Разработка СТО СРО СОЮЗАТОМГЕО «Объекты использования атомной энергии. Определение сейсмической опасности и расчет сейсмических воздействий»

Р.Э. Татевосян, ИФЗ РАН, заместитель директора, д.ф-м.н.

С.Ф. Аптикаев, ООО АЭП, главный специалист, к.ф-м.н.

В.В. Быкова, ИФЗ РАН, ведущий научный сотрудник, к.ф-м.н.

Некоторые позиции в международных стандартах и Российских нормах

Близкие подходы	Существенные различия
Приоритет результатов изысканий для проекта по отношению к иным оценкам (например, национальным картам ОСР). База данных составляется и верифицируется в рамках проекта	Запрещающие факторы: У нас 0.4g, более 8 баллов MSK64; у «них» по уровню сотрясений запрещающий критерий не установлен
Предусмотрена пространственная иерархия базы данных	Задание сейсмических воздействий: у нас макросейсмическая интенсивность, как базовый параметр представляющий сейсмическую опасность и воздействия; у «них» однородные спектры реакции (UHRS) для заданных отметок и акселерограммы
	Учет грунтовых свойств площадки: у нас СМР – сейсмическое микрорайонирование; у «них» – реакция площадки

Инициатива наказуема: Старт

Саморегулируемая организация
Ассоциация
«Объединение организаций, выполняющих инженерные изыскания при архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов атомной отрасли»
(СРО «СОЮЗАТОМГЕО»)

ПРОТОКОЛ № 01-2024

заседания Экспертного совета СРО «СОЮЗАТОМГЕО»
секция «Инженерные изыскания»

В режиме ВКС — 13 ноября 2024 г.

Председатель секции – Петросян Алексей Эминович, директор по инженерным изысканиям АО «Атомэнергопроект»

Секретарь заседания ПК 6 - Абрамова Юлия Викторовна, начальник отдела ООО «ЦТКАО»

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

1. Опекунов Виктор Семенович – президент СРО атомной отрасли;
2. Татевосян Рубен Эдуардович – заместитель директора по вопросам инженерной сейсмологии и оценке сейсмической опасности ИФЗ РАН;
3. Аптикаев Феликс Фуадович – профессор института физики Земли РАН;
4. Аптикаев Сергей Феликсович – главный специалист АО «Атомэнергопроект»;
5. Бабенко Виктория Анатольевна – начальник группы ИГИ АО «ВНИПИпромтехнологии»;
6. Веселов Вадим Владимирович – главный специалист АО «Атомэнергопроект»;
7. Козловский Сергей Викторович – заместитель начальника Управления ОМСН ФГБУ «Гидроспецгеология»;
8. Курсин Анатолий Николаевич – главный эксперт ОГГО БКИИ АО «Атомэнергопроект»;
9. Найденов Анатолий Васильевич – главный специалист Малоярославецкого филиала АО «Атомэнергопроект»;
10. Святовец Сергей Владимирович – начальник Управления объектного мониторинга состояния

3. По СТО СРО-Г 60542954 00005-2015 «Объекты использования атомной энергии. Учет опасных природных процессов и явлений при выборе площадки размещения АЭС»:

- подготовить проект ТЗ на пересмотр документа по стандартизации и согласовать ТЗ с экспертами секции «Инженерные изыскания» Экспертного совета СРО.

Ответственные: Татевосян Р. Э. (ИФЗ РАН), Секретариат ЭС/ ООО «ЦТКАО» Ю.В. Абрамова.

Срок: **05.12.2024 г.**

4. По СТО СРО-Г 60542954 00004–2021 «ОБЪЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ Основные требования к составу результатов инженерных изысканий для строительства атомных станций»:

- подготовить проект ТЗ на пересмотр документа по стандартизации и согласовать ТЗ с экспертами секции «Инженерные изыскания» Экспертного совета СРО.

Ответственные: А. Н. Курсин (АО «Атомэнергопроект»), Секретариат ЭС/ ООО «ЦТКАО» Ю.В. Абрамова.

Срок: **05.12.2024 г.**

5. По разработке нового документа по стандартизации «Объекты использования атомной энергии. Оценка сейсмической опасности и расчет сейсмических воздействий»:

- подготовить проект ТЗ на разработку документа по стандартизации и согласовать ТЗ с экспертами секции «Инженерные изыскания» Экспертного совета СРО.

Ответственные: Татевосян Р. Э. (ИФЗ РАН), Секретариат ЭС/ ООО «ЦТКАО» Ю.В. Абрамова.

