



# СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК И ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Т.Рашидов

Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз  
им.М.Т.Уразбаева

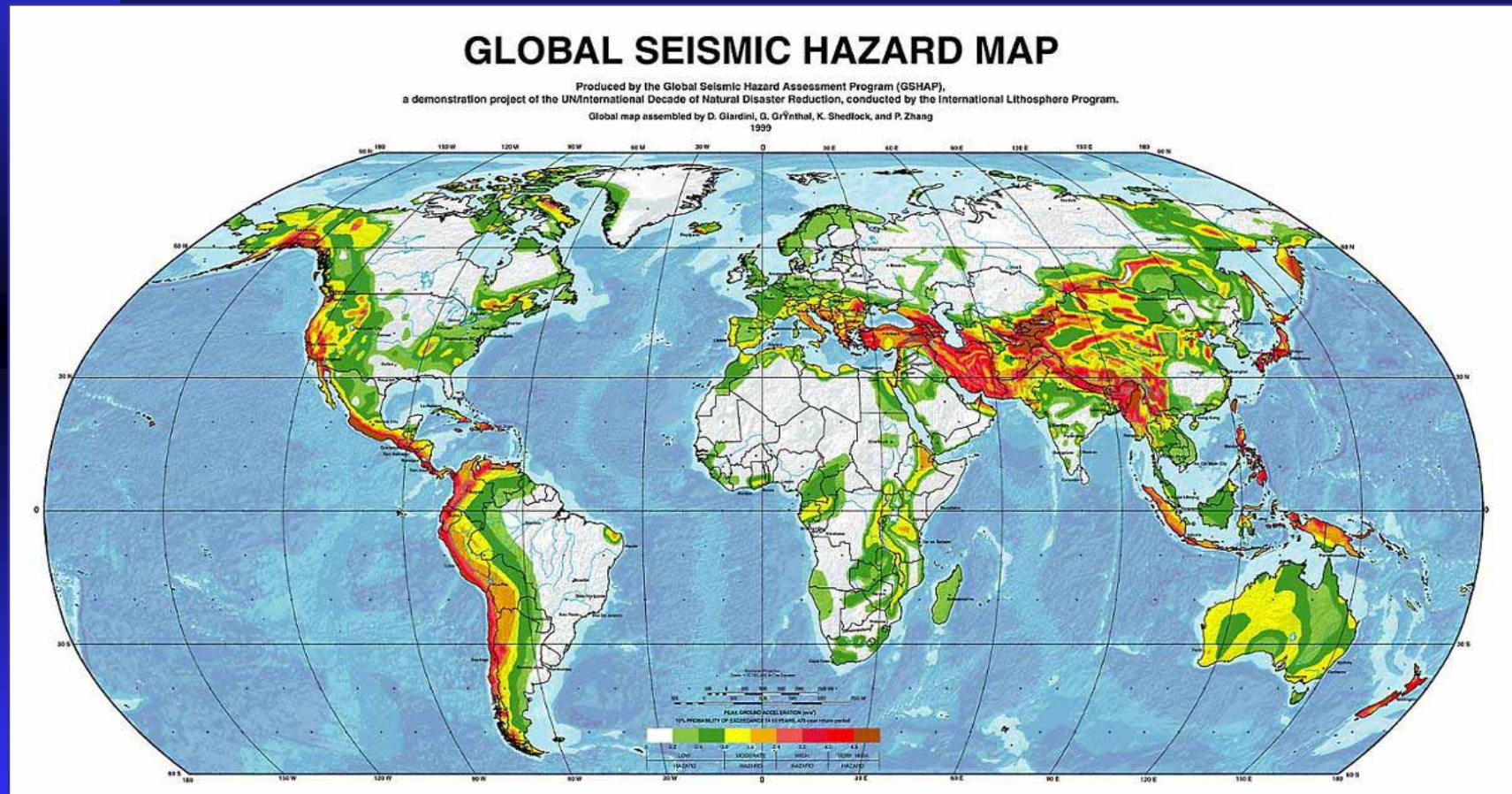
[tur.rashidov@list.ru](mailto:tur.rashidov@list.ru)

Доклад посвящен проблемам оценки и снижения сейсмического риска в условиях Центральной Азии и обеспечение водной безопасности.

