
О методологии создания карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-2012

В.И. Уломов ¹, С.А. Перетокин ²

1 Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, ulomov@ifz.ru

2. Заведующий Отделом геодинамики СКТБ Красноярского научного центра
«НАУКА» Сибирского Отделения РАН. npecropr@yandex.ru

Сейсмическая опасность

Сейсмическая опасность

- это максимальные сейсмические воздействия, которые могут возникнуть на данной площадке и быть превышены с заданной вероятностью $P\%$ в течение заданного интервала времени t лет.

Вероятностный анализ сейсмической опасности (ВАСО).

Основные разработчики методов:

- | | |
|--|--|
| Ризниченко Ю.В., 1965 г. | Методика расчёта повторяемости сотрясений – «сотрясаемость». |
| Корнелл К.А., США, 1968 г. | Методика расчета сейсмического риска (аналог «сотрясаемости»). |
| Кейлис-Борок В.И. с коллегами, 1973 г. | Развитие вероятностного подхода к оценке сейсмической опасности. |
| Гусев А.А. Павлов В.М. с коллегами, 1984–1995 гг. | Фундаментальный подход к расчетам сотрясаемости с целью применения к протяжённым очагам землетрясений при общем сейсмическом районировании - ОСР-97, GSHAP и ОСР-2012. |

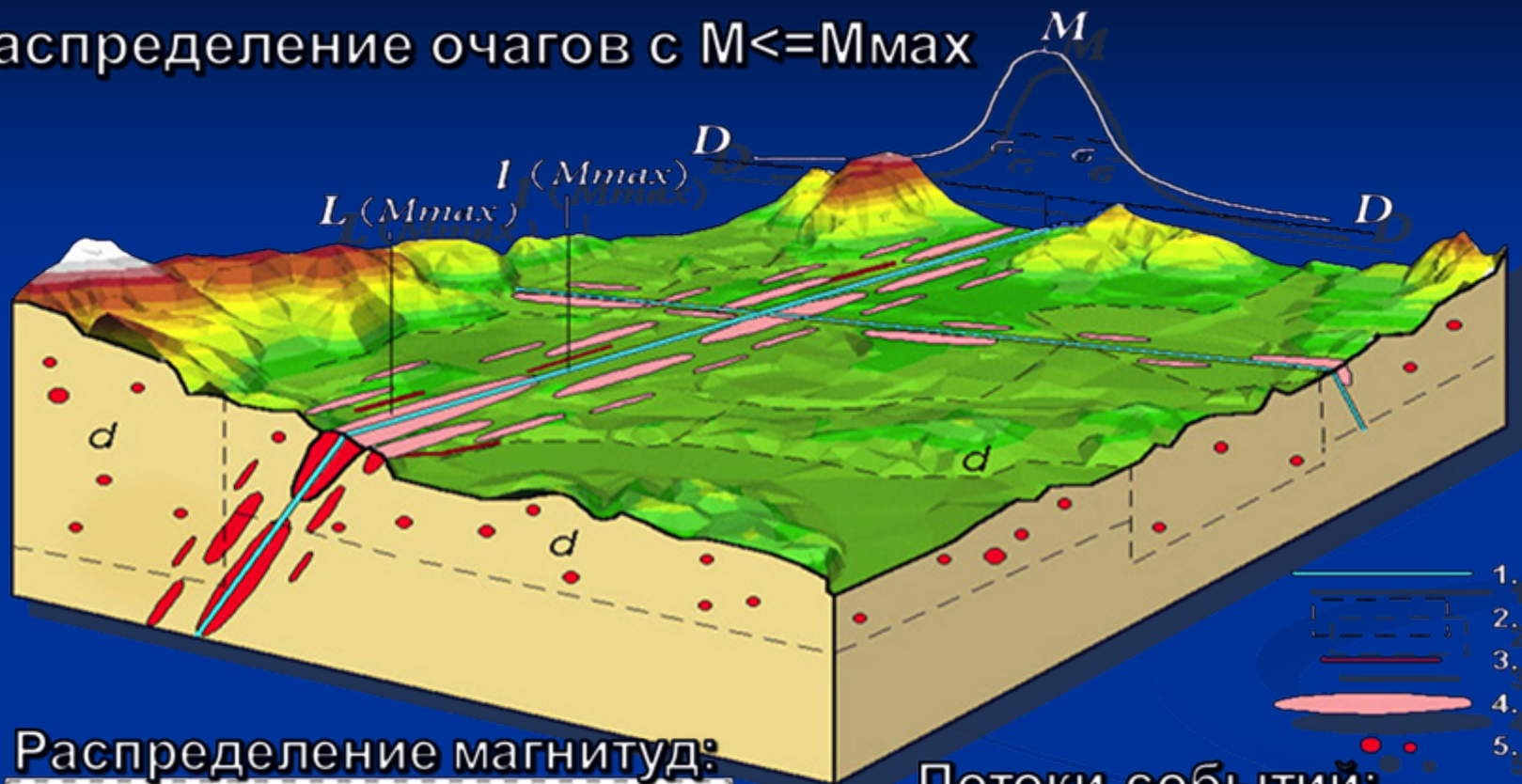
Методология и разработчики



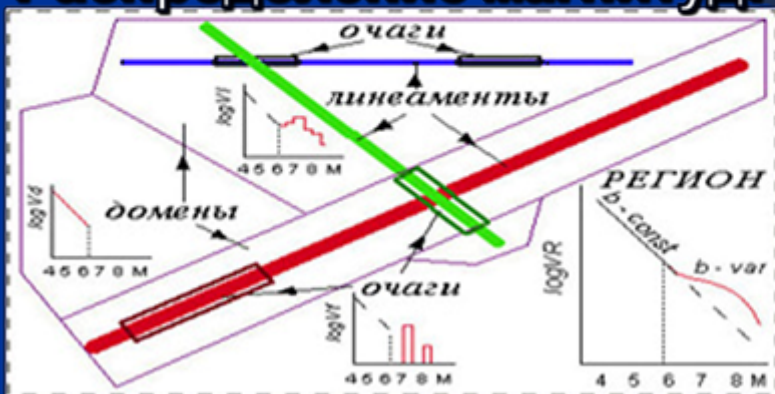
ЛДФ-модель зон ВОЗ

(по В.И. Уломову)

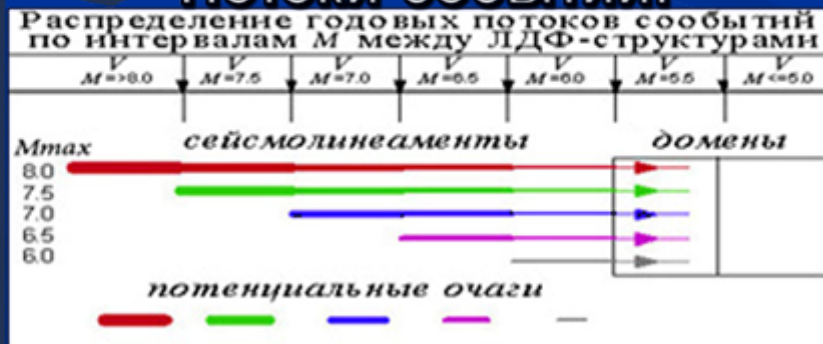
Распределение очагов с $M \leq M_{\max}$



Распределение магнитуд:

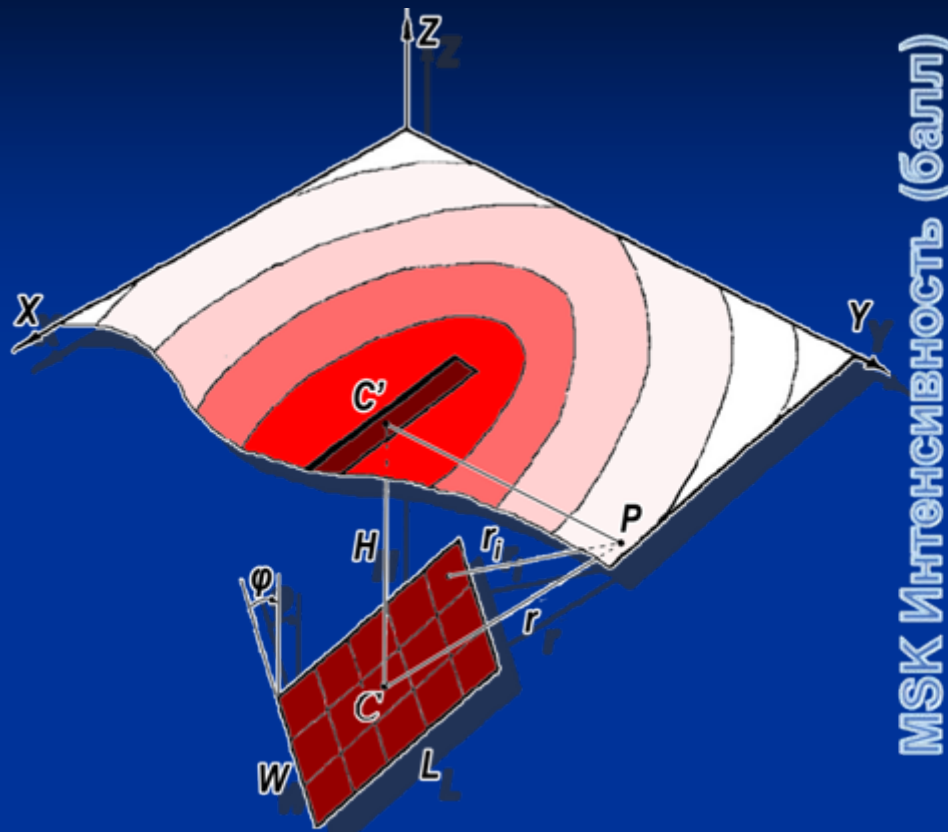


Потоки событий:



Модель сейсмического эффекта

(по А.А. Гусеву)



MSK Интенсивность (балл)

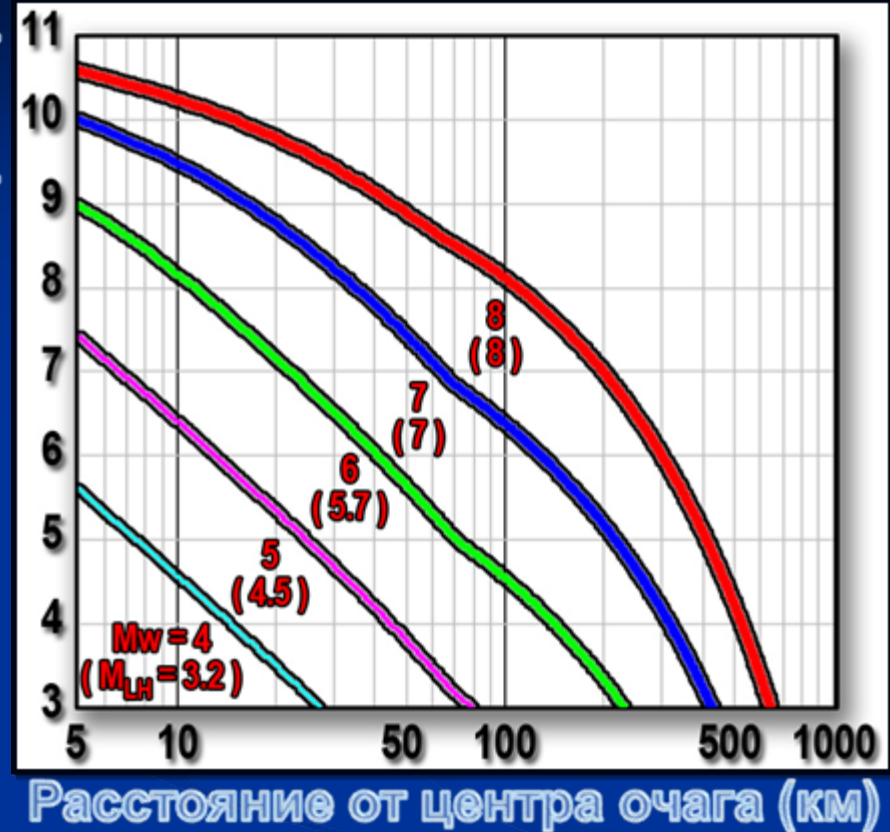
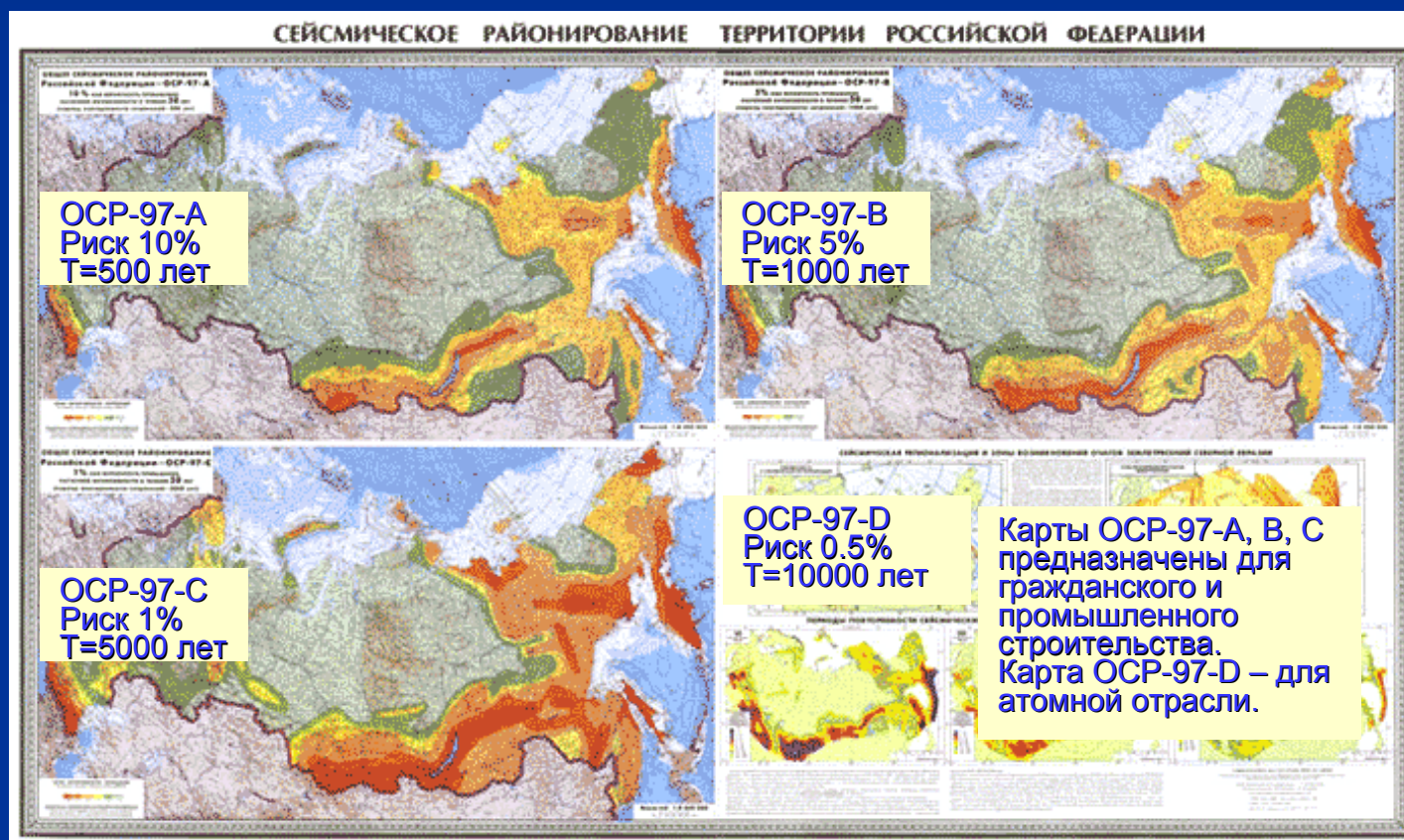


СХЕМА РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ:

C - гипоцентр, C' - эпицентр прямоугольного очага длины L и ширины W на глубине H , наклоненного под углом φ . Плоскость XY -дневная поверхность, P - точка наблюдения («приемник»), r - гипоцентральное расстояние, r_i - расстояние до i -ого субисточника, на которые разбит очаг. Прямоугольник на плоскости XY проекция очага на дневную поверхность, утолщенная сторона проекция верхней кромки очага. Кривые на плоскости XY - изосейсты от данного очага.