Срок: **05.12.2024 г.**

6. По СТО СРО-Г 60542954 00002-2020 «Общие требования к выполнению инженерных изысканий»:

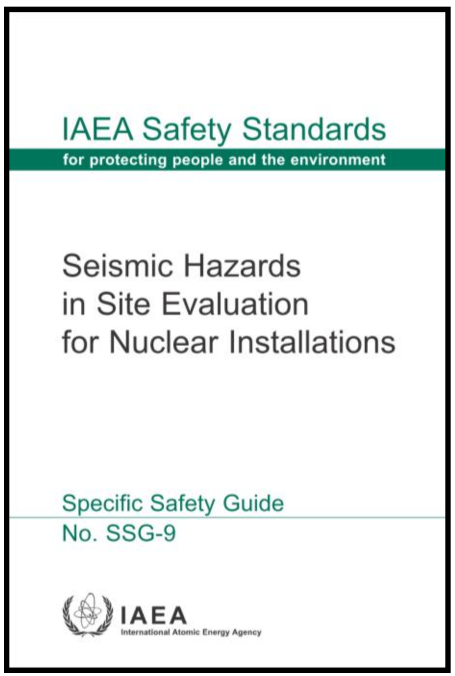
- подготовить проект ТЗ на пересмотр документа по стандартизации и согласовать ТЗ с экспертами секции «Инженерные изыскания» Экспертного совета СРО.

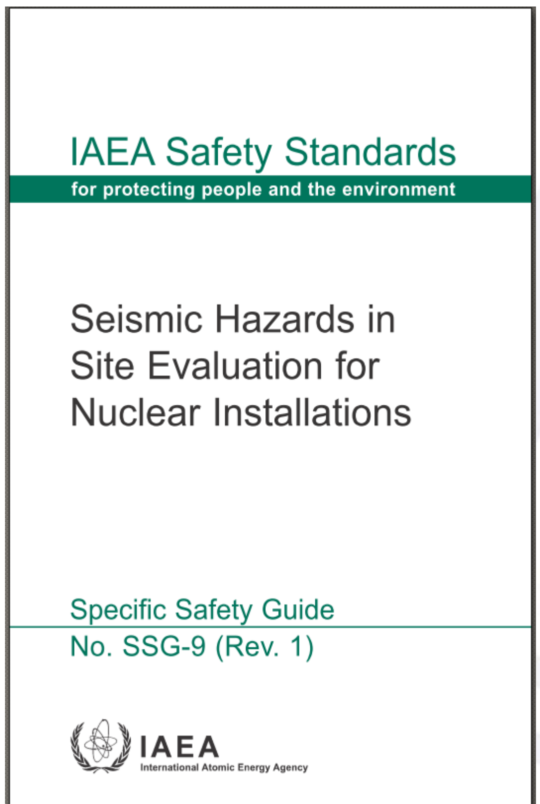
Ответственные: Татевосян Р. Э. (ИФЗ РАН), Секретариат ЭС/ ООО «ЦТКАО» Ю.В. Абрамова.

Проблемы

- Баланс между сохранением преемственности и необходимостью создания актуального документа

- Баланс между традиционной национальной и международной практикой:
(актуально с учетом активности Росатома за рубежом)





С чем «гармонизировать»? Пока обсуждали SSG-9, в 2022 г. вышла ее замещающая ревизия

По некоторым позициям разница между рекомендациями 2010 и ревизией 2022 принципиальная

Рекомендации 2010 успешно применялись нашей командой в Бангладеш, Турции, Венгрии, Египте. Опыта практического применения 2022 у нас нет

Масштаб изменений

IAEA Safety Standards
for protecting people and the environment

Seismic Hazards
in Site Evaluation
for Nuclear Installations

Specific Safety Guide
No. SSG-9

IAEA
International Atomic Energy Agency

9. DESIGN BASIS GROUND MOTION, FAULT DISPLACEMENT AND OTHER HAZARDS

LEVELS OF GROUND MOTION HAZARD

9.1. Typically, two levels of ground motion hazard, named SL-1 and SL-2, are defined as the earthquake design basis for each plant. The definition and application of these levels in plant design are explained in Ref. [5].[2] In design, the

32

SL-2 level is associated with the most stringent safety requirements, while SL-1 corresponds to a less severe, more probable earthquake level that normally has different implications for safety. When probabilistic seismic hazard analysis is used, either a reference annual frequency of exceedance is needed, derived on the basis of data from experience, for example, or a performance based approach may be taken.

9.2. Regardless of the method used to evaluate the ground motion hazard, both SL-1 and SL-2 levels should be defined by means of appropriate spectral representations and time histories. The ground motion should be defined for free field conditions, at the level of ground surface or key embedment depths and in line with user requirements (see Section 11). The ground motion for reference bedrock conditions should be given, provided that a good geotechnical database is available. Ground motions at the foundation level and at the surface can then be computed, with account taken of the transfer functions of the overlying soil layers. Consideration should be given to the appropriate interfacing of the defined reference ground motion and the site response analysis [2].

В 2010 были два уровня воздействий: ПЗ и МРЗ

IAEA Safety Standards
for protecting people and the environment

Seismic Hazards in
Site Evaluation for
Nuclear Installations

Specific Safety Guide
No. SSG-9 (Rev. 1)

IAEA
International Atomic Energy Agency

ПЗ в SSG-9 (Rev. 1) не рассматривается.

