

**Институт геологии, сейсмостойкого
строительства и сейсмологии
Национальной академии наук
Таджикистана**



**Инженерная академия
Республики Таджикистан**

**Таджикский технический
университет
имени М.С. Осими**

**МЕТОДЫ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ**

Каримов Ф.Х., Абдусаматов М.А., Мукимов Р.С.

**III МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОСЫГИНСКИЙ ФОРУМ
«СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ
«СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ»**

Москва, 21-22 октября 2021 года

АКТУАЛЬНОСТЬ

Территория Таджикистана относится к самым
высокосейсмичным районам мира

XX век: Три катастрофических землетрясения М7.4:

- Каратагское 1907 года с 9 баллов (по 12-балльной шкале МСК),
- Сарезское 1911 года 9 баллов,
- Хаитское 1949 года 9-10 баллов.

Высокая сейсмическая активность территории Таджикистана требует адекватного применения методов оценки сейсмической опасности мест расположения зданий и сооружений историко-культурного значения для проведения мероприятий по их защите от негативных влияний окружающей среды и сохранению.

СОХРАНЕНИЕ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ: НОРМАТИВНАЯ ОСНОВА

- Закон Республики Таджикистан «О защите и использовании исторического и культурного наследия»
- Закон Республики Таджикистан «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия»

Постановления Правительства РТ:

- «О правилах создания и содержания защиты исторических и культурных территорий»
- «О создании зон недвижимых объектов исторического и культурного наследия»
 - Конвенция ООН
- «Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия»

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ В ТАДЖИКИСТАНЕ

- На государственном учёте - 1500 зданий и сооружений
- Большинству из них 500 и более лет
- Строениям поселения Саразм 5,500 лет, в крупных городах Таджикистана - Худжанд, Куляб, Пенджикент, Гиссар - более чем 2000 лет
- Некоторые из них включены в Список Всемирного Культурного Наследия ЮНЕСКО
- Большинство строений возведено из глины, камней, песка, кирпичей с использованием извести, а также древесины
- Проявляется сейсмическое, техногенное и антропогенное влияние на состояние строений
- Проявляется действие природной и техногенной сейсмичности

КАРТА МЕСТ ИСТОРИЧЕСКИХ СТРОЕНИЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ



СЕЙСМИЧЕСКАЯ УЯЗВИМОСТЬ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Каратагское землетрясение 1907 г. - 9 баллов по шкале МСК



МЕДРЕСЕ В ДЕНАУ

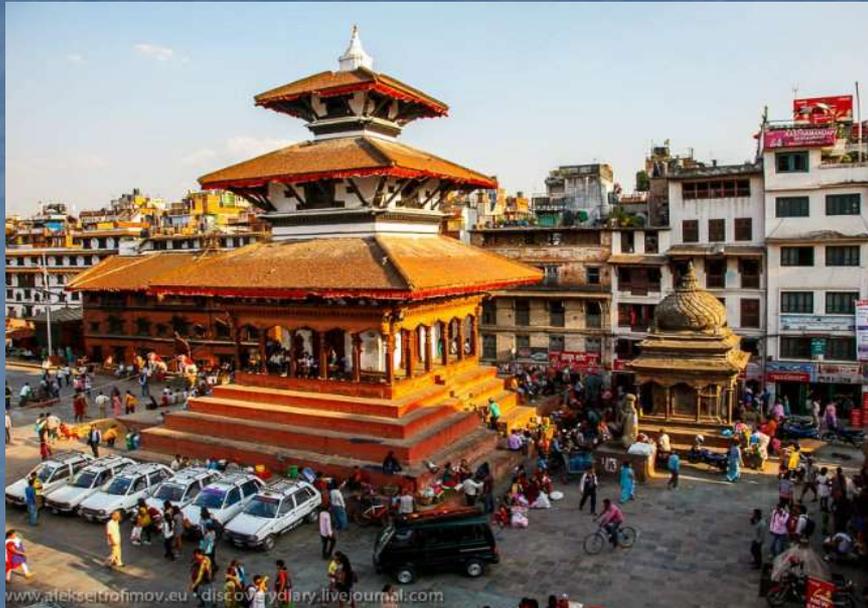
ПАМЯТНИКИ ВСЕМИРНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ (Крепость в г. Бам, Иран - фото Турагентства Ирана)

Крепость и окраины до и после землетрясения 2003 года



Руины крепости

КАТМАНДУ, НЕПАЛ



(HEARST SHKULEV MEDIA LLC)

После катастрофического землетрясения 25 апреля 2015 года
эти исторические объекты были полностью разрушены

АКУИЛА, ИТАЛИЯ, АПРЕЛЬ 2009 г. ОБРУШЕНИЕ СОБОРА



АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ДРЕВНОСТИ

Сохранность многих архитектурных памятников культурного наследия до наших дней – свидетельство высокого мастерства древних зодчих

ГЛАВНЫЙ ПРИНЦИП ПРОЧНОСТИ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ:

**СОЧЕТАНИЕ ЖЁСТКОСТИ, ГИБКОСТИ И ДОПУСТИМОЙ
ПОДАТЛИВОСТИ К ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ**

ПРИМЕРЫ ГИБКИХ КОЛОНН В ТРАДИЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ <http://artyx.ru/books/item/f00>



Заужения в колоннах придают им гибкость и допустимую податливость к нагрузкам при землетрясениях