Смена парадигмы: 1991 – 1997 гг.

В 1991-1997 гг. вместо традиционно одной детерминистской карты общего сейсмического районирования территории страны был создан и впервые мировой практике стал применяться **комплект** вероятностных карт ОСР-97 (А, В, С, D), положив начало динамическому сейсмическому районированию.



Рабочая группа - РГ ОСР-2012



РУКОВОДИТЕЛЬ РГ ОСР-2012 - В.И.Уломов, Учёный секретарь - Т.И.Данилова

ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ:

Уломов В.И., Трифонов В.Г., Гусев А.А., Гусев Г.С., Аптикаев Ф.Ф., Акатова К.Н., Бачманов Д.М., Данилова Т.И., Имаев В.С., Имаева Л.П., Кожурин А.И., Макаров В.И., Медведева Н.С., Никонов А.А., Перетокин С.А., Шварёв С.А.

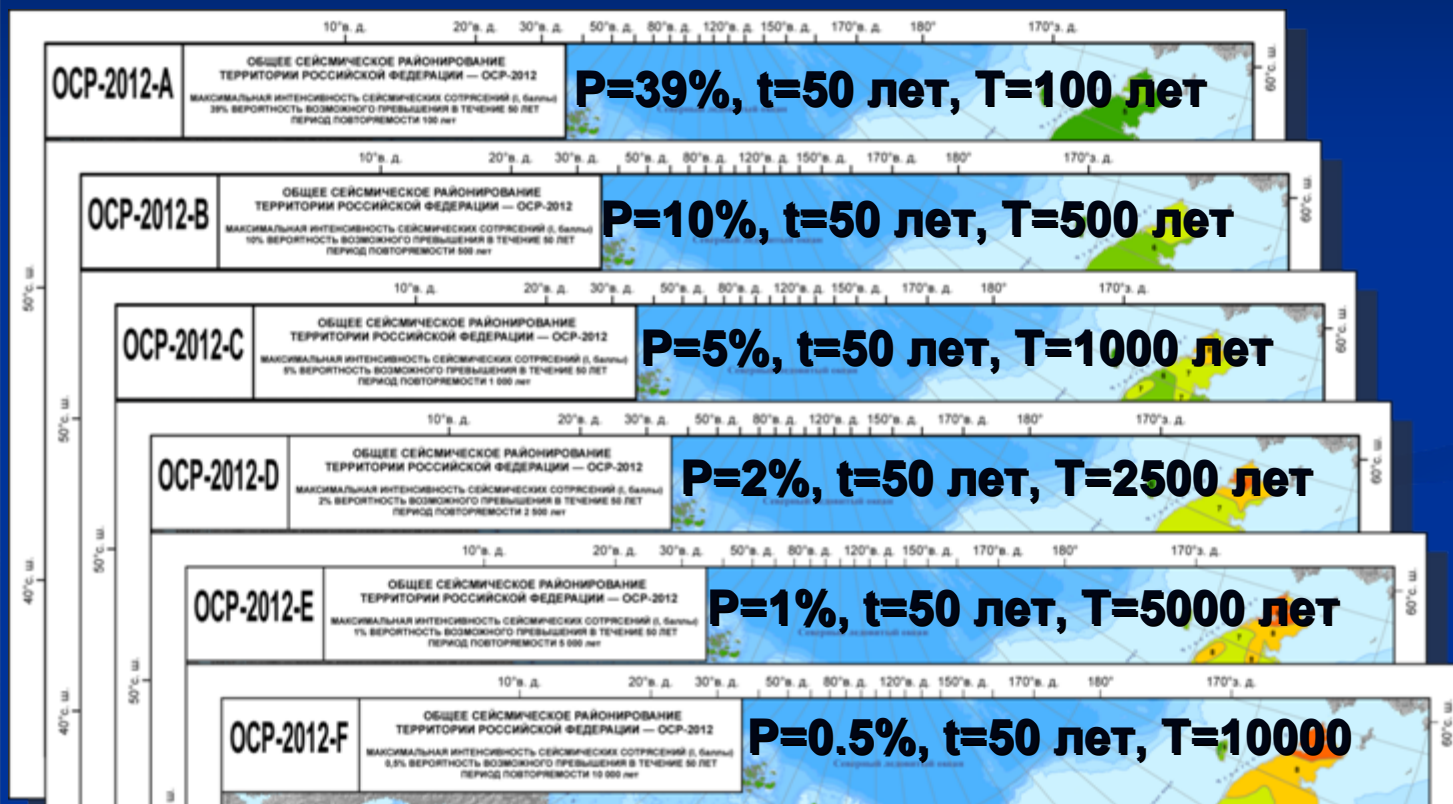
СОИСПОЛНИТЕЛИ:

Богданов М.И., Бормотов В.А.8, Габсатарова И.П., Гуляев А.Н., Дружинин В.С., Забродин В.Ю., Караман Г.Ю., Килипко В.А., Коновалов Ю.Ф., Корнева Н.Г., Костюченко С.Л., Круткина О.Н., Никитин С.Н., Огаджанов В.А., Павлов В.М., Петрова А.М., Полищук А.А., Сим Л.А., Смирнов В.Н., Снежко В.В., Тихонов И.Н., Шилина Г.В., Эртелева О.О.

Расширение комплекта ОСР-2012

Добавление периодов 100 и 2500 лет повторяемости сейсмических воздействий сближает ОСР-2012 с международными стандартами (Еврокод-8 и др.).

	Р %	t лет	T* лет	T лет
вероятность 90% не превышения в течение t лет		10	95	100
		50	475	500
		100	975	1000
		250	2475	2500
		500	4975	5000
		1000	9975	10000