В 2022 нет, как и не было в версии 2010 «запроектное землетрясение». Для ВАБ строятся кривые опасности с заданной обеспеченностью в диапазоне годовых частот превышения от 10^{-2} до 10^{-6}.

Какой смысл в отдельном ЗЗ?

(4) The uniform hazard response spectra should be developed at the identified locations of interest (e.g. the control point) for the nuclear installation site and for the annual frequencies of exceedance selected for defining the seismic design basis (e.g. 10^{-4} and 10^{-5} per year). This calculation should take into account the uncertainties in site response (i.e. it should be consistent with the hazard). The final design basis ground motion should be developed with a sufficient safety margin to meet the expectations of a design basis in accordance with the recommendations in SSG-67 [5]. The convolved scenario based ground motion used as input in deterministic approaches should be established as being sufficiently conservative to meet the recommendations.

Уровни воздействия

IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Seismic Design for Nuclear Installations

Specific Safety Guide

No. SSG-67

IAEA

International Atomic Energy Agency

2021

Determination of the design basis earthquake

3.18. As one of the first steps at the design stage of the nuclear installation, the design basis earthquake should be determined. The design basis earthquake is used to define the level of the seismic vibratory ground motion hazards to be taken into account in the design of the SSCs of the nuclear installation; it is based on the results of the assessment of the site specific seismic vibratory ground motion. If a generic seismic design basis is used, it should be shown to envelop the site specific seismic ground motion. In general, two levels of seismic vibratory ground motion hazard, SL-1 and SL-2, should be defined as the design basis earthquake for each nuclear installation. This is to ensure the safety of the nuclear installation in the event of a rare earthquake (i.e. SL-2) and to ensure the possibility of continued operation in the event of a less severe, but more probable, earthquake (i.e. SL-1). In some cases, depending on the site conditions (e.g. areas of low seismic activity) and national regulations, one level of seismic vibratory ground motion hazard may be defined for design purposes.

3.19. The SL-2[6] level is defined as the vibratory ground motion for which certain SSCs of the nuclear installation should be designed to perform their safety function during and/or after the occurrence of a seismic event of such intensity. For SSCs sensitive to low frequency motions (e.g. SSCs on isolators) and high frequency motions, time histories and response spectra should be examined and, if necessary, should be modified to take these effects into account.

3.20. The SL-1[7] level corresponds to a less severe, more probable earthquake than SL-2. The SL-1 earthquake level could reasonably be expected to occur and to affect the nuclear installation during its operating lifetime. As such, SSCs necessary for continued operation should be designed to remain functional in the event of an SL-1 earthquake.

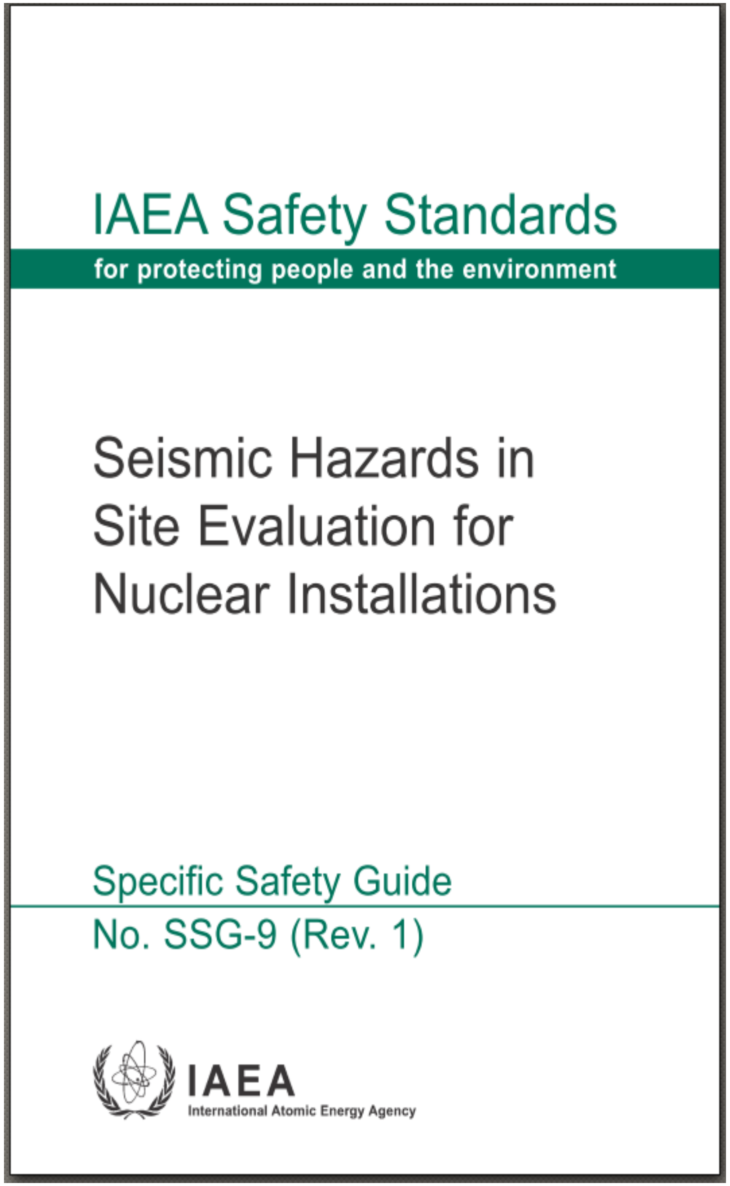
3.21. The SL-2 level is defined on the basis of the results and parameters obtained from the seismic hazard assessment (see para. 3.7), in accordance with specific criteria established by the regulatory body to achieve a certain target level for the annual frequency of exceedance for SL-2. The SL-2 level should be characterized by both horizontal and vertical vibratory ground motion response spectra at the control point defined by the designer.

