрогеологические факторы

- Уровень грунтовых вод
- Водонасыщенность грунтов
- Риск разжижения грунтов
- Наличие плывунов
- Карстовые процессы



Все эти факторы действуют **комплексно и взаимосвязанно**, создавая уникальные условия сейсмической опасности для каждой конкретной территории. Их тщательный анализ является ключом к достоверной оценке сейсмического риска.

Практическое применение результатов

Проектирование сейсмостойких зданий

Результаты районирования и микрорайонирования используются для определения расчетных сейсмических нагрузок и выбора конструктивных схем зданий

Территориальное планирование

Карты сейсмической опасности учитываются при разработке генеральных планов городов и размещении особо опасных объектов

Оценка сейсмического риска

Данные используются страховыми компаниями для расчета премий и государственными органами для планирования мероприятий по снижению риска

Экономический эффект: Правильное применение результатов сейсмического районирования позволяет оптимизировать затраты на строительство, избегая как излишнего запаса прочности, так и недостаточной сейсмостойкости конструкций. По оценкам экспертов, экономия может достигать 15-20% от стоимости строительства при сохранении необходимого уровня безопасности.

Современные тенденции и перспективы

Развитие сейсмического районирования и микрорайонирования идет по пути внедрения **новейших технологий и методов**. Современная сейсмология использует мощные вычислительные средства, спутниковые данные и машинное обучение для повышения точности прогнозов.

Космический мониторинг

Использование данных InSAR для отслеживания деформаций земной коры

Искусственный интеллект

Применение машинного обучения для анализа больших данных и выявления закономерностей

Плотные сети наблюдений

Развертывание густых сетей сейсмических станций для детального мониторинга

Перспективным направлением является **интеграция различных источников данных** — сейсмологических, геодезических, геологических — в единые информационные системы. Это позволяет создавать динамические модели сейсмической опасности, которые обновляются в реальном времени по мере поступления новых данных.

Особое внимание уделяется разработке **сценариев сильных землетрясений** для крупных городов с использованием суперкомпьютерного моделирования. Такие расчеты позволяют заранее оценить возможные последствия и разработать эффективные планы реагирования.

Ключевые выводы

Многоуровневый подход

Сейсмическое районирование и микрорайонирование образуют единую систему оценки сейсмической опасности от глобального до локального масштаба

Научная основа

Современные методы основаны на вероятностном подходе и учитывают множество факторов, влияющих на сейсмическую опасность

Практическое значение

Результаты являются основой для обеспечения сейсмобезопасности строительства и территориального планирования

Сейсмическое районирование и микрорайонирование — это **динамично развивающиеся научные дисциплины**, которые играют критическую роль в обеспечении безопасности населения и инфраструктуры в сейсмически опасных регионах. Постоянное совершенствование методов, накопление новых данных и внедрение передовых технологий позволяют повышать точность и достоверность оценок сейсмической опасности.

Междисциплинарный характер этих исследований требует тесного взаимодействия сейсмологов, геологов, геофизиков, инженеров и специалистов по оценке рисков. Только комплексный подход, основанный на современных научных достижениях и передовых технологиях, позволяет эффективно решать задачи снижения сейсмического риска и защиты общества от разрушительных землетрясений.

«Изучение сейсмической опасности — это не просто научная задача, но и важнейшая социальная ответственность перед будущими поколениями»