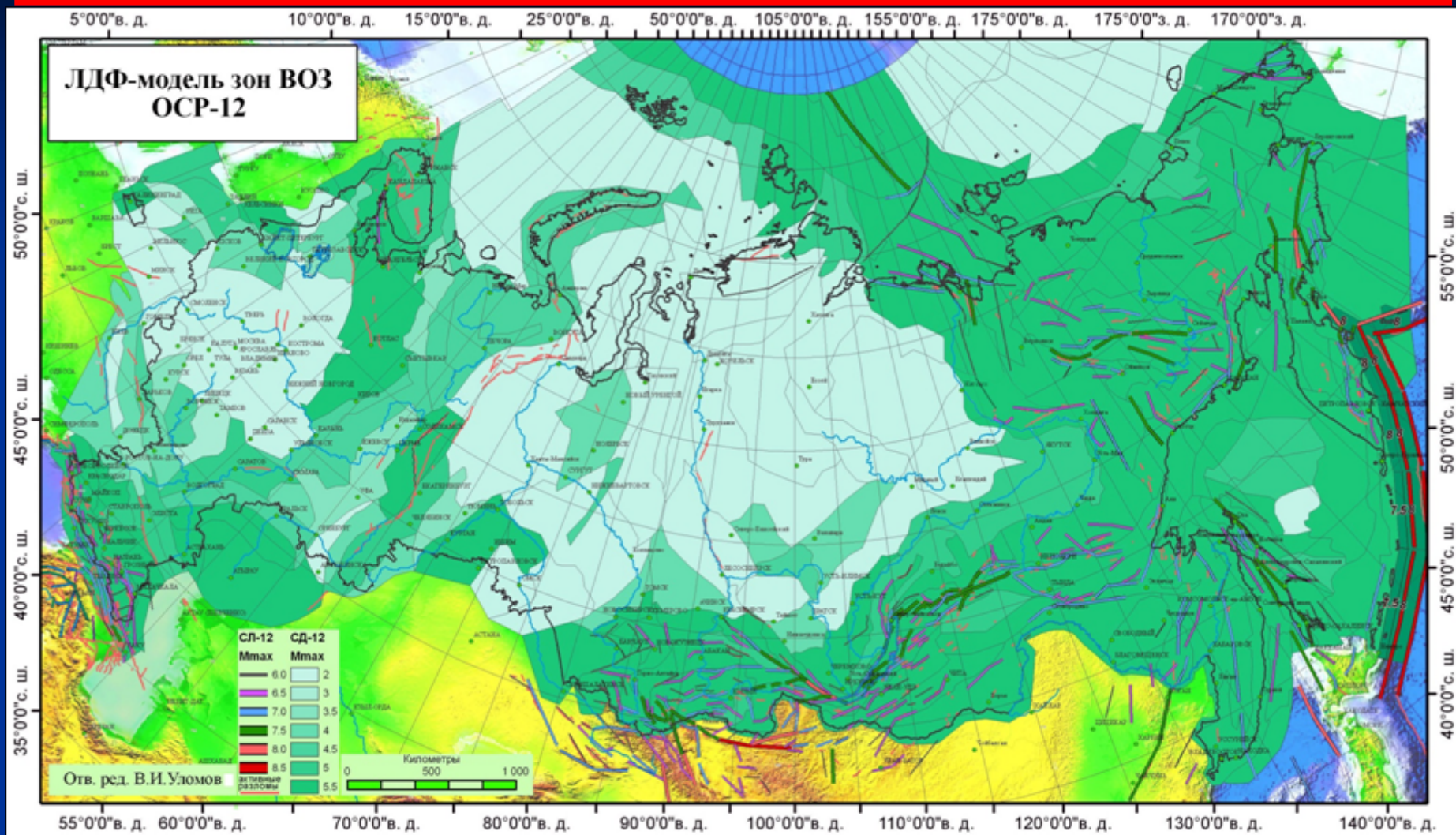


P% - 90%-ная вероятность не превышения расчетной сейсмической интенсивности в заданный интервал времени - **t** лет

T* - период повторяемости сейсмического эффекта, соответствующий расчетным периодам

T - округленные величины периодов повторяемости сейсмических воздействий

ЛДФ-модель зон ВОЗ ОСР-2012



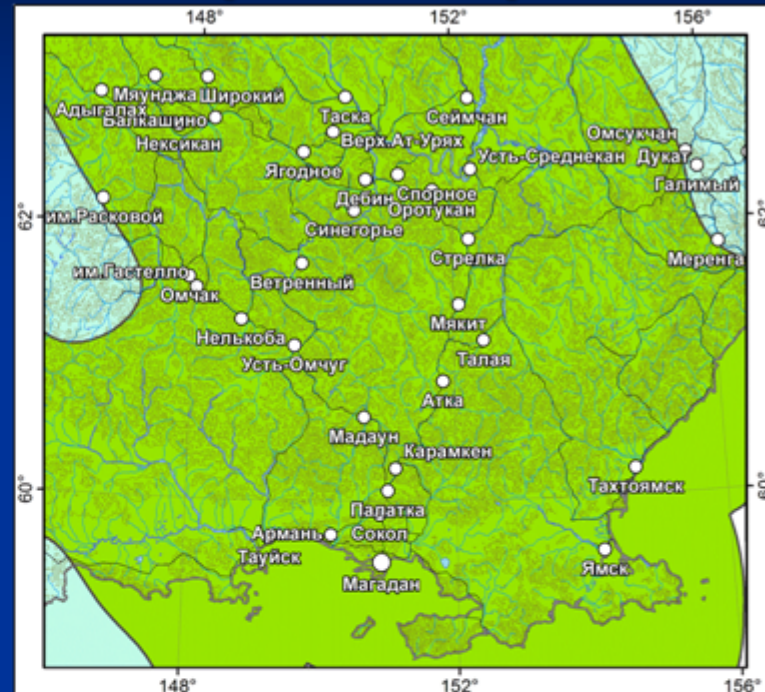
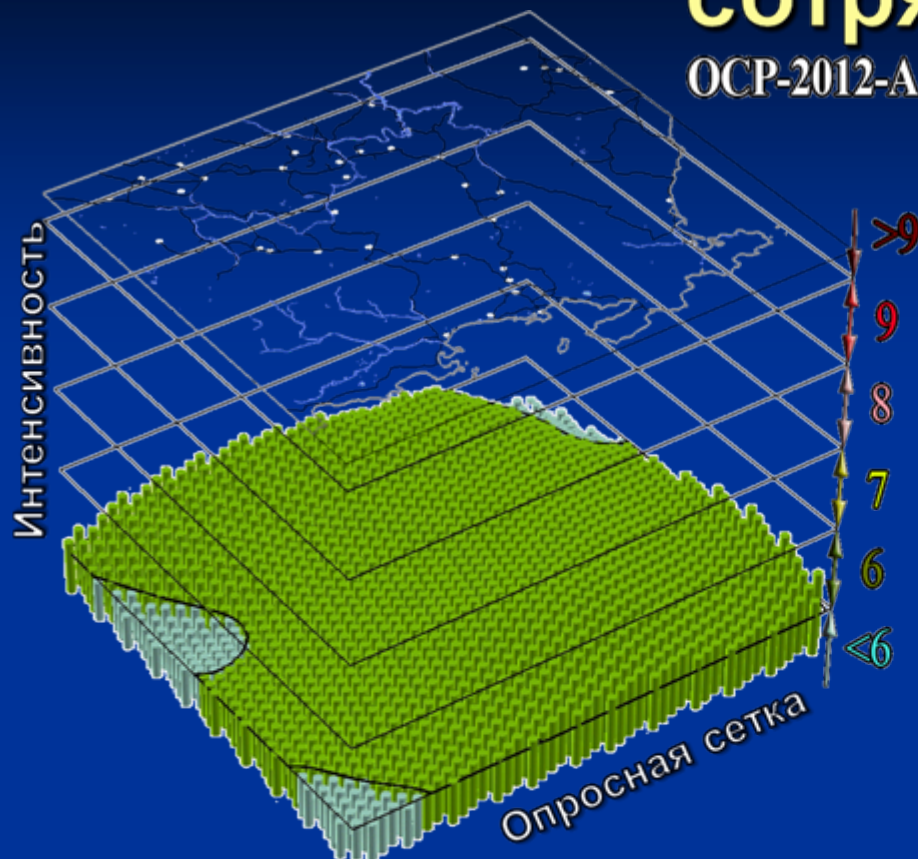
Модель источников землетрясений для ОСР-2012. Ответственные исполнители: а) активные разломы – В.Г.Трифонов; б) сейсмолинеаменты (СЛ) – В.Г.Трифонов; в) сейсмодомены (СД) – Г.С. Гусев; г) фокальные зоны с $M_{max} \geq 7.5$ и сейсмолинеаменты $M_{max} \geq 8.0$ на Курилах – А.А. Гусев; д) сейсмолинеаменты Кавказа – В.И.Уломов; е) сейсмологическая параметризация СЛ и СД – В.И. Уломов.