Разные уровни воздействия считаются элементами проекта

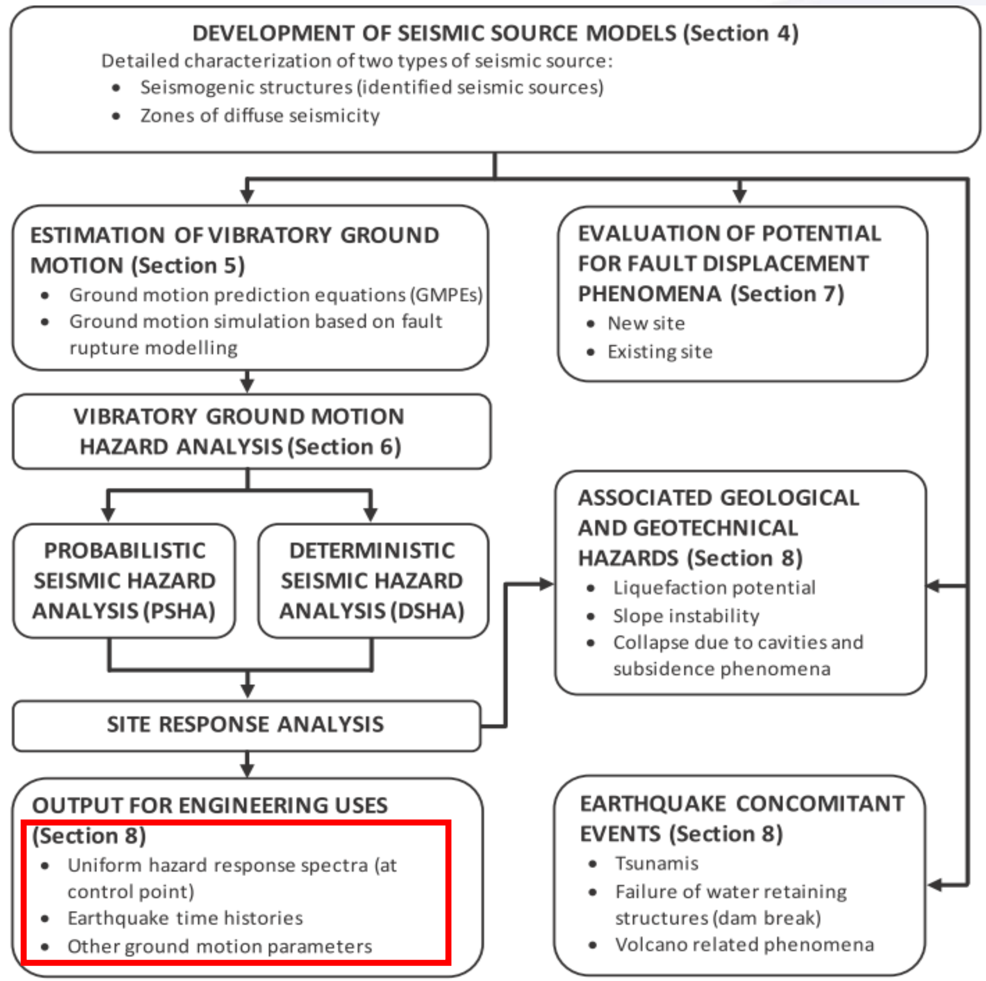
В малоактивных регионах допускается ПЗ вовсе не рассматривать. Допускается также назначать ПЗ в процентах от МРЗ

В проекте также следует учесть т.н. BEYOND DESIGN BASIS EARTHQUAKE, т.е. запроектное землетрясение

Задание воздействий



Рекомендации МАГАТЭ четко структурированы, они нацелены на создание продукта, полезного для безопасного проекта



Оценка сейсмической опасности

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ
(ГОССТРОЙ)

СВОДПРАВИЛ СП .13330

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС

Часть I

Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации
(выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС)

Издание официальное

Москва 2012

3.67 **сейсмическое районирование:** Картирование потенциальной сейсмической опасности в баллах действующей макросейсмической шкалы (в настоящее время MSK-64) или в других параметрах (ускорение, скорости колебаний грунта и др.), которые необходимо учитывать при строительстве в сейсмических районах.

