



28-30 октября 2019 г., г. Москва

Научно-практическая конференция
«Инженерная сейсмозащита и сейсмология»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
СЕЙСМОЗАЩИТА
И СЕЙСМОЛОГИЯ 2019

МОСКВА
28-30 ОКТЯБРЯ
2019 ГОДА

От сейсмической опасности к сейсмической безопасности

А.Д. Завьялов, С.А. Перетокин

Лаборатория сейсмической опасности
Института физики Земли РАН



Вступление

Мы привыкли и часто говорим о сейсмической опасности. Однако, рассмотрим проблему с точки зрения **сейсмической безопасности**, которая в свою очередь является одним из существенных факторов более широкой проблемы – проблемы экологической безопасности.

Система сейсмической безопасности включает в себя **три блока**:

- Оценка сейсмической опасности, включающая **прогноз землетрясений и сейсмическое районирование**;
- **Сейсмостойкое строительство**;
- Ликвидация последствий землетрясений.

Чем более надёжно и корректно решаются задачи первого и второго блока, тем меньше нагрузка на третий, являющийся **прерогативой экстренных служб федерального, регионального и локального уровней** (на нем мы останавливаться не будем). Каждый из блоков содержит в себе широкий спектр задач и проблем. Очевидно, что эффективное функционирование системы возможно только в случае отлаженной взаимосвязи между блоками.

Прогноз землетрясений и по сей день остается **сложной научной проблемой** и благородной целью сейсмологии.

Точно предсказать время возникновения очередных сейсмических толчков, а тем более предотвратить их, к сожалению, на сегодняшний день **невозможно**. Однако **разрушения и число человеческих жертв могут быть уменьшены** путем:

- проведения в сейсмоактивных районах **разумной и долговременной государственной политики**, основанной на повышении уровня осведомленности населения и федеральных органов власти и управления об угрозе землетрясений;
- **проектировании с учетом данных сейсмического районирования** разной степени детальности (ОСР, ДСР, СМР);
- **последующем строительстве** такого качества, чтобы построенные объекты выдерживали натиск подземной стихии;
- последовательного выполнения **мероприятий по оценке сейсмостойкости** существующих объектов и проведению в случае необходимости **сейсмоусиления** их конструктивных элементов.

Начало широкомасштабных исследований по проблеме прогноза землетрясений в Советском Союзе относится к середине 50-ых годов XX века, после произошедших катастрофических землетрясений в **Ашхабаде (1948)** и **Хаите (1949)**.

*Только шарлатаны и дураки
предсказывают землетрясения.
Ч.Ф. Рихтер*

Прогноз землетрясений – что это значит?

Прогноз землетрясения должен определять **ожидаемый магнитудный диапазон**, **географическую область**, где оно произойдет, и **интервал времени**, когда оно может случиться, с точностью достаточной для того, чтобы суждение об окончательном успехе или неудаче прогноза не вызывало затруднений. Сверх того, ученым следует также определить доверительный уровень каждого прогноза.

Такой прогноз сейсмической опасности в большей степени **полезен в оперативном плане** – эвакуация людей, остановка опасных производств, мобилизация служб ликвидации последствий и т.д.

Таким образом, **прогноз землетрясения** включает **три** элемента:

- 1.** прогноз величины (магнитуды, энергии);
- 2.** прогноз места;
- 3.** прогноз времени.

Прогноз величины



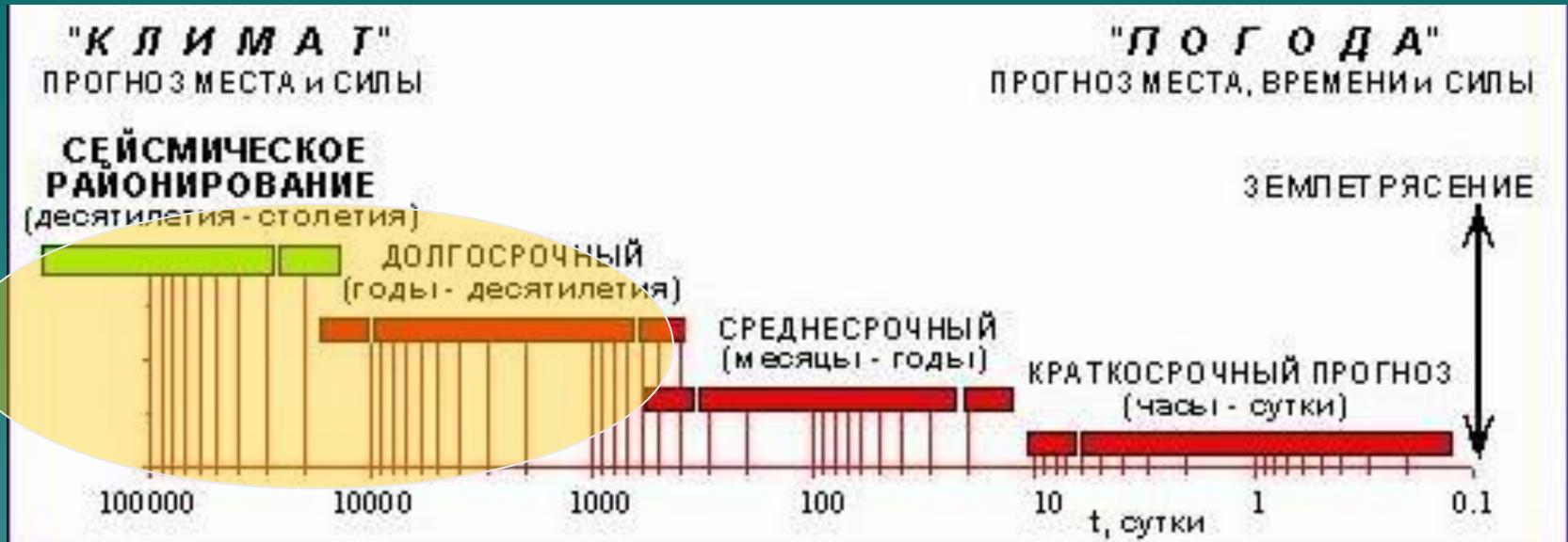
Не установлено достаточно значимой связи амплитуд наблюдаемых прогностических признаков с магнитудой будущего землетрясения. Хотя, такие работы в научной литературе известны.