Даны критерии оценки сейсмического риска, воздействия землетрясений на сейсмоустойчивость плотин и водопроводных систем. Анализируется поведение плотин и водопроводных систем при сильных землетрясениях в Японии (Кобе), Китае, США и др.

На примере плотин приведены основные принципы сейсмической безопасности.

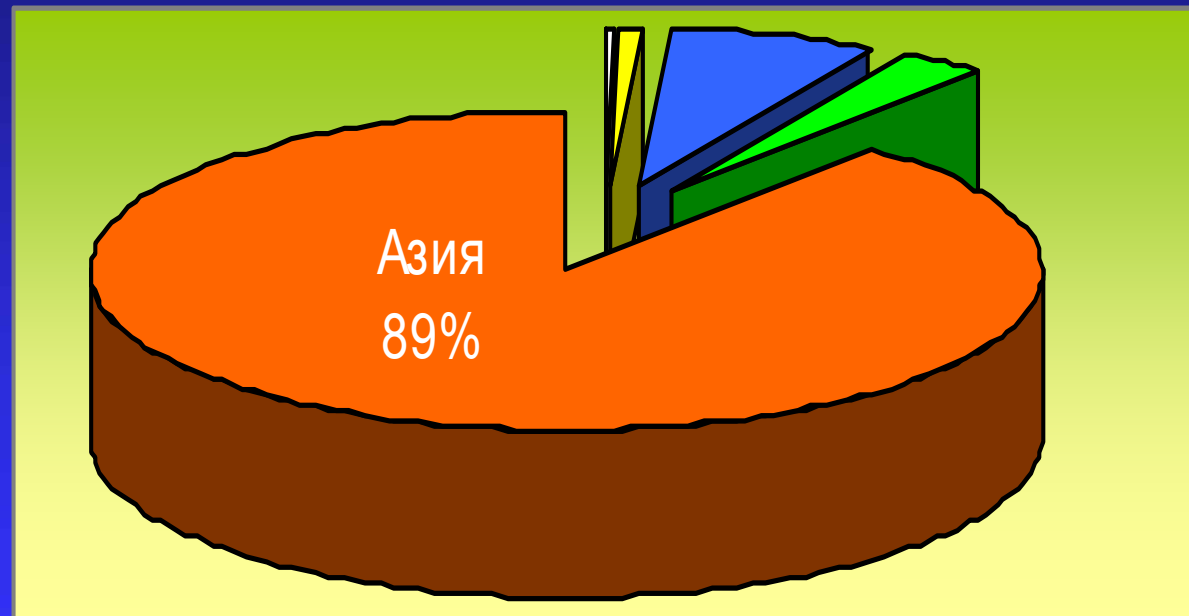
Карта сейсмической опасности указывает, что развивающиеся Азиатские государства находятся в высокоактивных сейсмических регионах и опасность землетрясений, а также всех сопутствующих им чрезвычайных ситуаций является неизбежной.



Карта глобальной сейсмической опасности, разработанная в рамках Международной Программы SHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program)

В Азиатском Регионе стихийные бедствия разрушительной силы происходят в среднем 2-3 раза в год. Среднее количество пострадавших достигает отметки 230 миллионов, что составляет 90% мирового показателя.

Статистика свидетельствует о том, что на территориях развивающихся стран процент ущерба намного выше.



Соотношение числа пострадавших



Большое Ханшинское землетрясение (Hanshin/Kobe, 17.01.1995 г) в Японии унесло более чем 5300 жизней, 27 тыс. человек получили ранения, и 300 тыс. человек осталось без крова. Экономический ущерб оценен приблизительно в 100 миллиардов US \$.

Ущерб от землетрясения в Loma Prieta (Северная Калифорния, 17.10.1989 г) оценен приблизительно в 7 миллиардов US \$.

Ущерб от землетрясения в Northridge (Южная Калифорния, 17.01.1994 г) составил более чем 20 миллиардов US \$.

Армянское (1988 г) и Сахалинское (1995г) землетрясения унесли жизни десятков тысяч людей и разрушили более 90 процентов жилых домов. Ущерб, нанесённый землетрясением в Армении, составил 90% ВВП страны.