3.68 **сейсмическое микрорайонирование (СМР):** Комплекс специальных работ по определению и прогнозированию влияния особенностей строения разреза, свойств и состояния пород, характера их обводненности, рельефа на параметры колебаний грунта площадки (конкурентных площадок) размещения АЭС.

3.69 **сейсмичность площадки:** Интенсивность возможных сейсмических воздействий на площадке размещения АЭС в баллах по шкале MSK-64 (НП-031 [51]).

Макросейсмическая интенсивность, как базовый параметр представляющий сейсмическую опасность и воздействия, закреплен практически во всех документах. Оценки сейсмической опасности в баллах не могут прямо использоваться для разработки безопасного проекта. Они существуют отдельно от нужд проектирования

Пересчет баллов в ускорения не делает ситуацию менее архаичной:

1. В любом случае таким образом нельзя получить спектр реакции;

2. Неизвестно, какой частоте осциллятора соответствует ускорение полученное из балльности;

3. Ускорение движения грунта не единственный фактор, определяющий интенсивность сотрясений

Оценка сейсмической опасности

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ
(ГОССТРОЙ)

СВОД ПРАВИЛ СП .13330

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС

Часть I

Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС)

Издание официальное

Москва 2012

3.67 **сейсмическое районирование:** Картирование потенциальной сейсмической опасности в баллах действующей макросейсмической шкалы (в настоящее время MSK-64) или в других параметрах (ускорение, скорости колебаний грунта и др.), которые необходимо учитывать при строительстве в сейсмических районах.

3.68 **сейсмическое микрорайонирование (СМР):** Комплекс специальных работ по определению и прогнозированию влияния особенностей строения разреза, свойств и состояния пород, характера их обводненности, рельефа на параметры колебаний грунта площадки (конкурентных площадок) размещения АЭС.

3.69 **сейсмичность площадки:** Интенсивность возможных сейсмических воздействий на площадке размещения АЭС в баллах по шкале MSK-64 (НП-031 [51]).

Интенсивность является прямой оценкой сейсмических воздействий, поскольку макросейсмическая шкала основана непосредственно на последствиях землетрясения. Неадекватное применение шкал – это не проблема макросейсмики. Мы считаем целесообразным сохранение оценок интенсивности, но не их конвертацию в ускорения

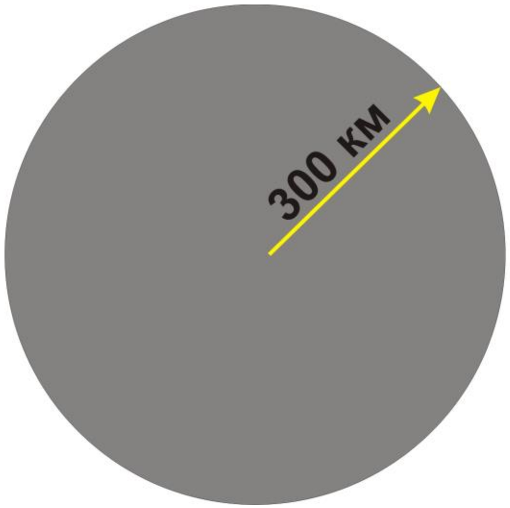
Элементы ОИАЭ III категории проектируют по нормативным документам на гражданские и общепромышленные объекты. Это потенциальный источник конфликтов.
Что делать, когда уровень ПЗ оказывается ниже СНиП, никто не знает (Иран, Египет)?

Сейсмотектоническая модель

Проведение ДСР противоречит базовому принципу изысканий для проекта

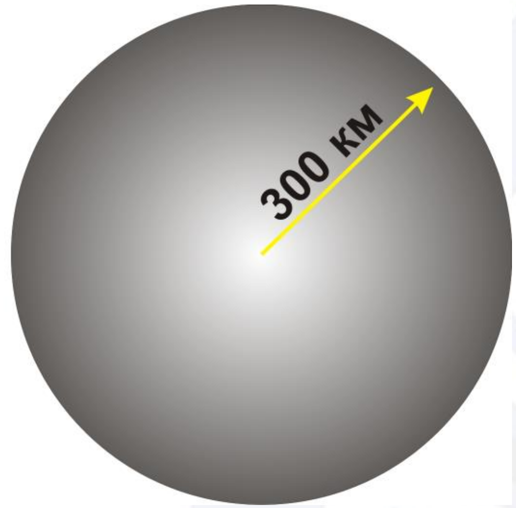
$$S = \pi * R^2 \approx 282\ 600\ \text{км}^2$$