Прогноз величины (магнитуды, энергии) будущего землетрясения в настоящее время делается только путем определения диапазона магнитуд типа **$M \geq M_0$** . Как правило, нижняя граница **M_0** выбирается равной **5.5**, поскольку землетрясения такой магнитуды могут произвести социально значимый эффект.

Прогноз места



Прогноз времени



Сейсмическое районирование можно сравнить с определением **сейсмического климата**:

районы наиболее подверженные сейсмической опасности – сейсмические пояса Земли – это **сейсмический «юг»**, там «жарко»; районы, где сейсмичность отсутствует, или незначительна (например, платформенные области) – это **сейсмический «север»**.

Оно в большой степени смыкается с долгосрочным сейсмическим прогнозом по времени и с прогнозом места.

Предвестники землетрясений

Предвестники землетрясений
Явления, предвещающие наступление события

Геофизические
Предвестники, связанные с закономерным поведением различных геофизических полей на разных этапах подготовки землетрясения

Биологические
Предвестники, связанные с необычным поведением биологических объектов перед возникновением землетрясения

- Сейсмические;
- Гидрогеодинамические;
- Деформационные;
- Геохимические;
- Электромагнитные;
- Геотермические

В настоящее время насчитывается **несколько сотен предвестников** землетрясений различных видов.

Несмотря на огромное количество предвестников, **ни один из них не дает точных указаний** на время, место и силу грядущего землетрясения.

В разных сейсмоактивных районах различные предвестники работают по-разному, давая **большой разброс в оценках места, времени и силы** будущего землетрясения.

Что же делать ?

И

Каков выход из этой ситуации ?

- 1.** Использование комплекса предвестников.
- 2.** Физическое моделирование процессов подготовки землетрясений в лабораторных условиях на образцах.

Однако, во втором случае надо всегда помнить о том, насколько условия в лаборатории отвечают условиям в природе (**принцип подобия**).