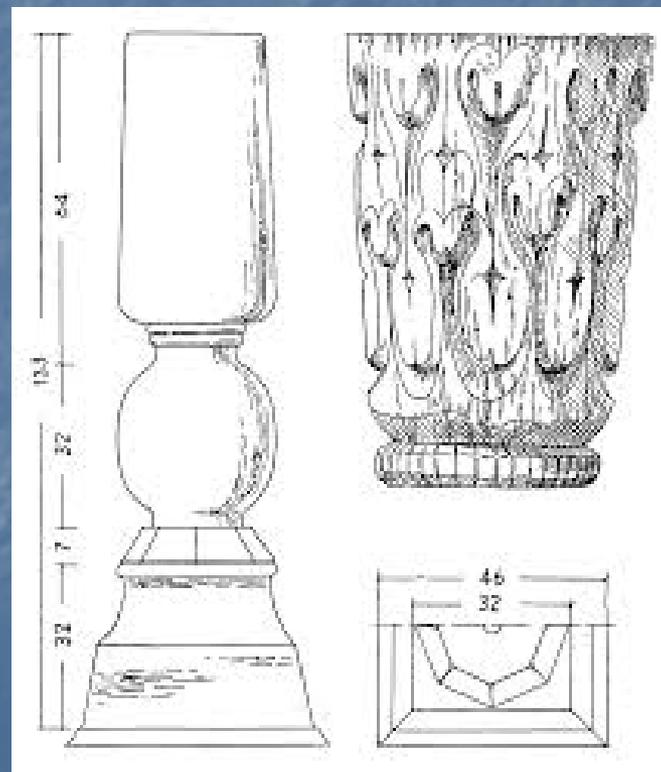


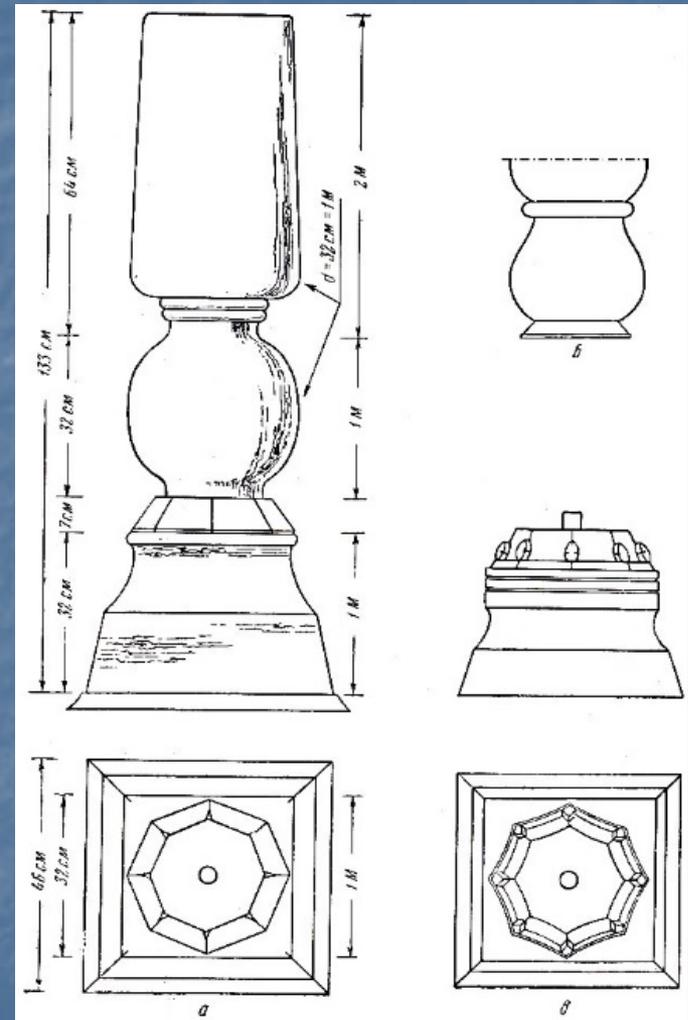
СХЕМА ДЕРЕВЯННОЙ КОЛОННЫ (Пенджикент, VII-VIII вв.)

• <http://artyx.ru/books/item/f00/s00/z0000032/st012.shtml>

Ствол с шарообразной или кувшинообразной секцией в нижней части колонны.

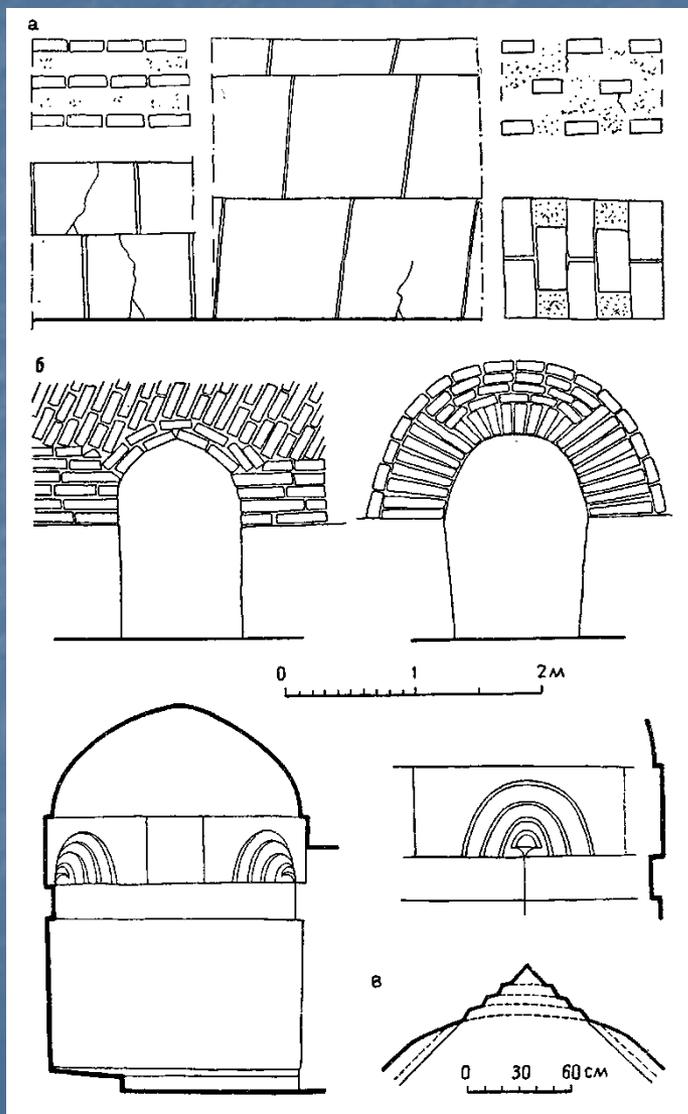
Четырёхугольная опора в сечении пирамиды со сторонами 80 см в основании.