10

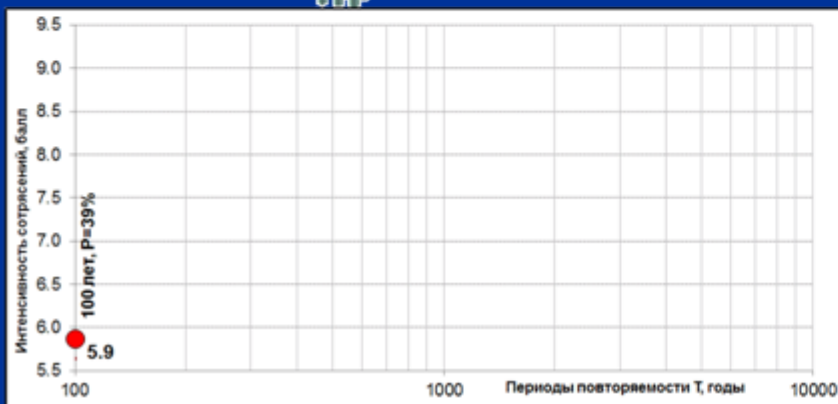
Построение зон интенсивности сотрясений

ОСР-2012-А

Фрагмент карты



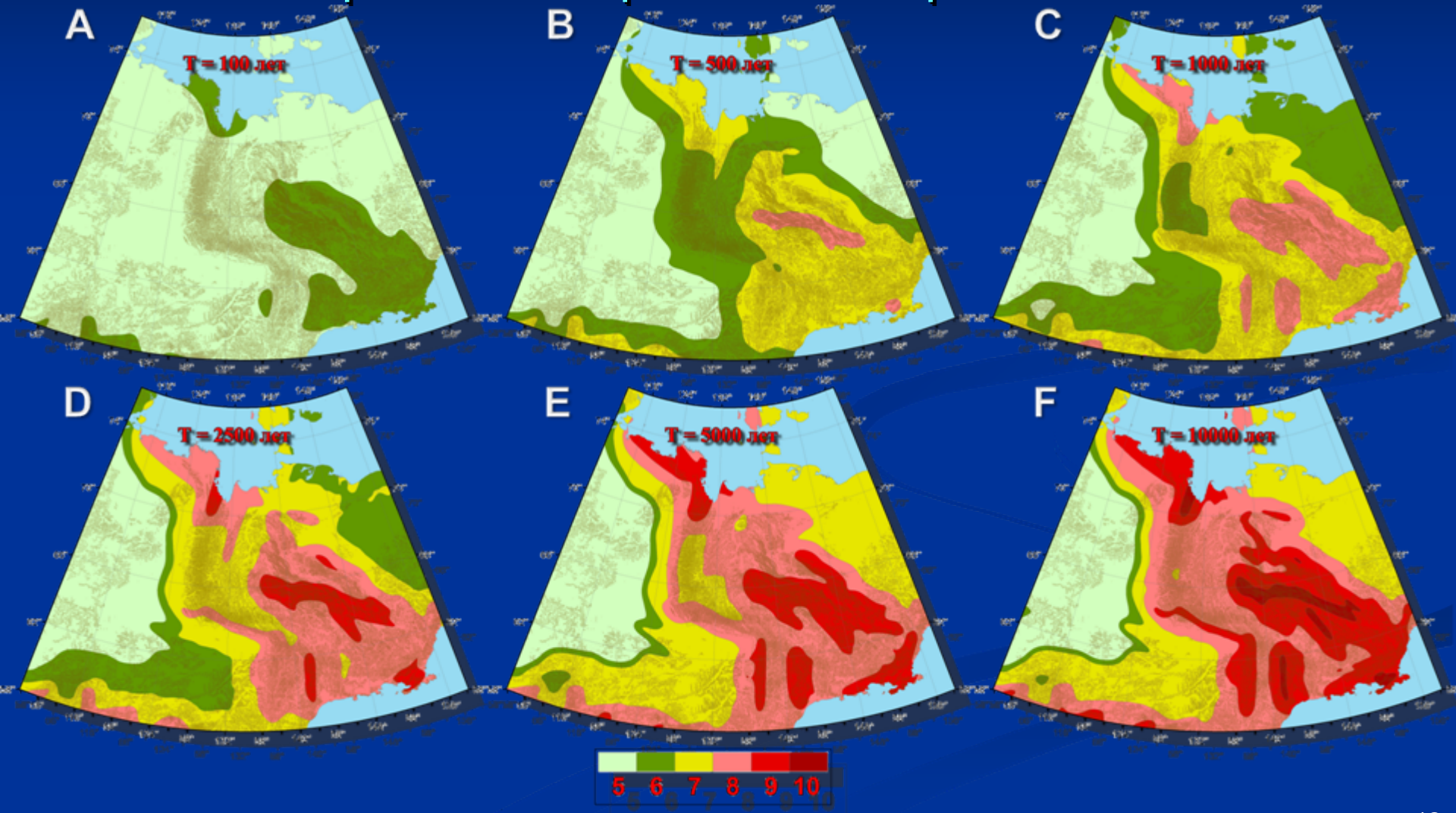
Балл



Для каждого периода повторяемости, узлы сетки соответствующие заданным интервалам значений (целые баллы, доли балла и т.д.) объединяются в полигоны

Фрагменты карт ОСР-2012

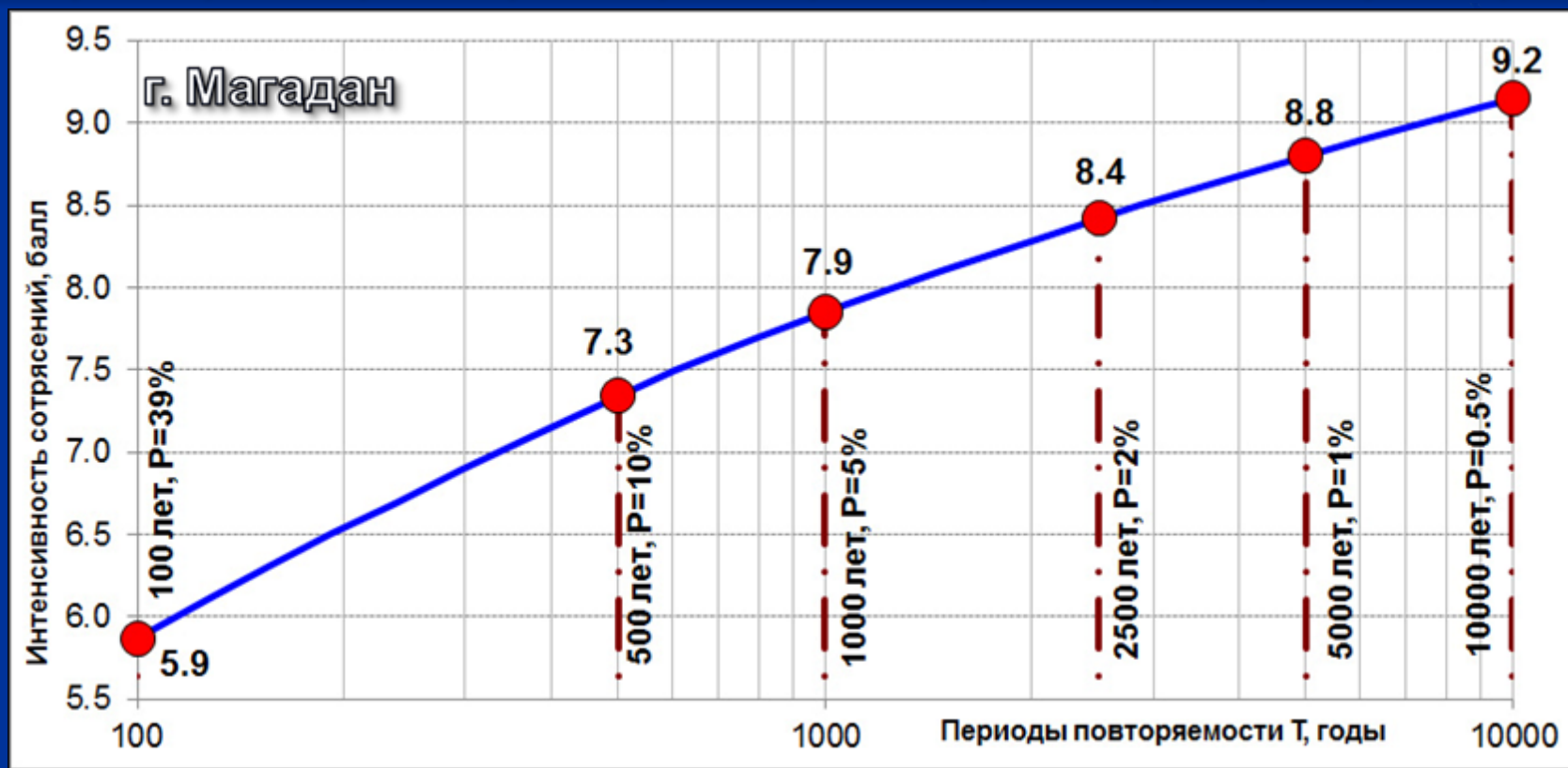
Динамика сейсмической опасности в Верхоянье
Фрагменты карт ОСР-2012 региона 4.4