Землетрясение 27 июля 1976 года в южных районах Тянь-Шаня – унесло жизни от 600 до 700 тыс. жителей КНР.

12 мая 2008 год в китайской провинции Сычуань произошло землетрясение магнитудой 7.8. Погибших превысило 19,5 тысяч человек. Оценили ущерб от катастрофы в 20 миллиардов долларов.

6 апреля 2009 г. в Италии произошло сильное землетрясение. В зоне стихийного бедствия разрушено около 10 тыс. домов. Землетрясение нанесло ущерб примерно 30 млн. евро. Число жертв 300 чел. А при землетрясении в Индонезии (26 декабря 2004 г). - 400 тыс. чел.

Разрушительное землетрясение на Гаити произошло 12 января. Самый мощный толчок магнитудой 7 продолжался 40 сек., за ним последовало еще несколько толчков, магнитудой более 5. В результате катастрофы сотни тысяч людей остались под завалами, а около 2 млн. жителей Гаити лишились крова. Столица республики - Порт-о-Пренс - оказалась полностью разрушена.

Ташкентским (1966 г) землетрясением было выведено из строя 36 тыс. зданий, в том числе 34,9 тыс. жилых домов, что составило 1/3 жилищного фонда и лишению крова 300 тыс. человек. Было разрушено 700 торговых и 236 административных зданий, 207 школ и 245 промышленных объектов, 181 учебных и 185 медицинских учреждений.

В памяти нынешнего поколения сильнейшие землетрясения в Ашхабаде, Газли, Нефтегорске, а также недавнее землетрясение в Китае, унесшее на данный момент 18000 жизней.



# КОЧАЕЛИ, ТУРЦИЯ, 1999г.



















## **СПИТАК, АРМЕНИЯ, 1988г.**







Разрушение транспортной эстакады  
при землетрясении в Кобе (Япония)





Последствия землетрясения в Китае, 2008 г.  
(провинция Сычуань, города Чэнду и Дулджинганг)  
Погибло 68 тыс. 858 чел., 366 тыс. 596 чел. ранено,  
18 тыс. 618 чел. пропало без вести.  
В общей сложности пострадало 45.61 млн. чел.





Землетрясения  
беспощадны и не  
признают границ  
(Пакистан, 29.10.2008)





Киргизия 5.10.2008 г.





Эпицентр находился  
в 22 км к юго-западу от  
столицы Гаити  
Порт-о-Пренс.  
(12 январь 2010 г.)







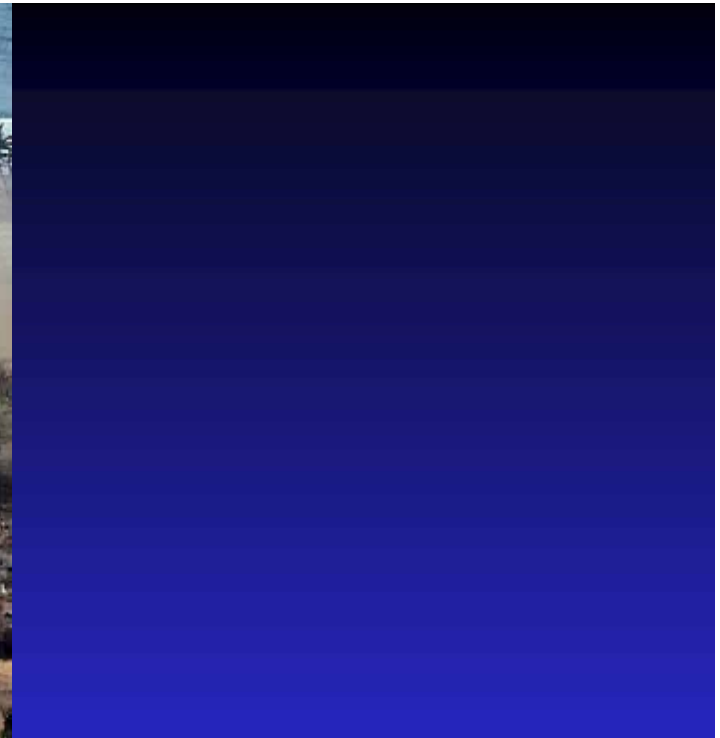
Более 2 миллионов чилийцев потеряли близких и жилища

В 590 км. К северу от  
столицы Чили – Сантьяго.  
30 января 2010 г.  
Магнитуда 5.6.