Деревянная подушка толщиной 4-5 см с уклоном 30-40°



ХАРАКТЕРНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

<http://tehne.com/event/arhivsyachina/arhitektura-sredney-azii-vi-x-vv>



а — кладка стен из «пахсы» — уплотнённой глины с добавлением грубой почвы;

б — арки с различным «замком», (применялся ещё в Древнем Риме);

в — купол

**ДЕРЕВЯННАЯ ПРОСЛОЙКА В ВИДЕ КОЛЬЦА:
ДЕМПФЕР, ВЛАГОИЗОЛЯЦИЯ
(минарет в г. Худжанде, Таджикистан)**



Замкóвое соединение кольца



КОНСТРУКЦИИ ТИПА СИНДЖ – КАРКАСЫ ИЗ ДЕРЕВА (с. Каратаг, Таджикистан)



ПЕРЕСКАЮЩИЕСЯ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЕРЕВЯННОГО ПОТОЛКА (г. Хорог, Памир, Таджикистан)



СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ АНТИСЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ (ИП)

1. УЧЁТ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В МЕСТАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИП: МАКСИМАЛЬНОЙ СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ЧАСТОТ ИХ ПОВТОРЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЙ;
2. РЕГУЛЯРНЫЙ МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИП, ИХ СВОЕВРЕМЕННЫЙ РЕМОНТ И ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ;
3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИП В СООТВЕТСТВИИ С ПРАВИЛАМИ И НОРМАМИ;
4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕР ЗАЩИТЫ ИП ОТ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ГРУНТОВЫХ ВОД И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ;
5. ИСКЛЮЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВИБРАЦИЙ ОТ ТРАНСПОРТА И МЕХАНИЗМОВ;

УЧЁТ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

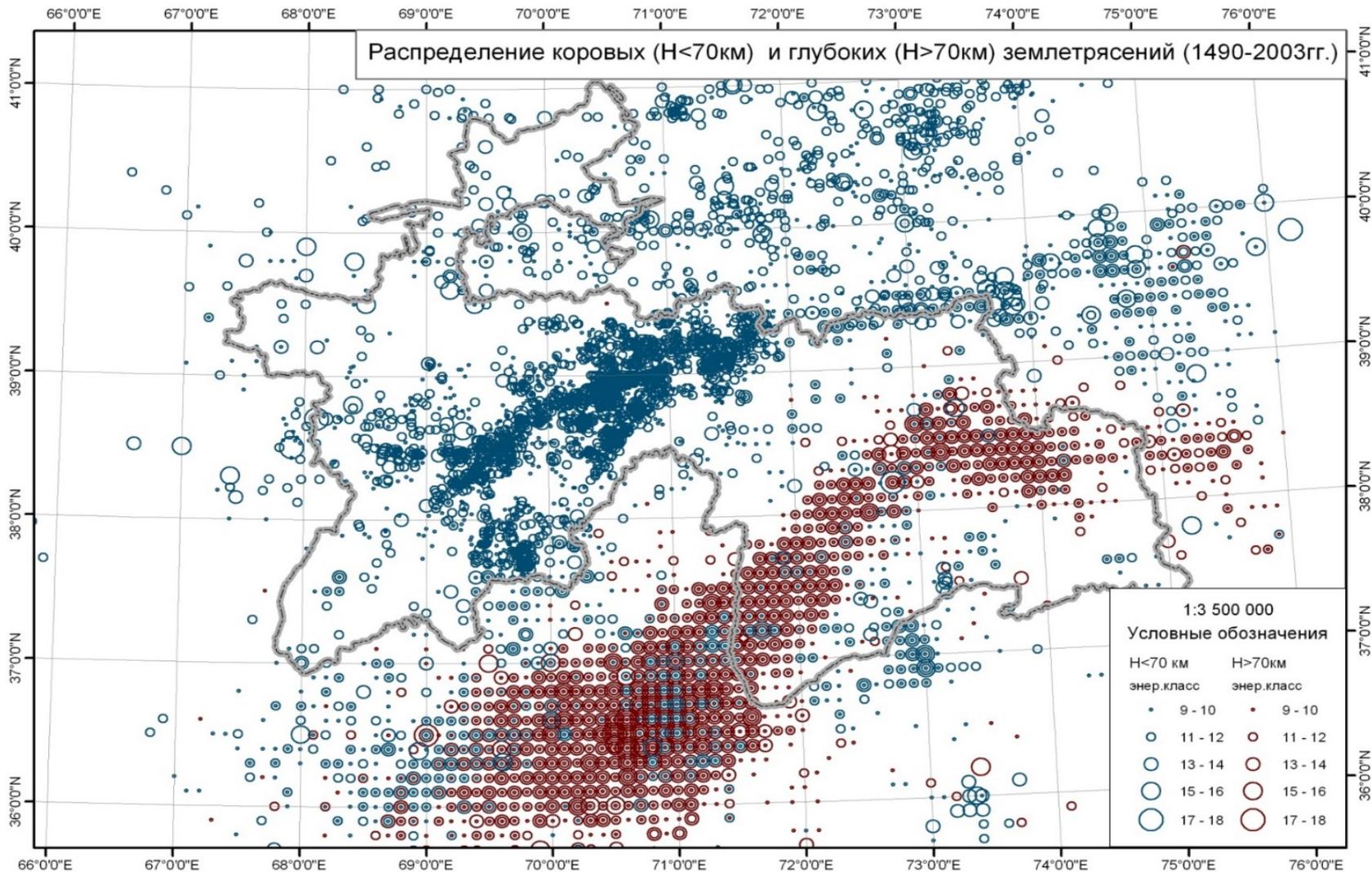
I. КАТАЛОГИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, КАРТЫ ОБЩЕГО, ДЕТАЛЬНОГО И МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

II. ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ИП ПО ФИЗИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ИП, СОСТОЯНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ – ГРУНТА