У нас



Детальное сейсмическое районирование нацелено на всю территорию

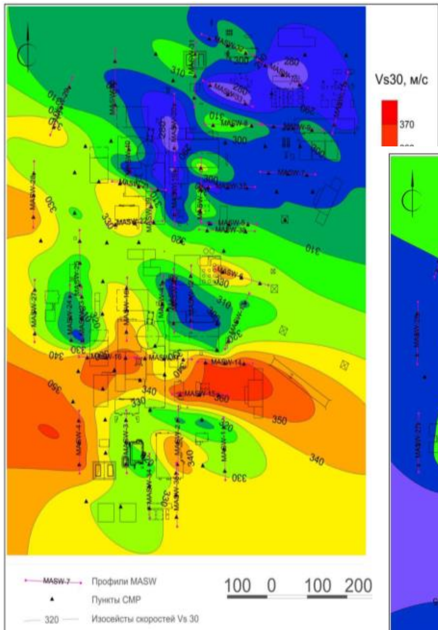
У «них»



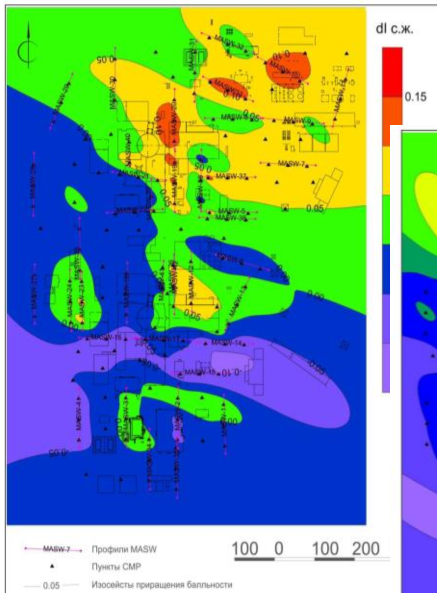
Детальность исследований увеличивается по мере приближения к объекту

Предлагаем заменить ДСР на концепцию сейсмотектонической модели с увеличением детальности по мере приближения к площадке