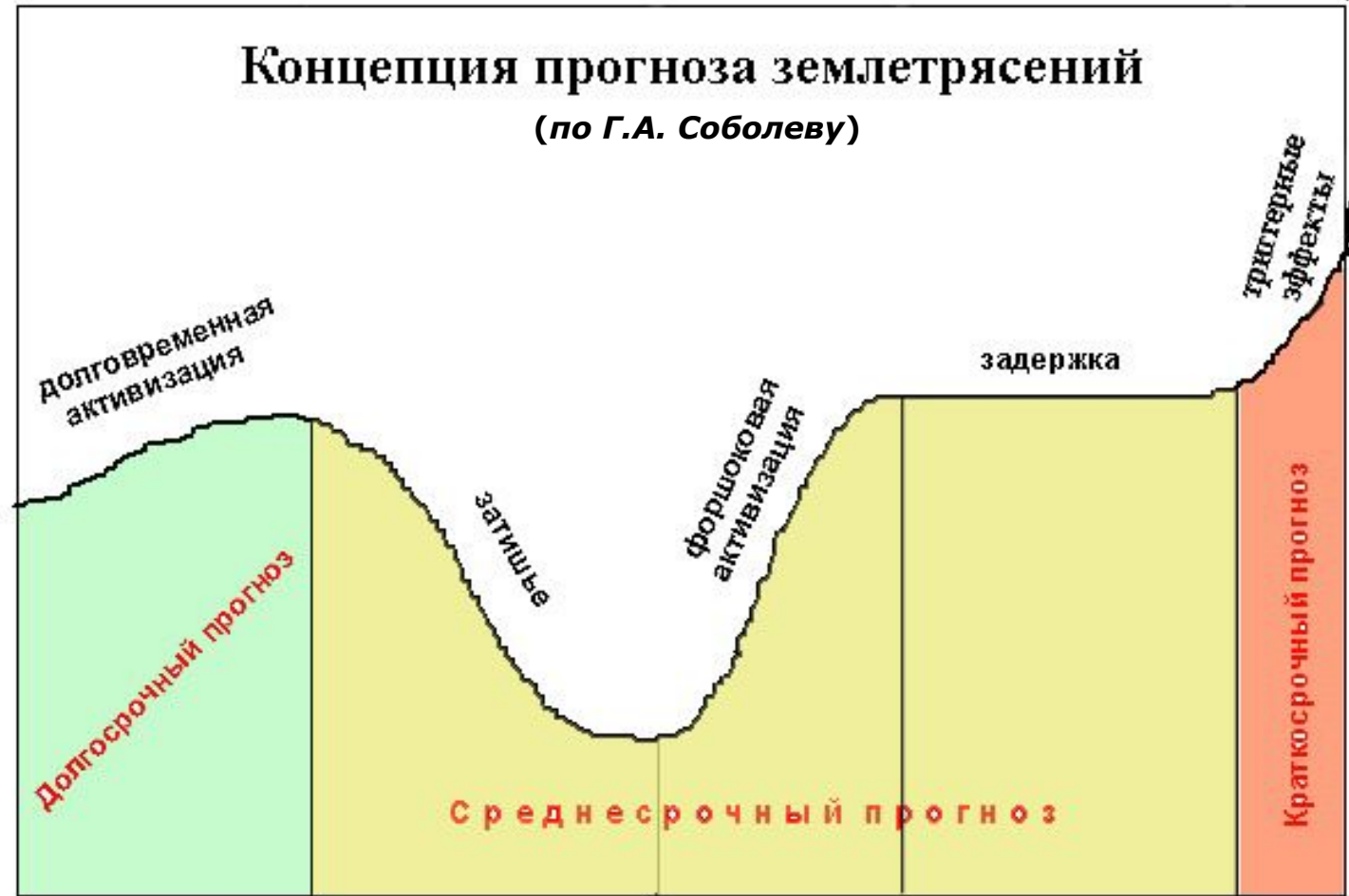
землетрясение



Концепция прогноза землетрясений

(по Г.А. Соболеву)

Сейсмическая активность



долговременная активизация

Долгосрочный прогноз

затишье

форшоковая активизация

задержка

триггерные эффекты

Среднесрочный прогноз

Краткосрочный прогноз

Время

Так **можем** ли мы прогнозировать землетрясения ?

Пока так ...

А хотелось чтобы было вот так:



Нужно ли прогнозировать землетрясения?

Проблема прогноза землетрясений, несмотря на ряд положительных результатов, полученных в последние десятилетия, еще очень далека от своего решения. Вполне вероятно, что надежные и полезные прогнозы не появятся еще много лет – настолько сложна эта задача, требующая больших сил и средств, которые даже в самых развитых странах общество дать не в состоянии. С другой стороны, **успешные прогнозы не избавят человечество от землетрясений**; они будут причинять ущерб зданиям и сооружениям.

Кроме того, даже **в случае надежного прогноза, можно ли будет осуществить эвакуацию населения таких мегаполисов, как Токио, Сан-Франциско, Пекин ?**

Поэтому **основным способом борьбы с разрушительными эффектами землетрясений должно быть**

антисейсмическое строительство новых объектов и укрепление старых зданий

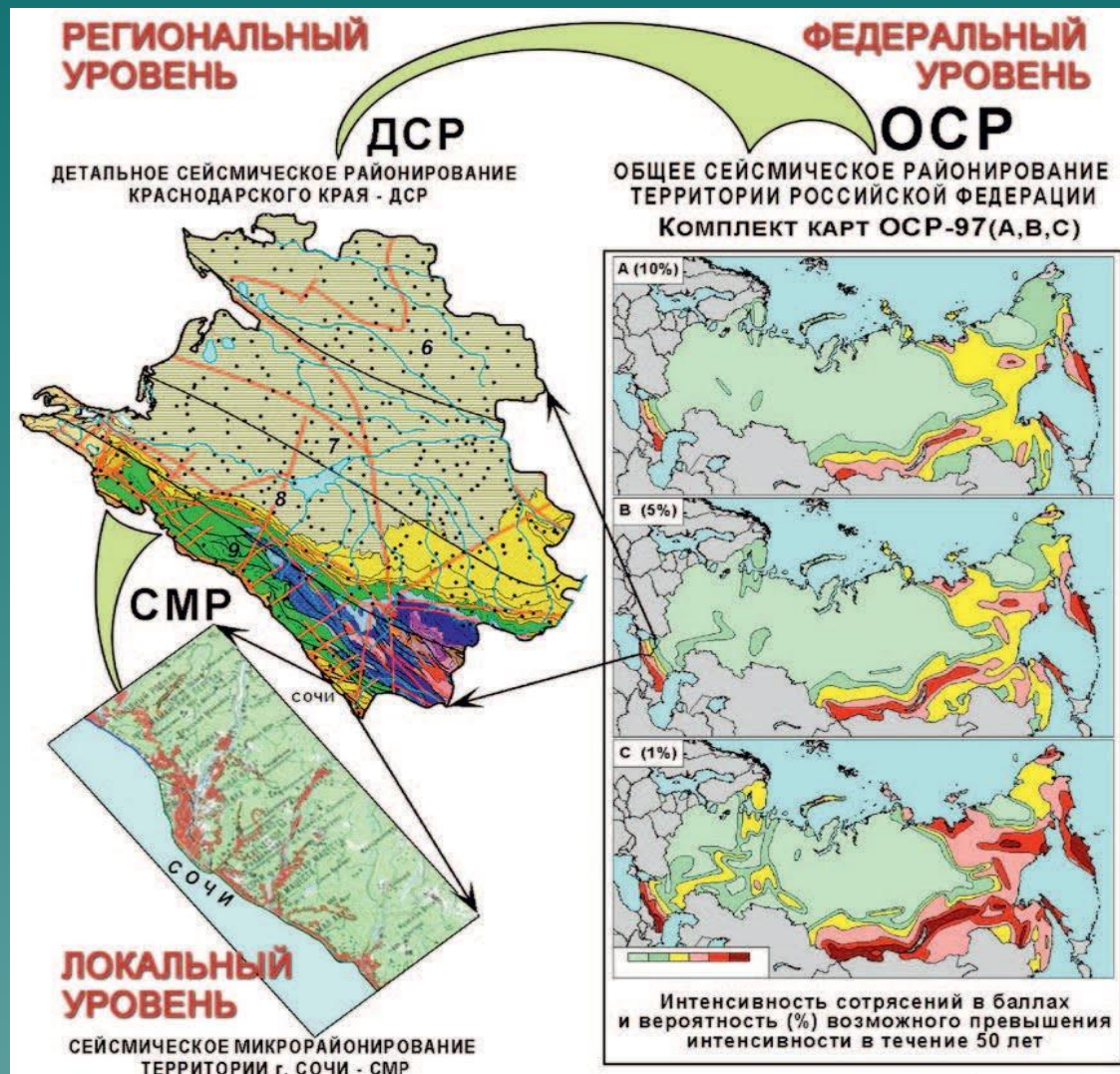
до такой степени, чтобы они смогли выдержать натиск стихии. Хотя, как показывает печальный опыт землетрясения 16 января 1995 г. в г. Кобэ, Япония, даже высокое качество антисейсмического строительства не предохраняет полностью современный город от огромных прямых и косвенных потерь.