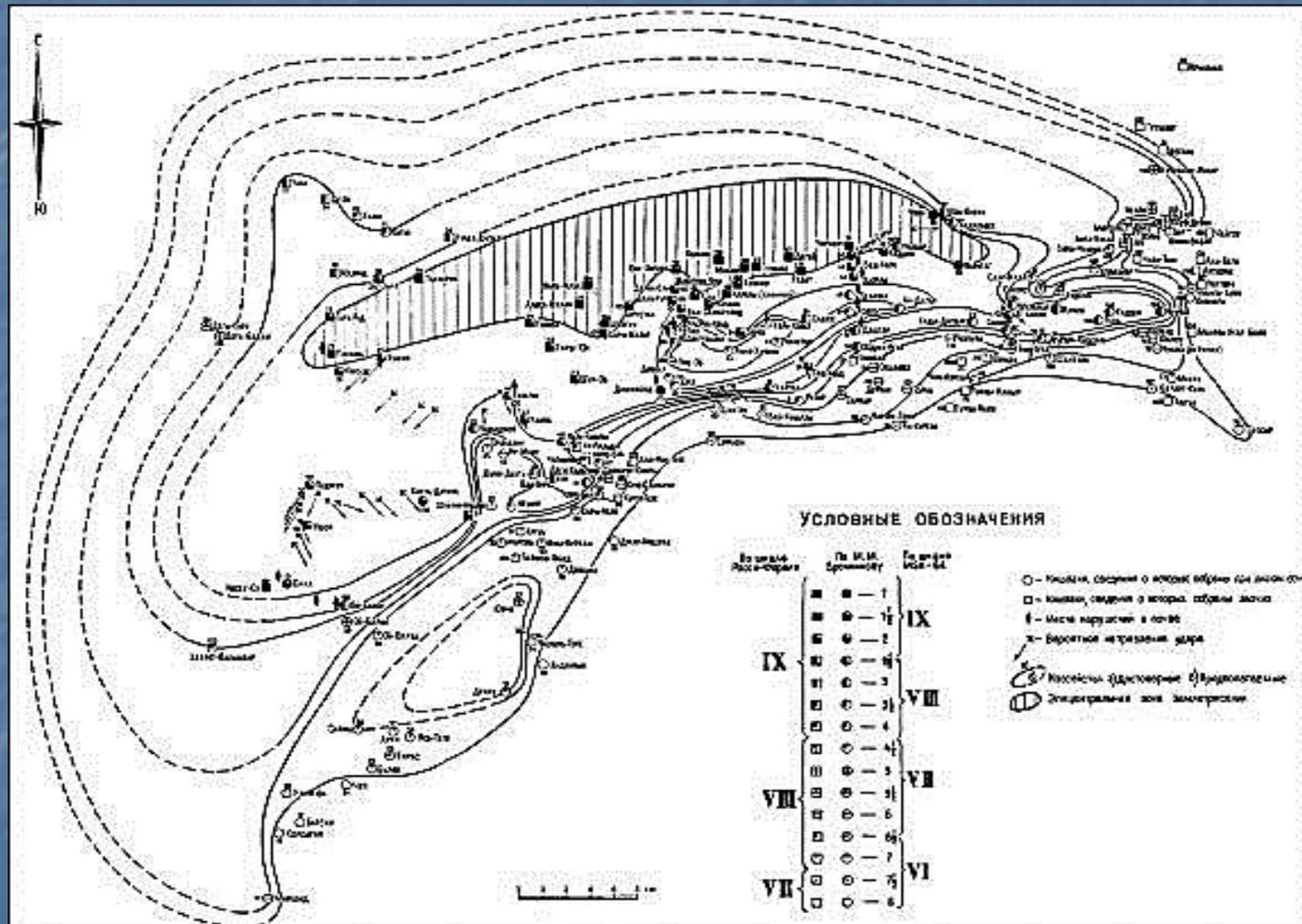
III. ПРОГНОЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ – СТЕПЕНИ РАЗРУШЕНИЙ ИП ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ 3 И БОЛЕЕ БАЛЛОВ ПО ШКАЛЕ МСК;

КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С 1490 г. (Кондорская Н.В., Шебалин Н.В., 1977 г., Ищук А.Р., 2003 г.).