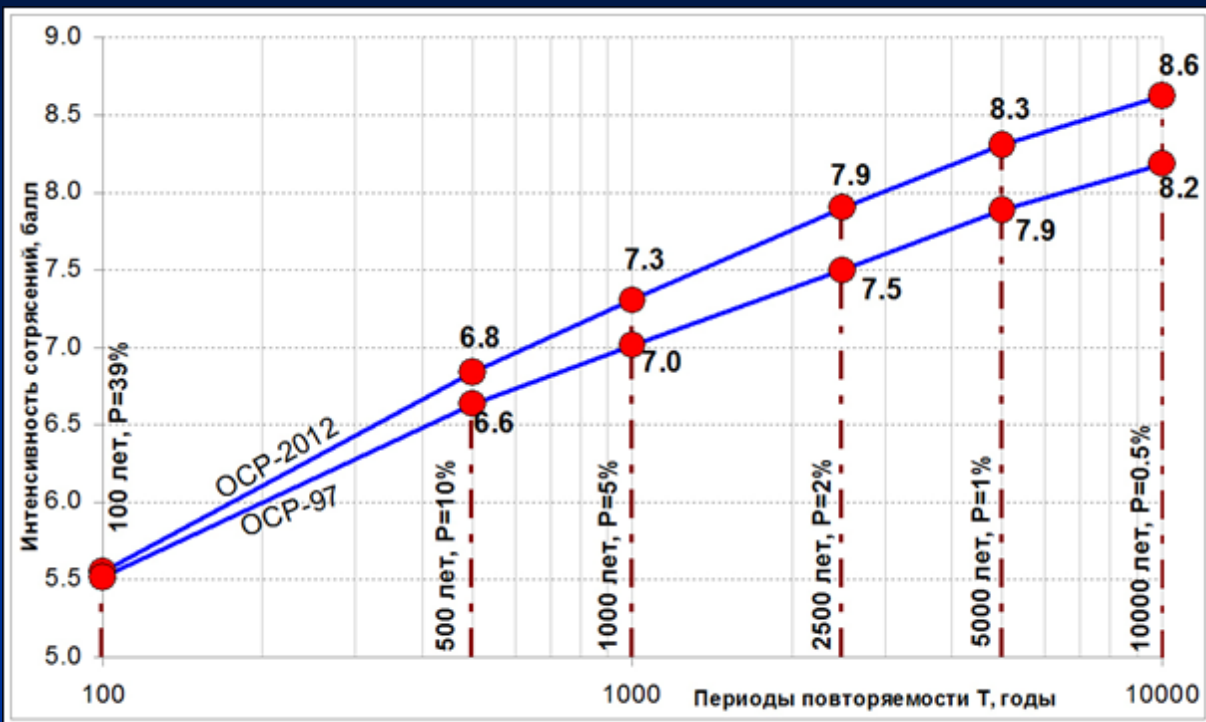
Расчетные параметры узлов сетки ОСР-2012

При компьютерном моделировании сейсмического режима ЛДФ-модели в каждом из 130 000 узлов сетки рассчитывается набор параметров

Координаты пункта		Расчётная интенсивность сотрясений, с заданной вероятностью превышения $P\%$ (период повторяемости сотрясений T лет)						Период повторяемости сотрясений целочисленных баллов, лет			
		A(39 %)	B(10 %)	C(5 %)	D(2 %)	E(1 %)	F(0.5 %)	баллов, лет			
LAT	LON	100 лет	500 лет	1 000 лет	2 500 лет	5 000 лет	10 000 лет	VI	VII	VIII	IX
59.55	150.83	5.9	7.3	7.9	8.4	8.8	9.2	114	333	1 265	7 440