Сейсмическое районирование России

Оценка сейсмической опасности, с точки зрения проектирования и строительства, это результат сейсмического районирования различного масштаба и степени детальности.

По степени детальности сейсмическое районирование подразделяется на **три категории**:

1. Общее сейсмическое районирование (**ОСР**);
2. Детальное сейсмическое районирование (**ДСР**);
3. Сейсмическое микрорайонирование (**СМР**).



Существующие **карты общего сейсмического районирования (ОСР)**, являются **одной из основных составных частей** соответствующих **СНиП**-ов при проектировании зданий и сооружений в сейсмоопасных районах. Карты ОСР определяют вероятность превышения (или не превышения) заданного уровня сейсмических сотрясений на поверхности земли на период в десятки и сотни лет.

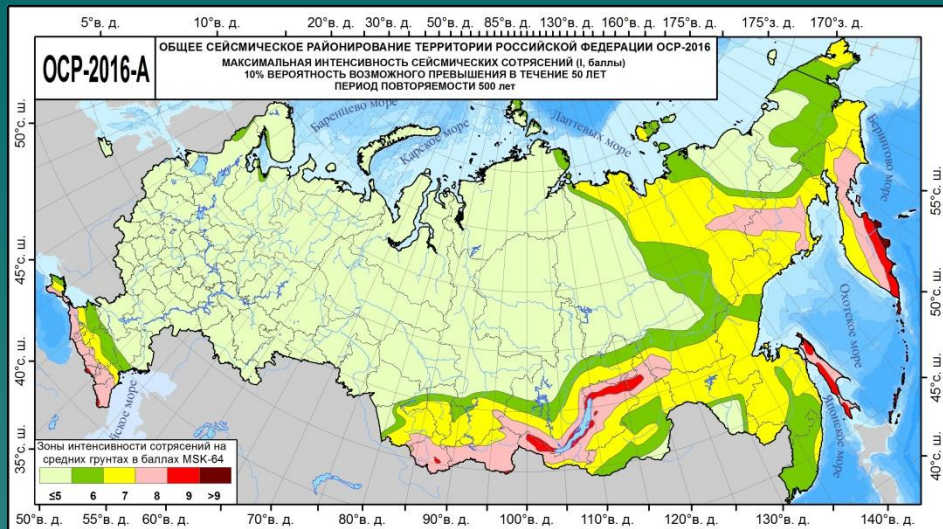
По сложившейся практике **карты ОСР** пересматриваются раз **в 15-20 и более лет**, когда накапливается достаточное количество новых экспериментальных и теоретических данных об отклонениях (как в большую, так и в меньшую стороны) наблюдаемой балльности от балльности, указанной на действующей карте ОСР.



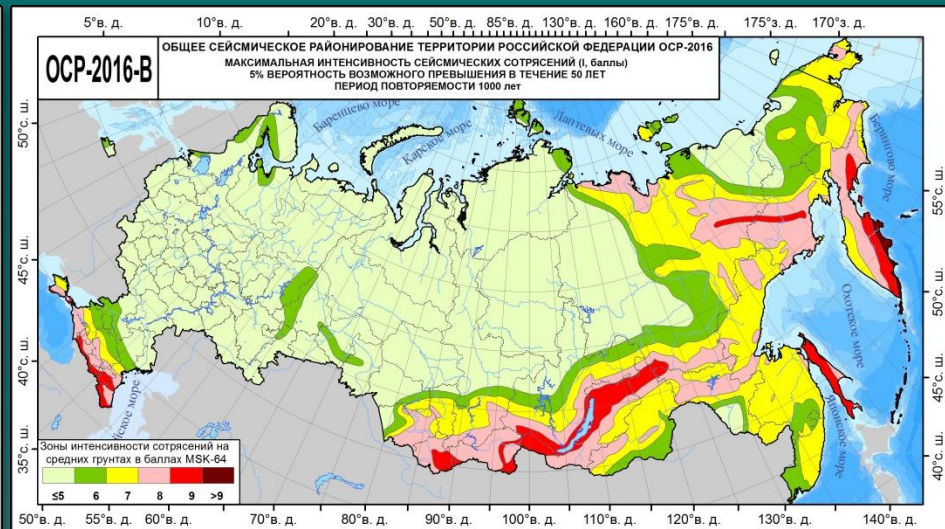
Последний вариант карт ОСР – это **карты ОСР-2016**, которые в настоящее время рассматриваются в качестве Приложения к проекту Изменение № 1 к СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»