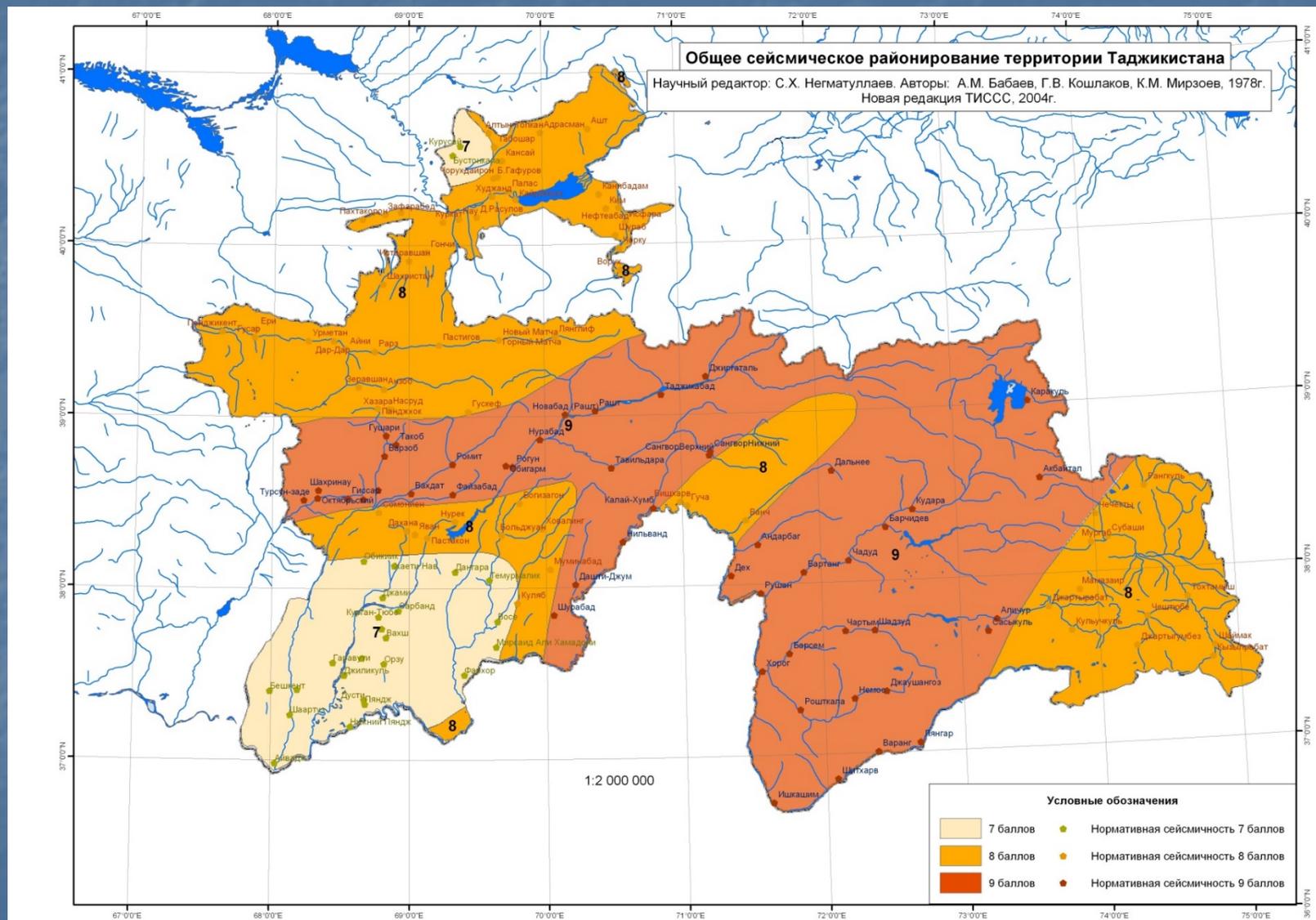
Распределение коровых ($H < 70$ км) и глубоких ($H > 70$ км) землетрясений (1490-2003 гг.)



ИСТОРИЧЕСКАЯ КАРТА БАЛЛЬНОСТИ КАРАТАГСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1907 ГОДА (Бронников М.М., 1908 г.)



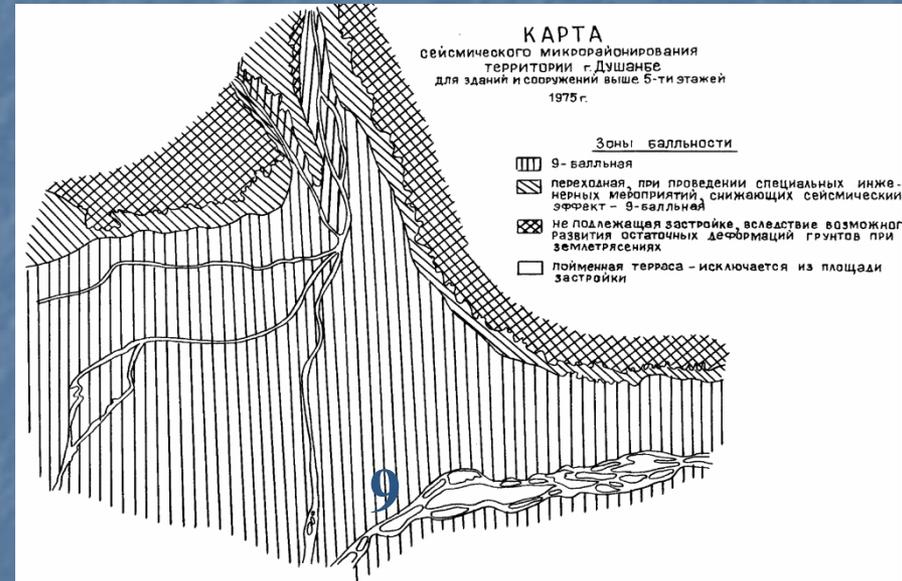
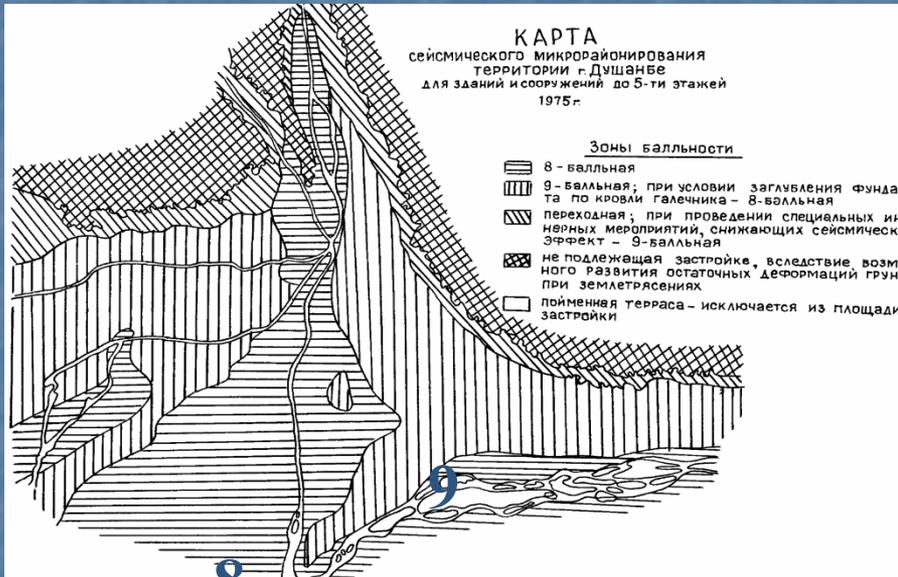
КАРТА ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА



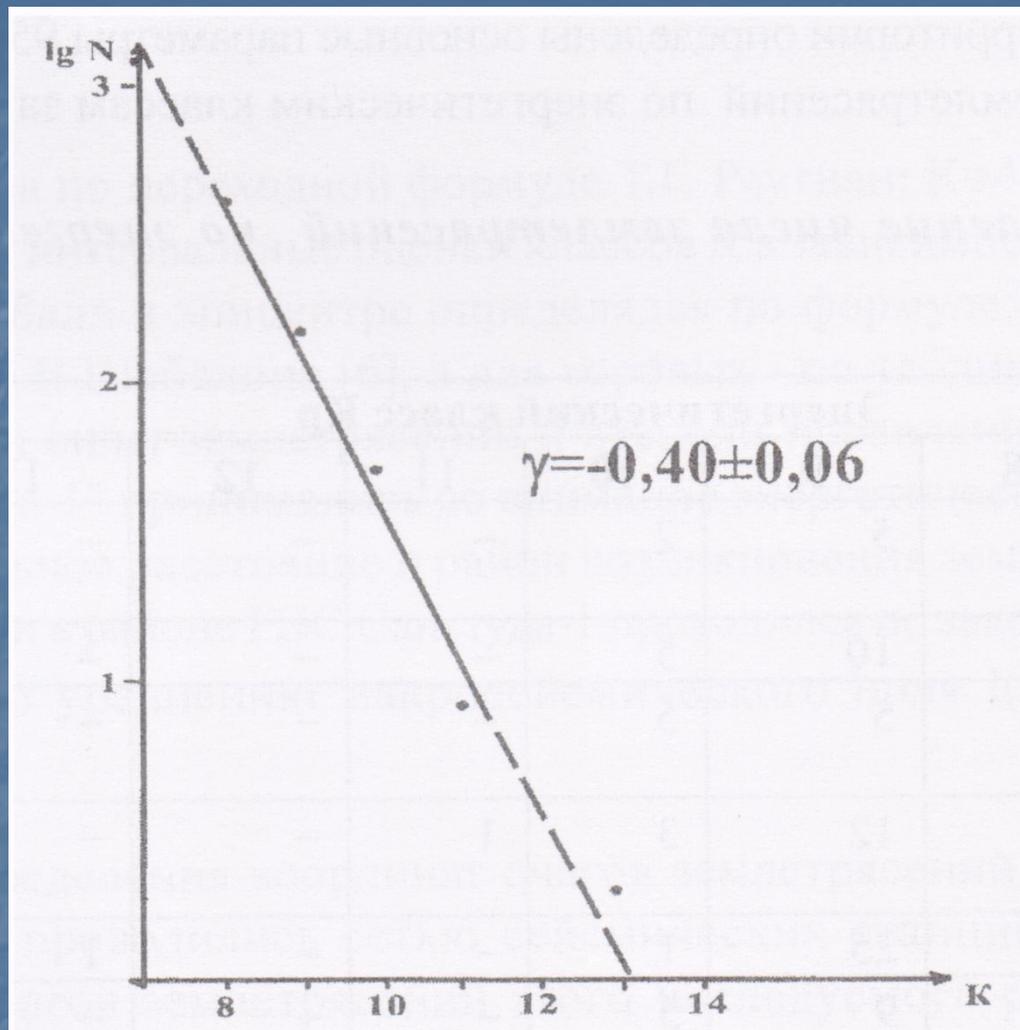
КАРТА МИКРОСЕЙСМОРАЙОНИРОВАНИЯ: г. ДУШАНБЕ

ДЛЯ ЗДАНИЙ МЕНЕЕ 5 ЭТАЖЕЙ

ДЛЯ ЗДАНИЙ БОЛЕЕ 5 ЭТАЖЕЙ



ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



Пример: распределение чисел землетрясений N в зависимости от магнитуды M
(район нижнего течения р. Вахш)

АФТЕРШОКИ и МИКРОСЕЙСМЫ

Афтершоки опасны также опасны, как и основные толчки землетрясений:

Главные толчки землетрясений могут частично разрушить инженерное сооружение, афтершоки действуют по уже ослабленному зданию и поэтому опасны.

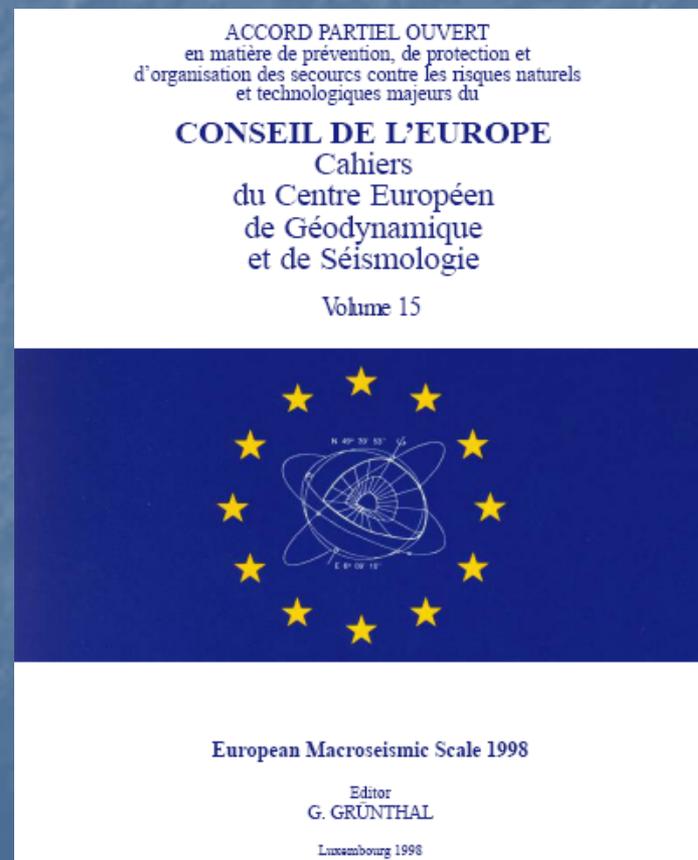
Природные и техногенные микросейсмы и микроземлетрясения действуют постоянно и также опасны

ПРОГНОЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

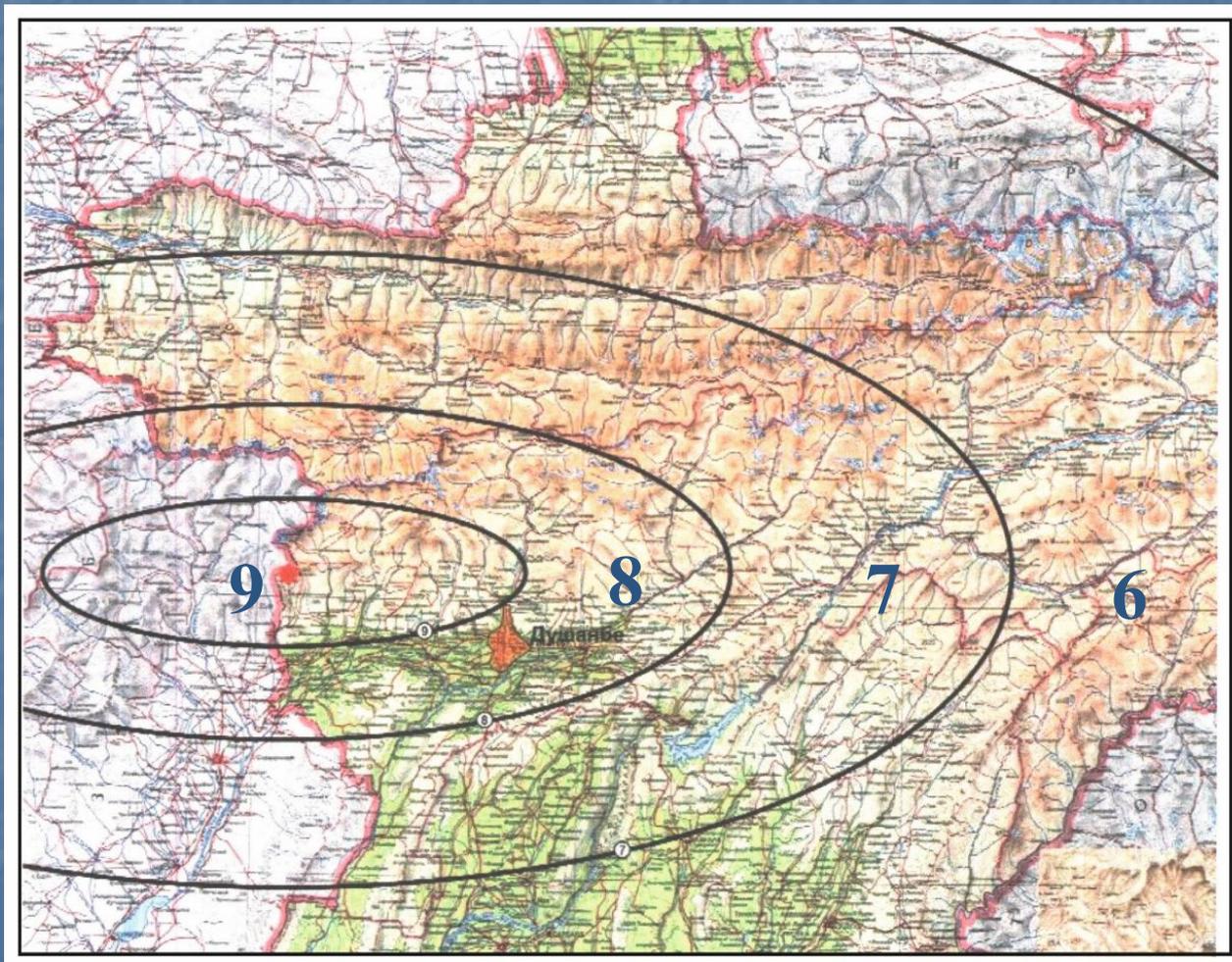
Для зданий гражданского, общественного и социального назначения разработаны нормы оценки прогнозного действия землетрясений: известно, что будет со зданиями при землетрясениях от 3-х до 9 баллов по шкале МСК – какова будет степень разрушений.

ЕВРОПЕЙСКАЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА (1998 г.)

К сожалению, для исторических сооружений таких норм пока нет – актуальная проблема для сохранения исторического наследия.



СЦЕНАРИЙ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ С М7,5: КАРАТАГСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ (Джураев Р.У., 2021 г.)

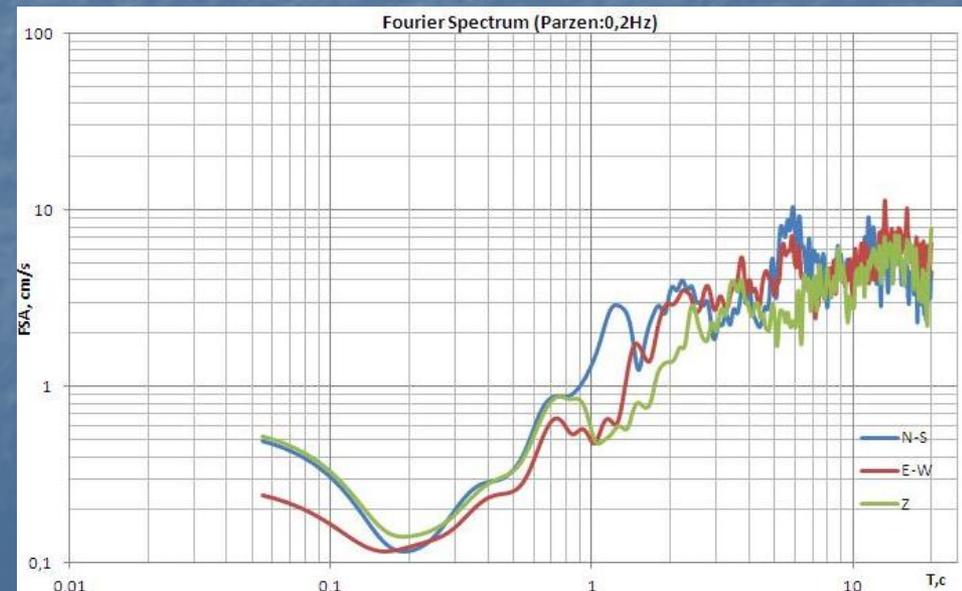
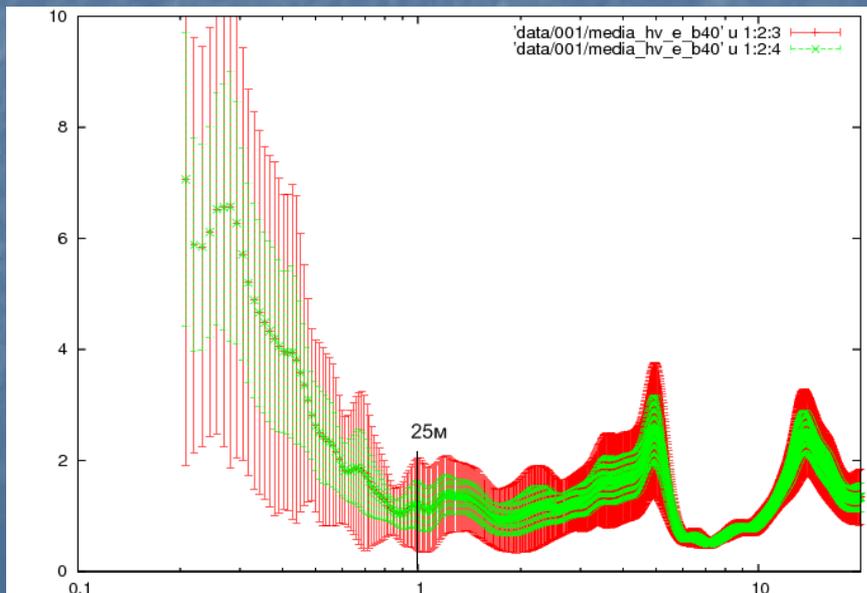