Динамика сейсмоопасности

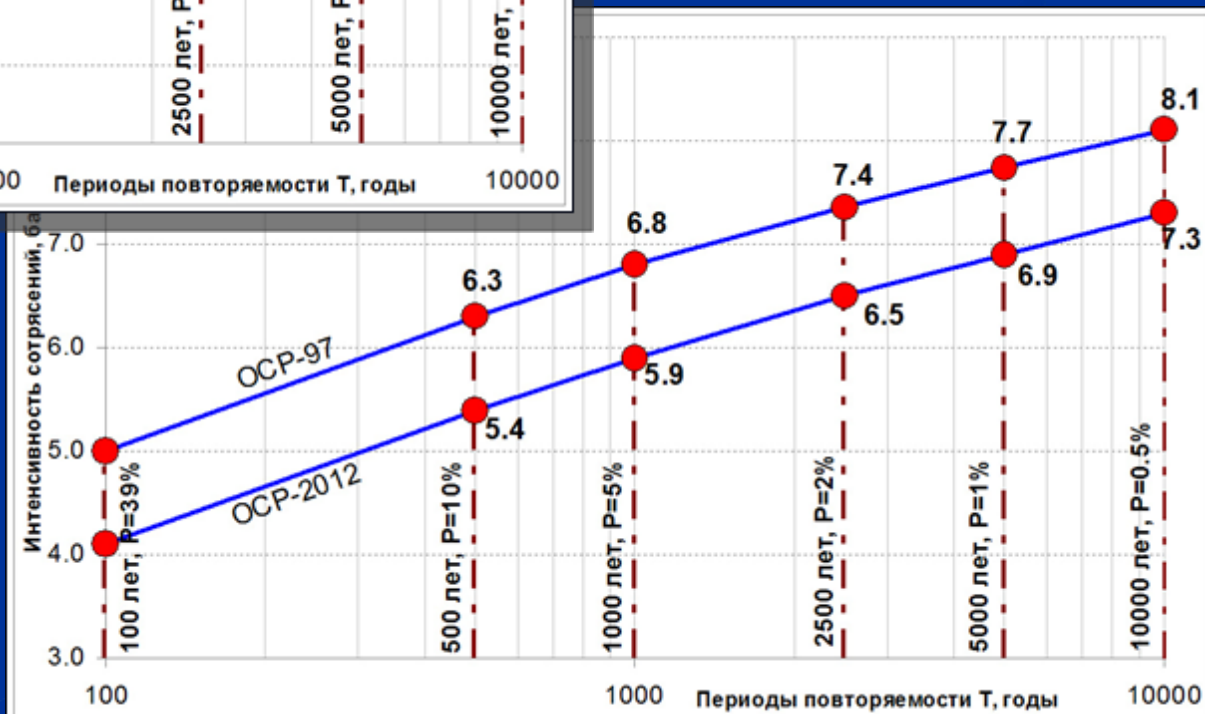


СЛЕВА

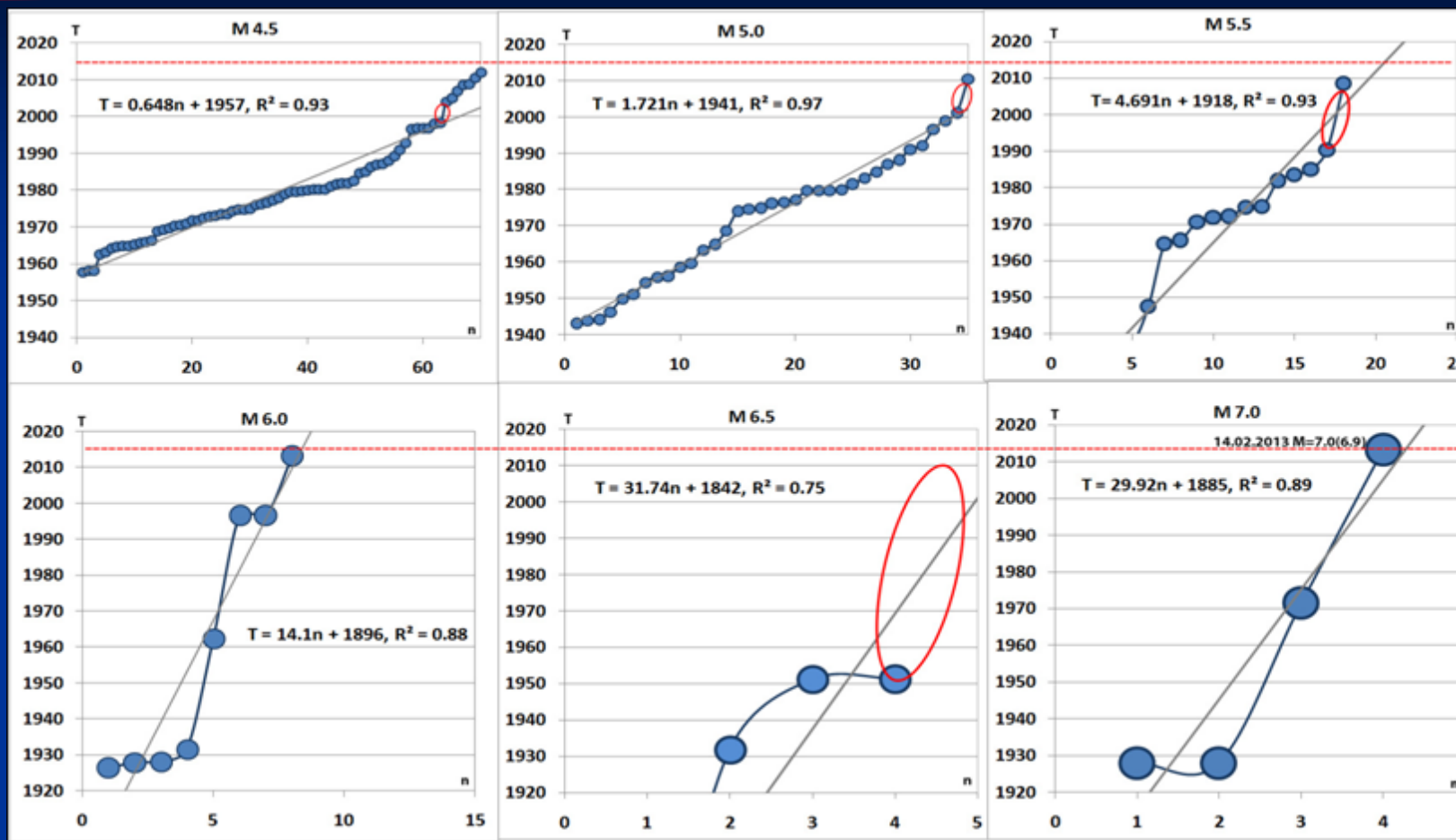
Графики сейсмоопасности в эпицентре землетрясения в Якутии по ОСП-2012 и ОСП-97. Оценки ОСП-2012 были повышены на 0.3-0.4 балла за два года до этого землетрясения.

СПРАВА

Графики сейсмоопасности для г. Якутск по ОСП-2012 и ОСП-97. Оценки ОСП-2012 понизились почти на 1 балл, по сравнению с прежними оценками ОСП-97.