Комплект карт ОСР-2016

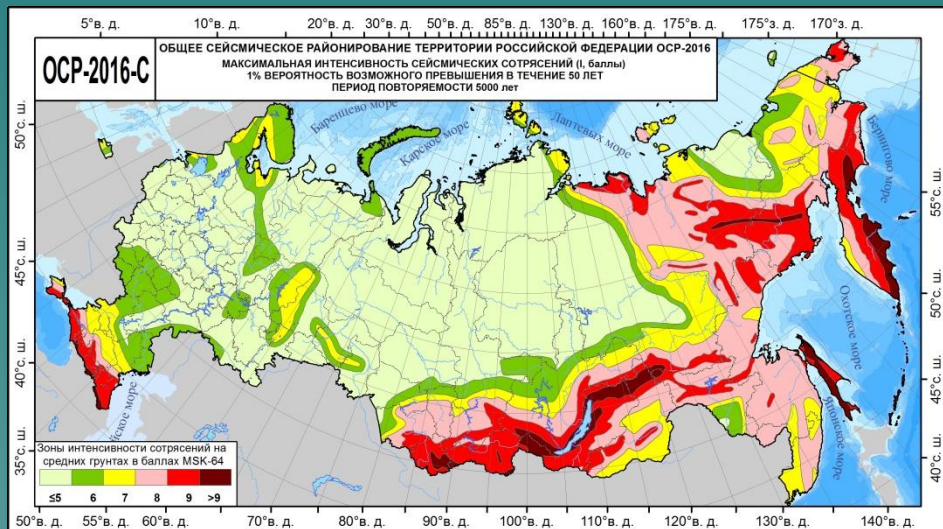
ответственные редакторы В.И. Уломов (ИФЗ РАН) и М.И. Богданов (ООО ИГИИС)



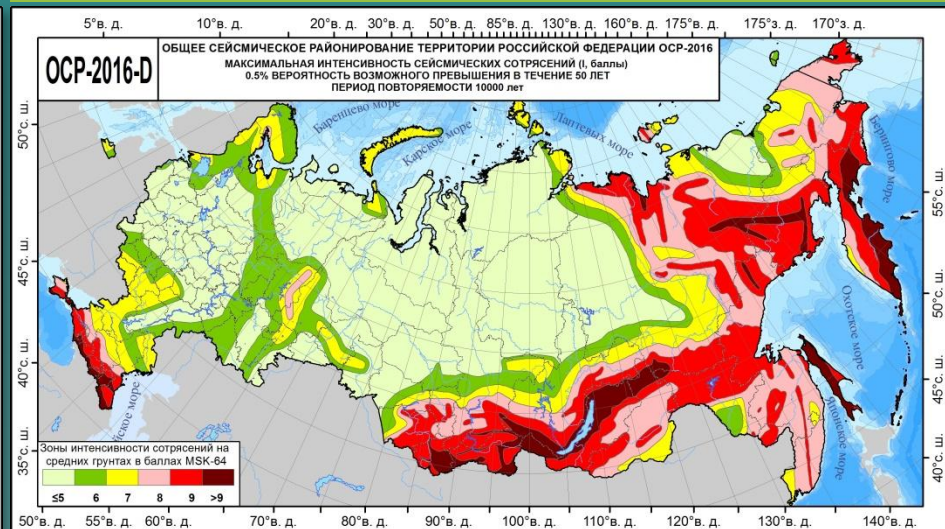
Для сейсмостойкого проектирования **массового** строительства



Для сейсмостойкого проектирования и строительства **объектов повышенной ответственности**



Для сейсмостойкого проектирования и строительства **особо ответственных объектов**



Для оценки сейсмической опасности объектов ядерной отрасли

Комплект карт ОСР-2016 рекомендован Научным советом РАН по проблемам сейсмологии для замены карт ОСР-97

От карт ОСР в баллах к картам в параметрах физических характеристик

В настоящее время многие страны перешли на использование **вероятностных карт сейсмического районирования в физических характеристиках**.