Подземная стихия разрушила мосты и дороги





Последствия  
землетрясения  
(Япония, 2011)



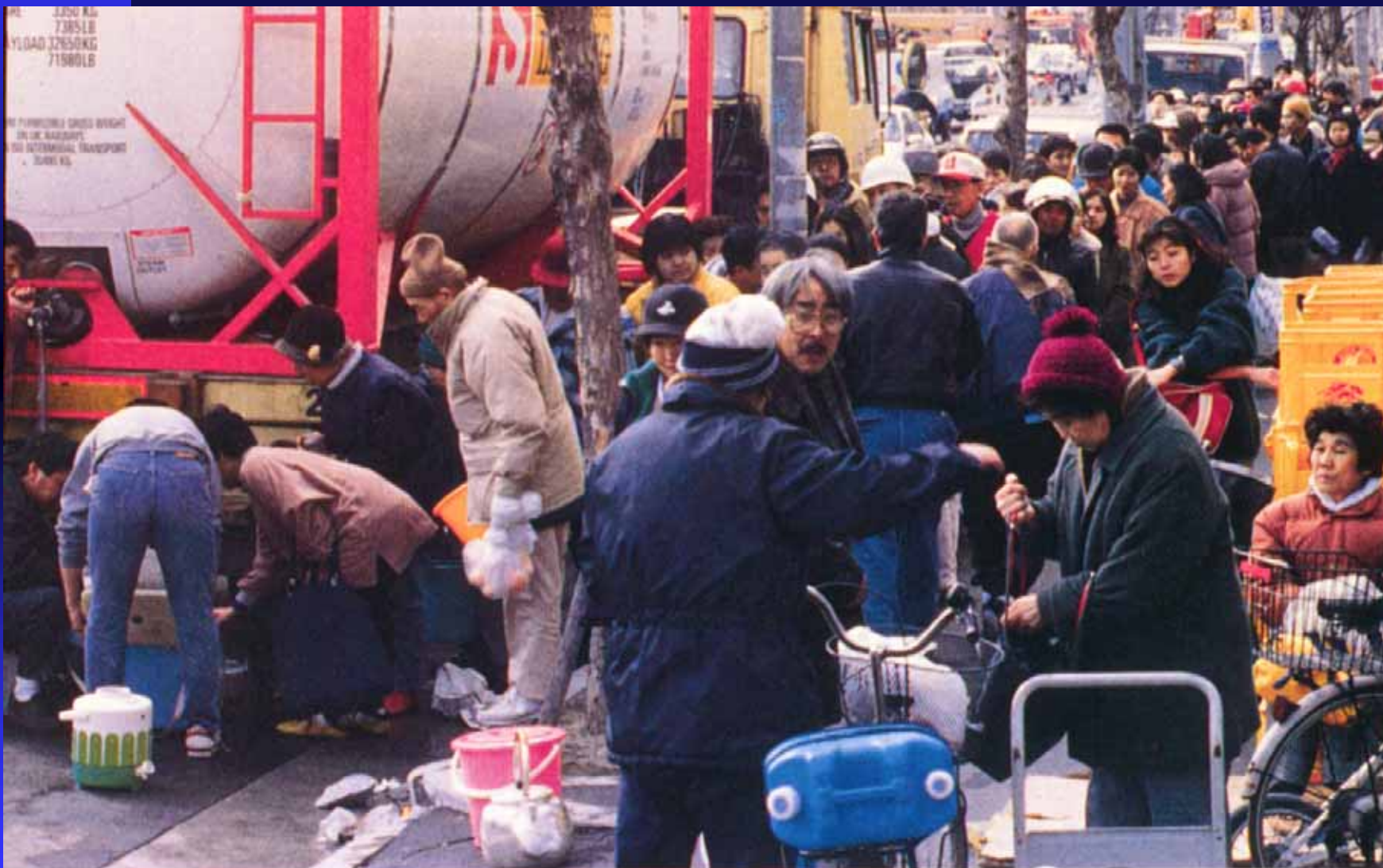


Япония  
11 апреля 2011 г.