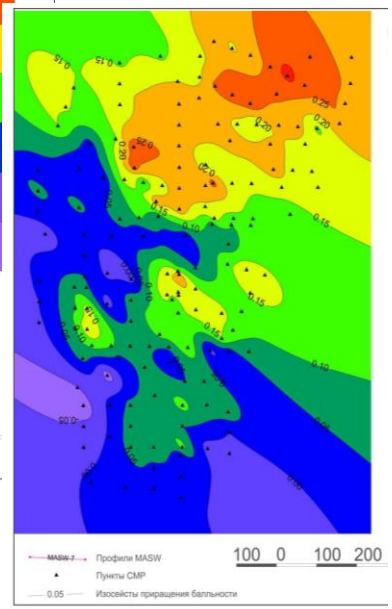
Реакция площадки:СМР



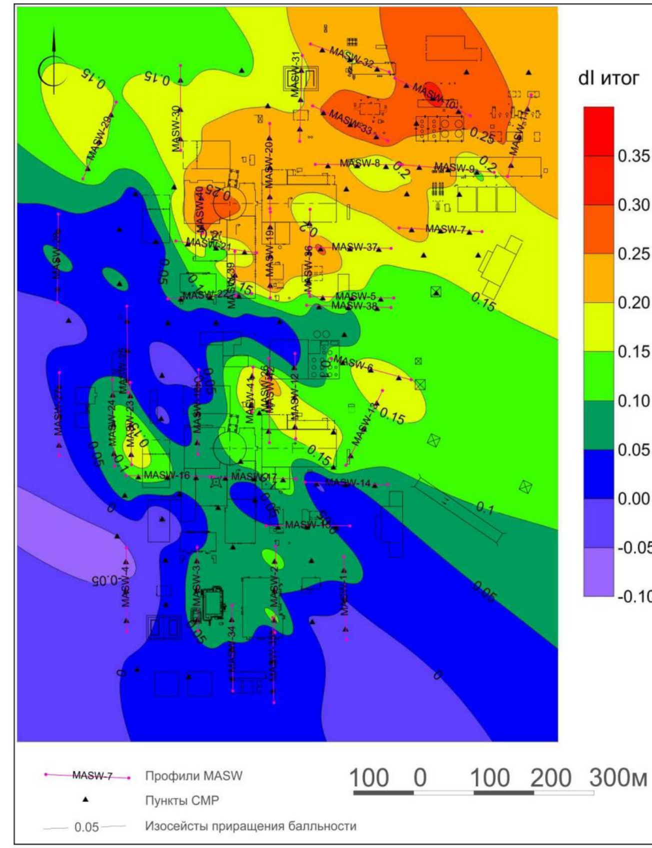
V_{S30}



$$\Delta I_{с.ж.} = 1{,}67\lg(\rho_0 V_0 / \rho_i V_i$$

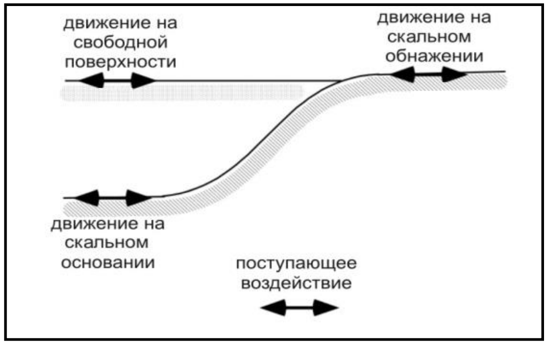


dI=3,3lg(Ai/A0),

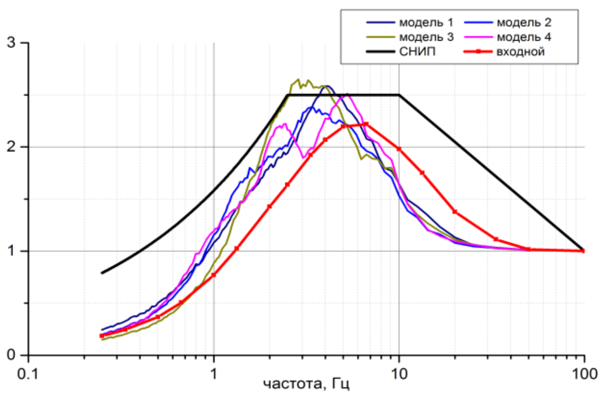


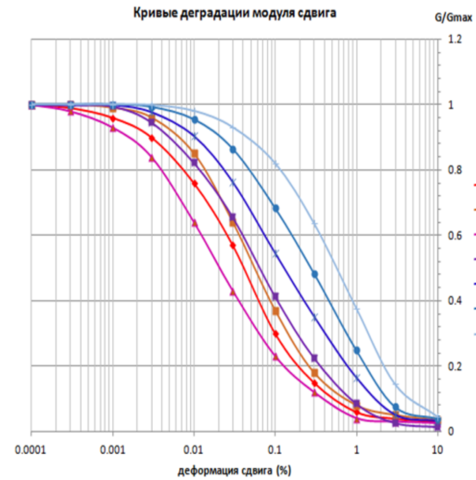
Итоговое приращение = макс. приращению по отдельным методам

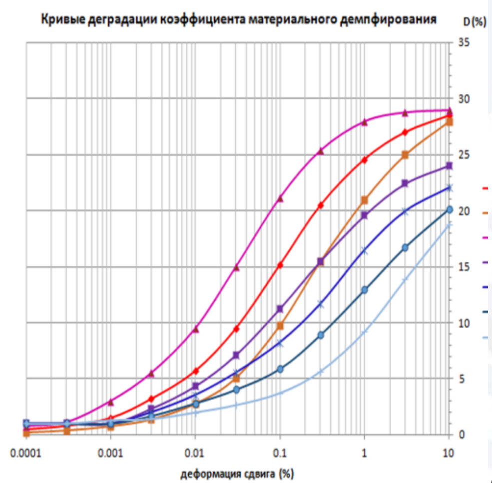
Реакция площадки



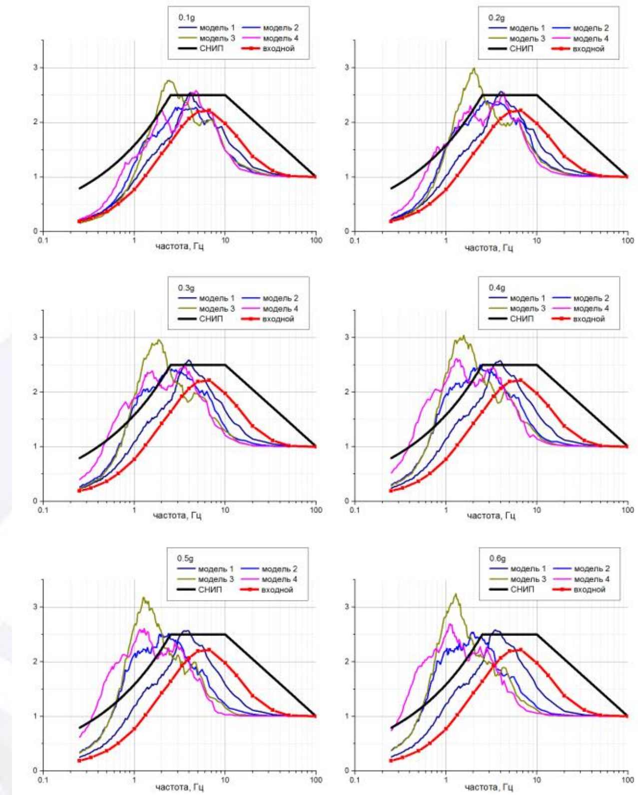
Исследуется реакция площадки, которая передает воздействия от скального основания к поверхности