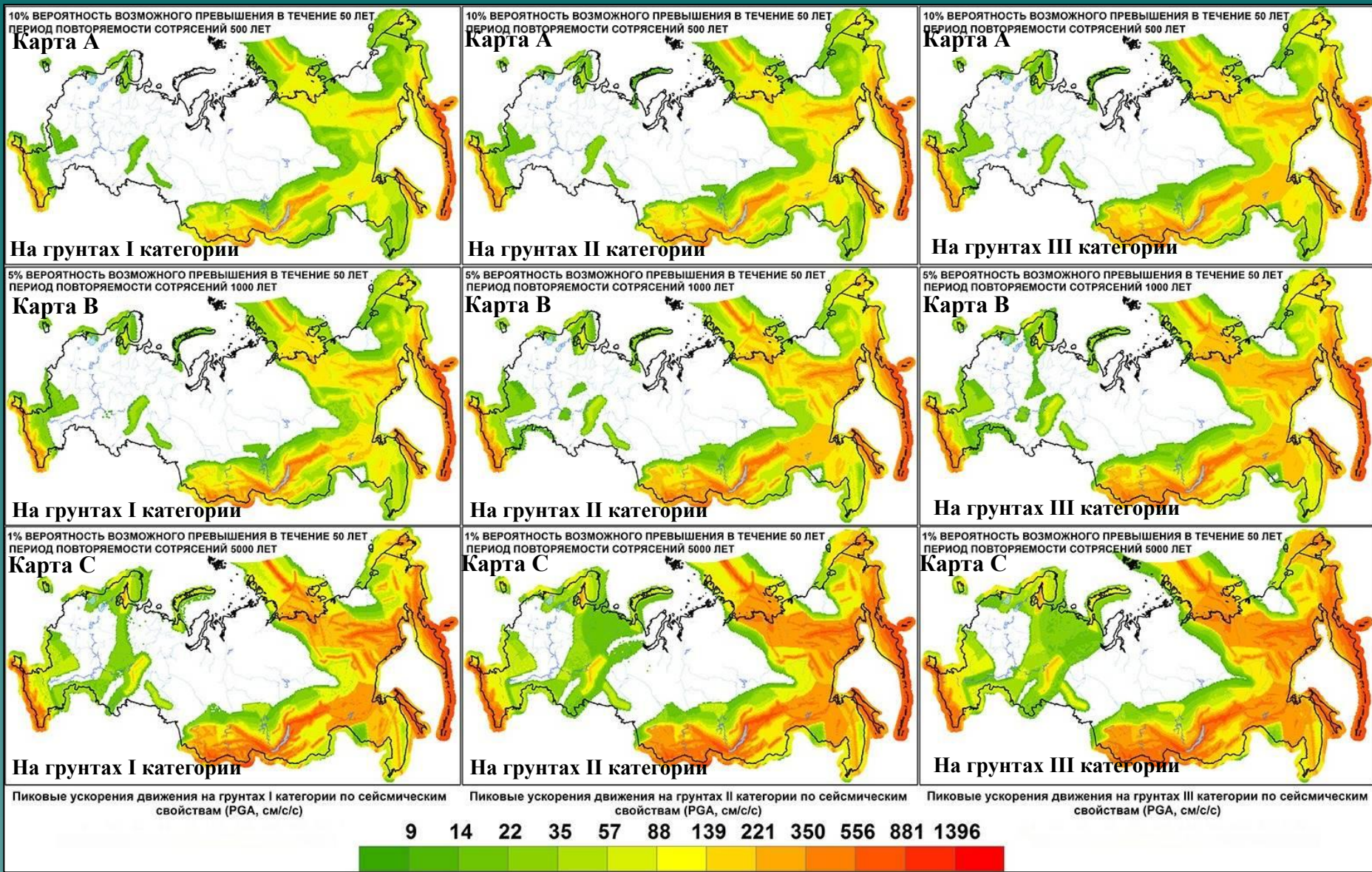
На таких картах, как правило, картируются характеристики, которые далее **используются при проектировании непосредственно для задания сейсмических нагрузок** (например, пиковые ускорения PGA – проект GSHAP).

Дискуссии о пересмотре картируемой величины на картах ОСР, как, впрочем, и методических основ ее расчета, ведутся специалистами уже не первый год. При этом необходимо понимать, что **комплект карт ОСР – это элемент нормативной базы** по обеспечению сейсмостойкости проектируемых зданий и сооружений. Его кардинальное изменение влечет за собой **пересмотр всей цепочки учета сейсмических нагрузок** и, как следствие, **всей линейки нормативных документов**.

Для перехода к картированию сейсмической опасности территории Российской Федерации в физических характеристиках **сложились все предпосылки**.

Макеты карт ОСР в физических характеристиках

Пиковые ускорения движения грунта на основе модели зон ВОЗ ОСР-2016 и эмпирической модели затухания Ф.Ф. Аптикаева (PGA, см/с²) (по С.А. Перетокину).



Пиковые ускорения движения на грунтах I категории по сейсмическим свойствам (PGA, см/с²)

Пиковые ускорения движения на грунтах II категории по сейсмическим свойствам (PGA, см/с²)

Пиковые ускорения движения на грунтах III категории по сейсмическим свойствам (PGA, см/с²)

Карты ОСР используются не только для проектирования новостроек, но и для оценки сейсмической устойчивости большого числа зданий и сооружений, построенных десятки лет назад (паспортизация и т.п.).

Почему !?

Эти объекты подвергались в процессе своей эксплуатации воздействию сильных землетрясений и, вследствие этого, утратили запас прочности, заложенный при их проектировании.

Состояние их сейсмостойкости **требует периодического контроля** со стороны администрации сейсмоактивных регионов, что, в свою очередь, требует выделения существенных дополнительных финансовых и материальных ресурсов.

И тут мы вплотную подходим к **проблеме сейсмостойкого строительства** вообще и его **качества** в частности.

Зададимся вопросом:

**Что важнее, спрогнозировать
сильное землетрясение?**

ИЛИ

**Хорошо и качественно построить
здание, с учетом силы ожидаемых
сейсмических воздействий?**

Если землетрясение приходит или даже предсказывается ...



И мы вплотную подходим к вопросу о качестве строительства ...

О качестве строительства

Не землетрясения убивают людей, а здания.