При землетрясении примерно 1.27 млн. домов  
остались без водоснабжения (Кобе, 1995)



しかし、水を求めて給水車に列をつくる人々＝神戸市長田区内







■ Экономические потери и ущерб от различного рода чрезвычайных ситуаций на плотинах включают не только так называемый прямой ущерб (определяемый затратами на ликвидацию повреждений, или полную стоимость этих сооружений, например при их полном разрушении), не только ущерб нанесённый объектам энергетики и промышленности, но и ущерб, нанесённый территориям в случае их затопления. Наличие на этих территориях городов и других населённых пунктов, может привести к лавинообразному росту социальных и экономических потерь.

■ Для территорий, имеющих такой дополнительный фактор риска, как высокий уровень сейсмической активности, вопрос предотвращения трагических и разорительных последствий сильных землетрясений на гидротехнических сооружениях, и в частности плотинах, является особо важным и требует особого индивидуального подхода.

■ Статистика свидетельствует, что аварии плотин в связи с сейсмическим фактором, насчитывают десятки, а с учетом земляных дамб – сотни случаев.

**Аварии и повреждения плотин,  
вызванные сейсмическими воздействиями за последние 40 – 50 лет**

№	Наименование плотины	Высота, м	Материал плотин		Место расположения
			Бетонная	Грунтовая	
1	Потнебо	10	+		Алжир
2	Коньон Дель Пато	20	+		Перу
3	Шикань	25		+	Тайвань
4	Сан-Фернандо Аппорч	25		+	США
5	Хебген	35		+	США
6	Сан-Фернандо Лоуер	43		+	США
7	Лосанжелес	40		+	США
8	Сердже	57		+	Турция
9	Ла Виллита	60		+	Мексика
10	Койна	103		+	Индия
11	Синьфинзян	105		+	Китай
12	Софидруд	106	+	+	Иран
13	Покийма	113	+	+	США
14	Эль-Инфирнильо	148	+	+	Мексика
15	Лафборо		+		Англия
16	Яшинкуль			+	Киргизия
17	Таньшань			+	Китай
18	Изу			+	Япония



- Возможные разрушения плотин, крупных водных резервуаров, как искусственного, так и природного происхождения, под воздействием землетрясений, представляют серьёзную опасность для Центральноазиатского региона.

- Разрушение плотины Сарезского озера (Таджикистан) угрожает целому ряду городов Узбекистана, Таджикистана, Афганистана и (в меньшей степени) Туркменистана.

В результате Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 года произошло проседание гребня плотины озера Яшинкуль (Киргизия), затем её разрушение в центральной части и формирование волны прорыва. В 1,5 км от плотины, вследствие размыва около 3 млн. м<sup>3</sup> грунта, сформировался водокаменный сель с высотой волны прорыва 12 м, обрушившийся в долину реки Тегермоч.

- Таких примеров, можно привести довольно много.

■ Разработанная в ходе выполнения исследований для города Ташкента методология и концепции оценки сейсмического риска с целью составления планов мероприятий по его снижению, вполне приемлемы для плотин и других гидротехнических сооружений, с учетом корректировки отдельных положений, учитывающих их специфику.

■ Основными элементами этих концепций, наглядного представления результатов исследований, как представляется, должны являться :



## **1. Обеспечение исходной сейсмологической информации**

- 1.1. Разработка карт очаговых зон региона и оценка параметров возможных землетрясений.
- 1.2. Оценка спектров колебаний в ближней зоне землетрясений.
- 1.3. Оценка параметров затухания сейсмической энергии и сотрясений с расстоянием.
- 1.4. Расчет периодов повторения сотрясений различной интенсивности и составление карт сотрясаемости.
- 1.5. Выбор расчетных (8-9 балльных) землетрясений для разработки сценариев.
- 1.6. Разработка карт интенсивности для каждого из расчетных землетрясений с учетом затухания (карты изосейст без учета влияния грунтов).