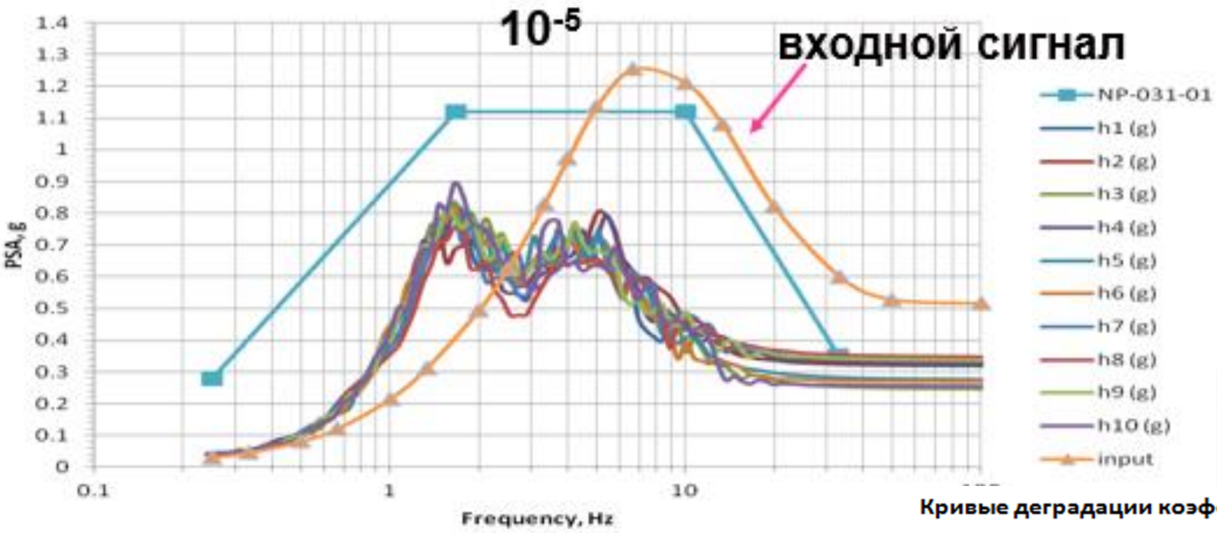


При линейном подходе различные грунтовые модели характеризуются схожей формой спектров на свободной поверхности и в целом соответствуют стандартному спектру реакции



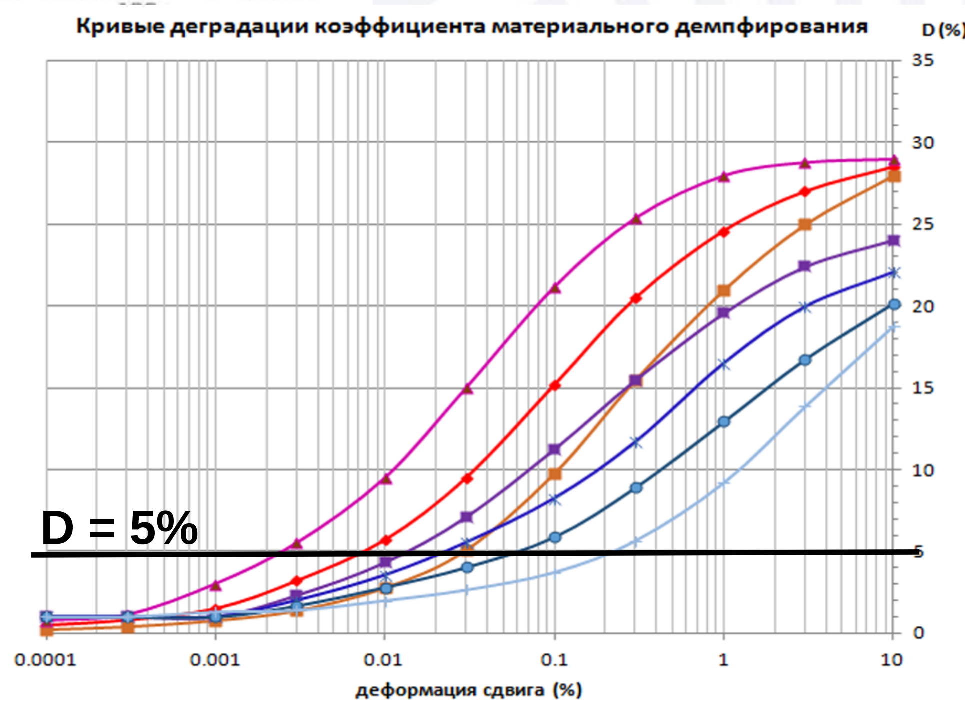
С учетом нелинейности форма спектров реакции сильно зависит от разреза и от уровня входного воздействия. Они плохо описываются стандартным спектром

Реакция площадки



Высокий уровень входного сигнала (0.51g) –

нелинейное поведение: эквивалентное линейное моделирование (0.34g)



Заключение

Нельзя что-то менять, ничего не меняя

Вместе с тем, мы не предлагаем отказа от всего наработанного прежде

Если в каком-то вопросе есть сомнения, лучше пока не включать в стандарт

Спасибо за внимание