Из книги Дж. Гир, Х.Шах. Зыбкая твердь. М.: Мир, 1988

*Жизненно важно не предсказать точное время, когда
будет разрушен город, а построить его там и так,
чтобы он не был разрушен.*

Из статьи В.П. Солоненко
«Сейсмология и проблемы предсказания землетрясений»,
Геология и геофизика, 1974, № 5, с. 168-178.

Программа сейсмоусиления жилого фонда в г. Петропавловск-Камчатский



В Российской Федерации, основываясь на долгосрочных прогнозах **акад. С.А. Федотова** для Камчатки и Курильских островов, принята (середина 2000-х годов) и **реализуется программа по сейсмоусилению жилого фонда** в г.Петропавловск-Камчатский.

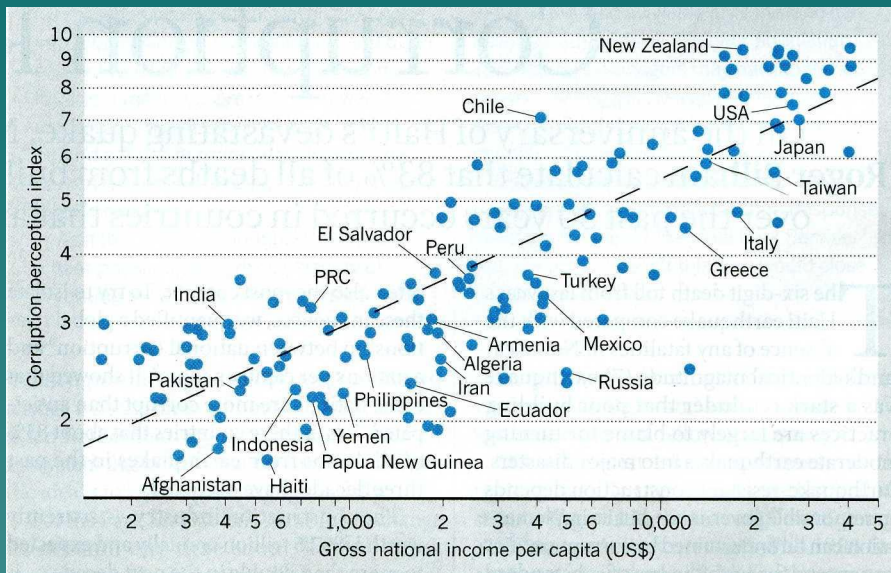


И НОВЫЙ ВОПРОС!

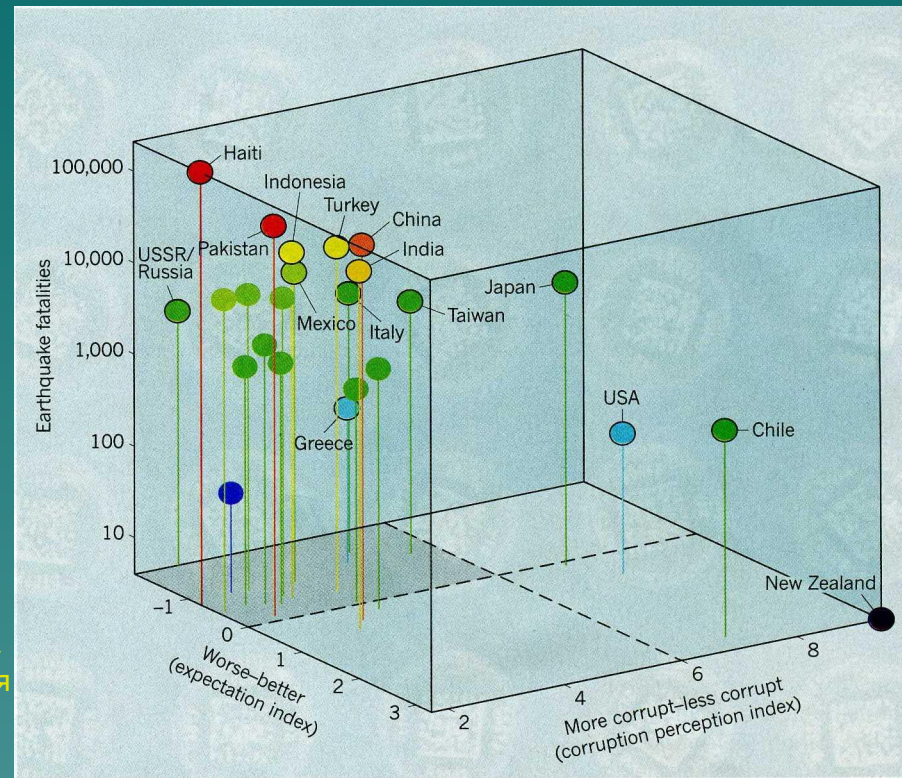
**А что мешает качественному
строительству**



Коррупция убивает !



Самые бедные страны являются наиболее коррумпированными, но некоторые из них более коррумпированы, чем другие. Линия взвешенной регрессии (пунктирная) делит страны, которые воспринимаются как **более коррумпированные (ниже линии)**, чем можно было ожидать от среднего дохода на душу населения от **менее коррумпированных (выше линии)**.