## **2. Обеспечение необходимой инженерно-геологической информации**

- 2.1. Разработка инженерно-геологических карт местности.
- 2.2. Разработка карт грунтовых условий (учет различных факторов: уровень грунтовых вод, мощность слоев, изменение грунтов по глубине, наличие массивов галечника, трещиноватость и т.д.).
- 2.3. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмический эффект (коэффициенты усиления, проявления динамической неустойчивости грунтов и т.д.).
- 2.4. Разработка карт зон возможного разжижения грунтов, просадок, оплывин и т.д.
- 2.5. Оценка спектров реакции для выделенных на исследуемой территории типов грунтов и выбор акселерограмм сейсмических воздействий.
- 2.6. Разработка уточненной карты сейсмического микрорайонирования территории.

### **3. Оценка сейсмического эффекта для расчетных вариантов землетрясений**

3.1. Разработка карты сейсмической интенсивности с учетом грунтовых условий.

3.2. Разработка карты распределения сейсмического эффекта (проявления динамической неустойчивости грунтов).

### **4. Оценка уязвимости плотин (включая вспомогательные здания, сооружения и объекты их инфраструктуры)**

4.1. Разработка карт расположения плотин.

4.2. Оценка повреждаемости различных типов плотин по результатам макросейсмических наблюдений, расчетным данным и др. Отдельно оценка повреждаемости наиболее ответственных плотин.

4.3. Разработка кривых повреждаемости для каждого основного типа плотин.

4.4. Разработка классификации уязвимости для всех типов плотин, с учетом факторов, влияющих на их повреждаемость при сейсмоздействиях (конструктивные решения, материал, срок службы, качество строительства, условия эксплуатации и др.).

4.5. Разработка карт сейсмической уязвимости для плотин с указанием их типов в соответствии с классификацией по уязвимости.

4.6. Визуализация результатов расчетных оценок НДС плотин при воздействии сценарных землетрясений, с учетом их действительного технического состояния, выявленного мониторингом (включая разработку 3D-моделей плотин, использование программного обеспечения с визуальным отражением НДС, транспортировка полученных результатов в соответствующие ГИС-проекты с целью обработки и наглядного представления результатов).



## 5. Оценка ущерба от возможных землетрясений

- 5.1. Установление стоимости плотин с учетом расчетной интенсивности.
- 5.2. Определение ущерба от повреждения плотин основных типов (с учетом классификации по типам конструктивных решений, материалу, срокам эксплуатации и другим признакам).
- 5.3. Оценка стоимости плотин с учетом удорожания за счет расчетной интенсивности (с привлечением экономистов-оценщиков с опытом работы в данной области).
- 5.4. Определение ущерба от повреждения объектов инфраструктуры плотин.
- 5.5. Расчет суммарного ущерба в стоимостной оценке по типам плотин.
- 5.6. Расчет количества людских потерь, раненых в зависимости от интенсивности и времени суток расчетного землетрясения и связанным с ним возможным повреждением плотин.
- 5.7. Оценка количества людей, оставшихся без крова в результате землетрясения и связанным с ним возможным повреждением плотин.
- 5.8. Оценка потерь дорогостоящего и уникального оборудования, государственного имущества и имущества граждан.
- 5.9. Оценка экологического ущерба.
- 5.10. Оценка ущерба, нанесенного экономике вследствие затопления территории, остановки производства, прерывании подачи электроэнергии, газа, нарушениях в работе путей сообщения и т.п.

## **6. Разработка вариантов рабочих сценариев и планов действий**

- 6.1. Разработка вариантов сценария и планов действий при ликвидации последствий по каждому из расчетных землетрясений (расписать по времени, конкретным действиям, в т.ч. организация работы транспорта и коммуникаций, действия различных служб, хокимиятов, махаллинских комитетов и т.п.).
- 6.2. Оценка взаимодействия и эффективности работы всех служб, их готовности к возможному землетрясению.
- 6.3. Оценка стоимости затрат на ликвидацию последствий землетрясения и связанным с ним возможным повреждением плотин.
- 6.4. Разработка схем формирования и движения волн прорыва и определение участков местности с повышенной гидрологической нагрузкой.
- 6.5. Разработка сценариев возможного разрушения плотин и методов управления в различных экстремальных ситуациях.
- 6.6. Создание картографического материала по зонам затопления с указанием гидродинамических и временных характеристик для различных сценариев развития волн прорыва.
- 6.7. Разработка схем управления водохозяйственным комплексом при различном сочетании природно-климатических и техногенных условий формирования волн прорыва.



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**