ПРОЕКТ ЮНЕСКО «Оценка сейсмической уязвимости зданий культурного исторического наследия в Таджикистане» - 2015 г.

ЦЕЛЬ: ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОЕНИЙ ИП В ТАДЖИКИСТАНЕ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ СОХРАНЕНИЮ

СОДЕРЖАНИЕ: ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ 21 СТРОЕНИЯ ИП И ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ К ДЕЙСТВИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

УЧЁТ СПЕКТРА СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА НА УЧАСТКЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИП



УКРЫТИЯ ДЛЯ ИП – ДРЕВНЕЕ ПОСЛЕНИЕ САРАЗМ (5500 лет).

Укрытия защищают ИП от негативных действий окружающей среды на состояние строительных материалов, конструкций, а, значит, - и от влияния землетрясений.

<https://whc.unesco.org/ru/list/1141>



РЕСТАВРАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

В последние десятилетия достигнут большой прогресс в области создания новых строительных материалов, например, на основе композитов: прочных, лёгких, гибких, долговечных, стойких к негативному влиянию окружающей среды.

Такие материалы могут успешно применяться для укрепления несущей способности строений наряду с традиционными, природными материалами для различных случаев, включая действие землетрясений.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ СПЕЦИАЛИСТОВ:

ТРЕБОВАНИЯ К СЕЙСМОЛОГАМ И СТРОИТЕЛЯМ

1. Умение оценивать сейсмическую опасность места расположения сооружений;
2. Умение оценивать последствия сейсмических действий на сооружения;
3. Знать методы усиления строительных узлов и конструкций, восстановления и реставрации повреждений сооружений;
4. Знать методы создания инженерных защитных сооружений от воздействий окружающей среды и, в частности, землетрясений.
5. Знать методы создания укрытий для сооружений от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Достижение цели в сохранении памятников историко-культурного наследия в сейсмически активных районах Таджикистана требует комплексного подхода, включающего применение мониторинга физического состояния древних строений, грунтовых условий мест расположения, негативного влияния окружающей среды.
- Каждый исторический памятник должен иметь паспорт, в котором указаны: его исторические данные, состав элементов и конструкций, план, размеры, инженерно-технические параметры, регистрация проведённых обследований, физическое состояние, оценки сейсмических воздействий 3 и более баллов.
- Необходим постоянный мониторинг физического состояния зданий и принятие мер по защите от негативных воздействий окружающей среды.
- Необходимы своевременные ремонт и реконструкция строений.
- Необходима подготовка кадров специалистов, способных планировать и выполнять все мероприятия по охране историко-культурных памятников.
- Необходимо совершенствование законодательства в области охраны историко-культурных памятников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог исторических мест Таджикистана //Министерство культуры РТ, Embassy of the United States of America. – Душанбе, 2011.
2. Макросейсмическая шкала интенсивности землетрясений (EMS-98), Ред Грюнталь Г., 1998.
3. Мавлянова Н.Г., Рахматуллаев Х.Л. Методика оценки сейсмического риска для охраны исторических памятников архитектуры. Тр. Межд. науч. конф. «100 лет со дня Каратагского землетрясения 1907 г. и современные проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии». Сб. Актуальные проблемы научных исследований сейсмоактивных областей. Душанбе: ИССС АН РТ, 2007, С. 225.
4. Kaya M. PO-048 Techniques for Seismic Strengthening of Historical Monuments. Спб. Конференция.
5. Protection of Cultural Heritage//Publ. by EUR-OPA IOM-OIM //J.P.Massue, M. Schvoerer.
6. Низомов Д.Н., Саломов Н.Г., Шарифов Х.А. Опыт оценки сейсмической уязвимости зданий социального назначения г. Душанбе, столицы Таджикистана (по проекту ПРООН, Дипеко V) Материалы XV Международной научно-практической конференции «Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций», 18-20 мая 2010 г., М.: МЧС РФ Ю ФГУ ВНИИ ГОЧС РФ, 2010, 512 с., с.253-262.
7. Каримов Ф.Х. (науч. руководителѝ), Мамаджанов Ю.М., Саломов Н.Г., Мукимов Р.С., Муродкулов Ш.Я., Ниязов Д.Б., Сангинов А.М., Якубов Ш. “Оценка сейсмической уязвимости зданий культурного исторического наследия в Таджикистане”. Проект ЮНЕСКО, 31.09-31.12.2015 г.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