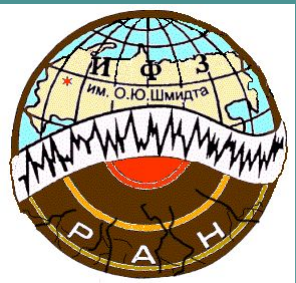


Коррупция по сравнению с уровнем коррупции, который можно ожидать от дохода на душу населения. Из всех смертельных исходов землетрясений, связанных с разрушением зданий за последние три десятилетия (1980-2010), 82,6% приходится на общества, аномально подверженные коррупции (левый угол рисунка).

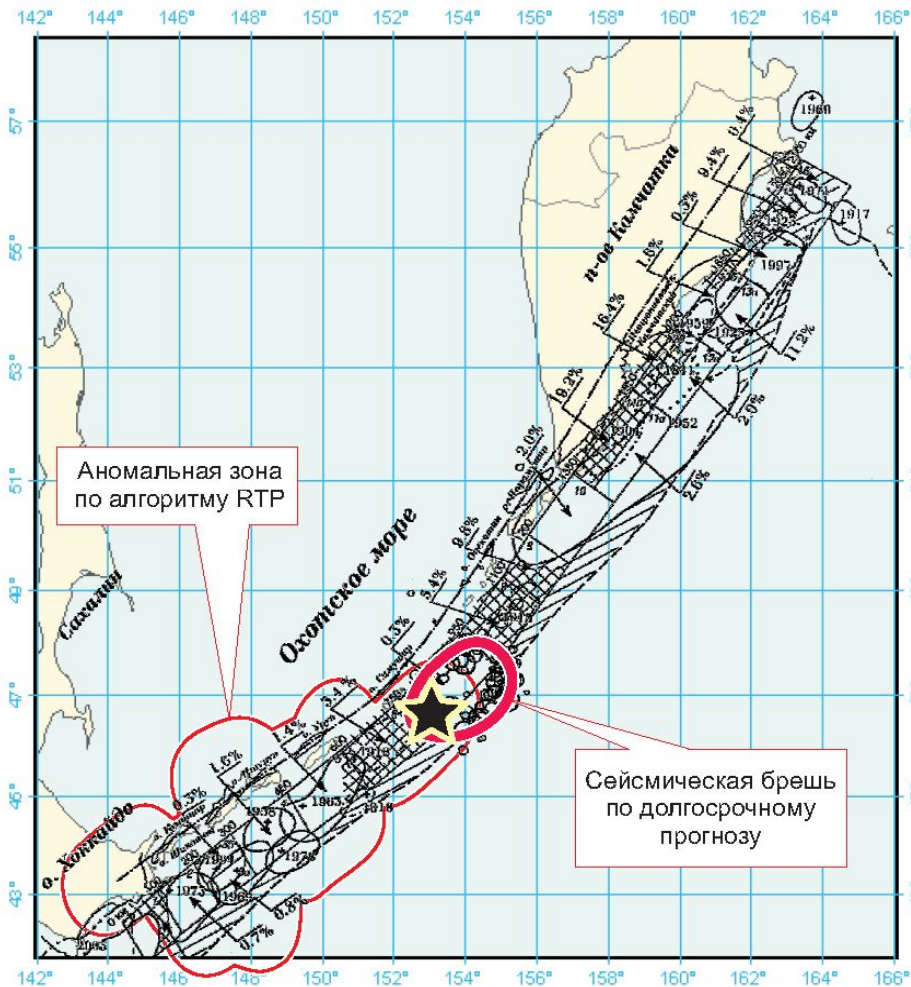
"The global construction industry is the most corrupt segment of the world economy."
(Мировая строительная индустрия – наиболее коррумпированный сегмент мировой экономики.)

Nicholas Ambraseys and Roger Bilham. **Corruption kills** // Nature. 2011. V.469. Pp.153-155.

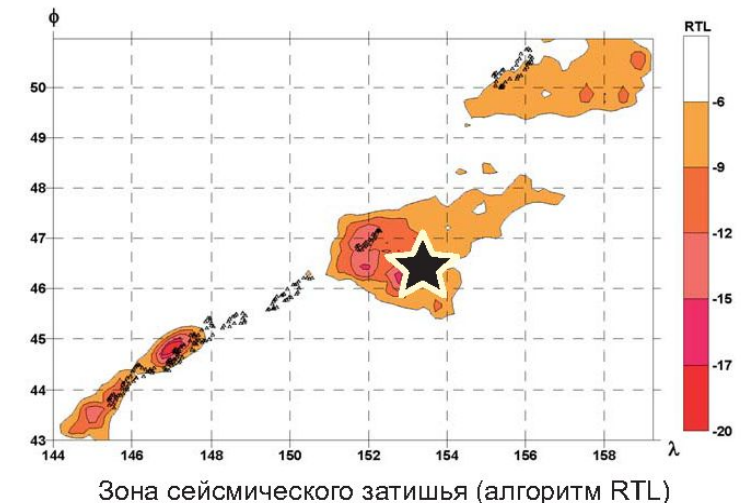
**Благодарю за
внимание !**



Долгосрочный и среднесрочный прогноз Симуширского (Средне-Курильского) землетрясения 15.11.2006



Карта долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги, очагов курило-камчатских землетрясений 1904 - 2006 годов с $M > 7.7$, $H = 0 - 80$ км, и вероятностей возникновения таких землетрясений в XI 2006 - X 2011 гг.



Зона сейсмического затишья (алгоритм RTL)

**Графическое приложение к докладу Президента РАН
акад. Ю.С. Осипова на Общем собрании РАН 28.03.2007 г.**