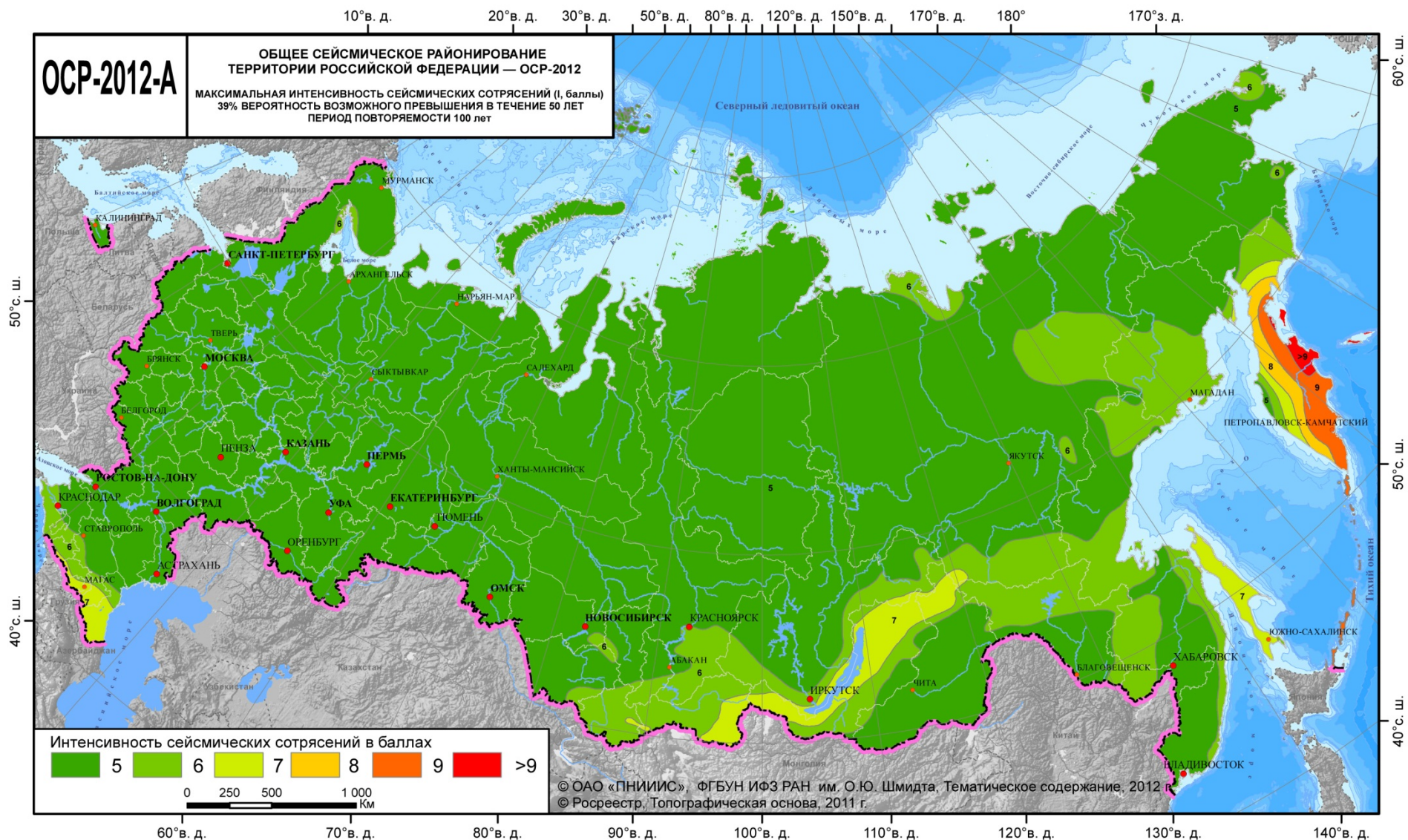


Динамика сейсмичности



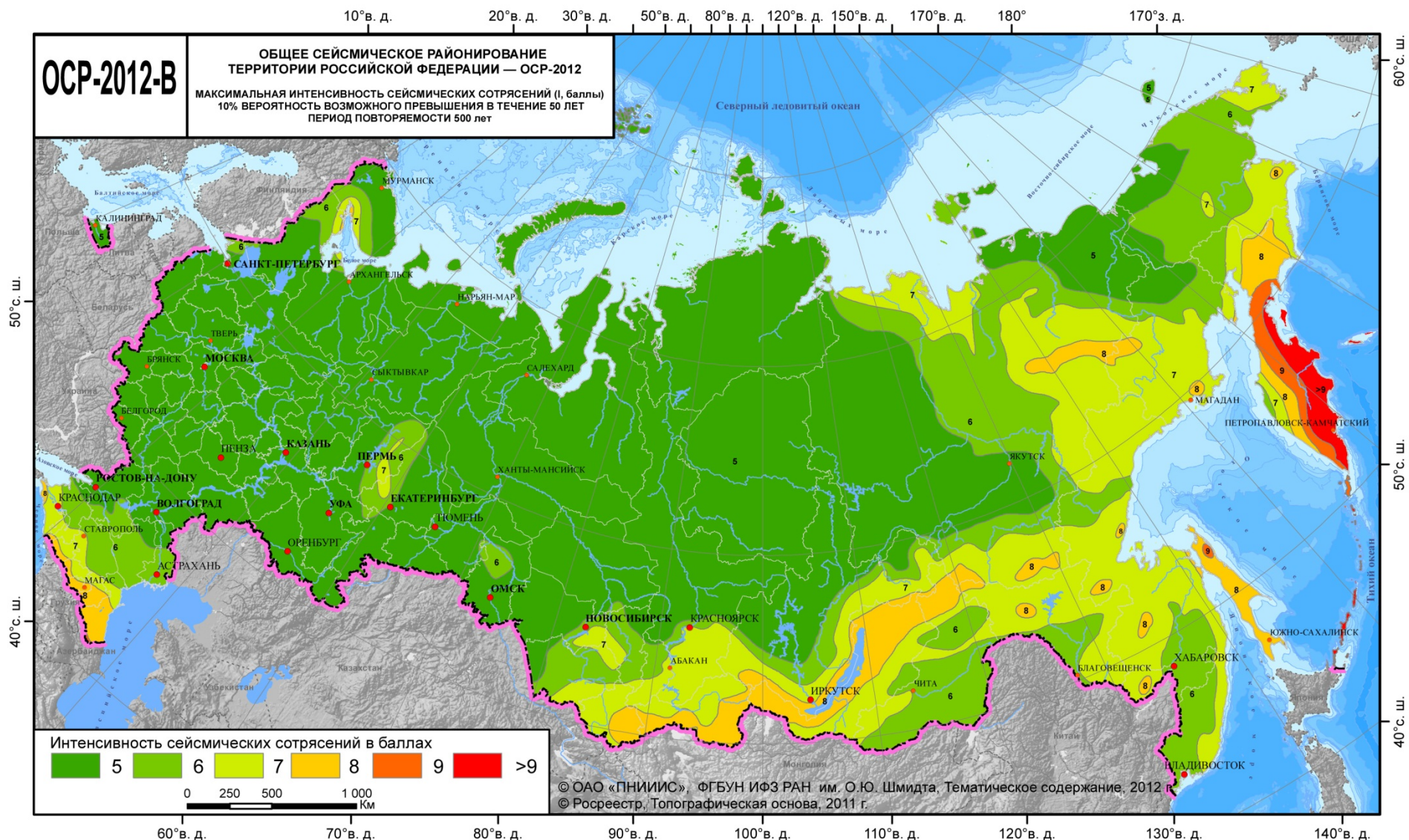
Графики накопления сейсмических событий. Уравнения прямолинейных отрезков линий тренда характеризуют степень равномерности развития сейсмического процесса. Все отклонения от аппроксимирующего прямолинейного графика рассматриваются как аномальные. Увеличение крутизны графиков соответствует замедлению сейсмического процесса, вплоть до полных затиший, а их выполаживание – его активизации. Такие относительные затишья, помеченные эллипсами, наблюдаются на большинстве приведённых графиков перед сильным землетрясением 14 февраля 2013 г.

Карта А из комплекта карт ОСР-2012



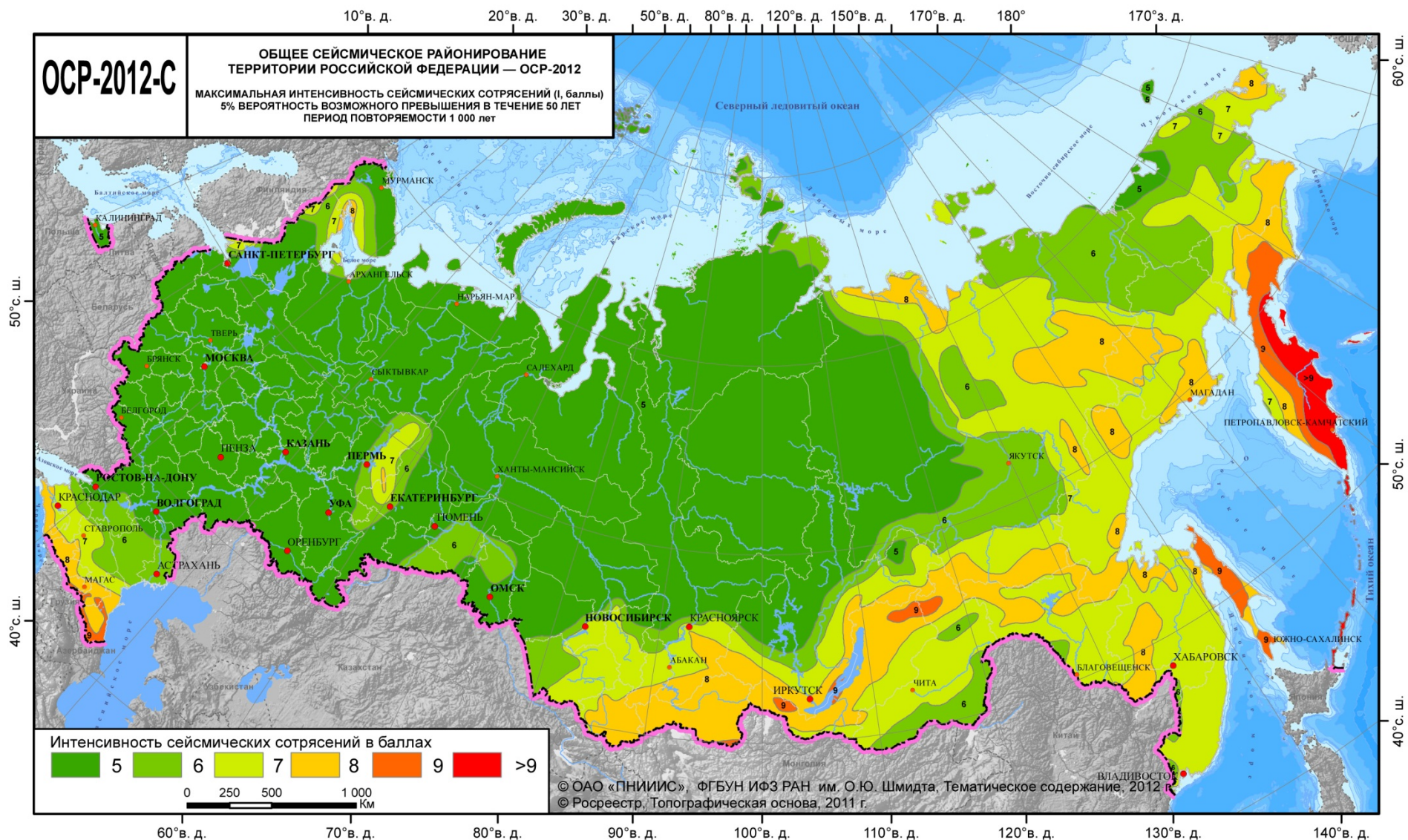
Карта ОСР-2012-А, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 100 лет, рекомендуется в качестве ПЗ при проектировании объектов пониженной ответственности

Карта В из комплекта карт ОСР-2012



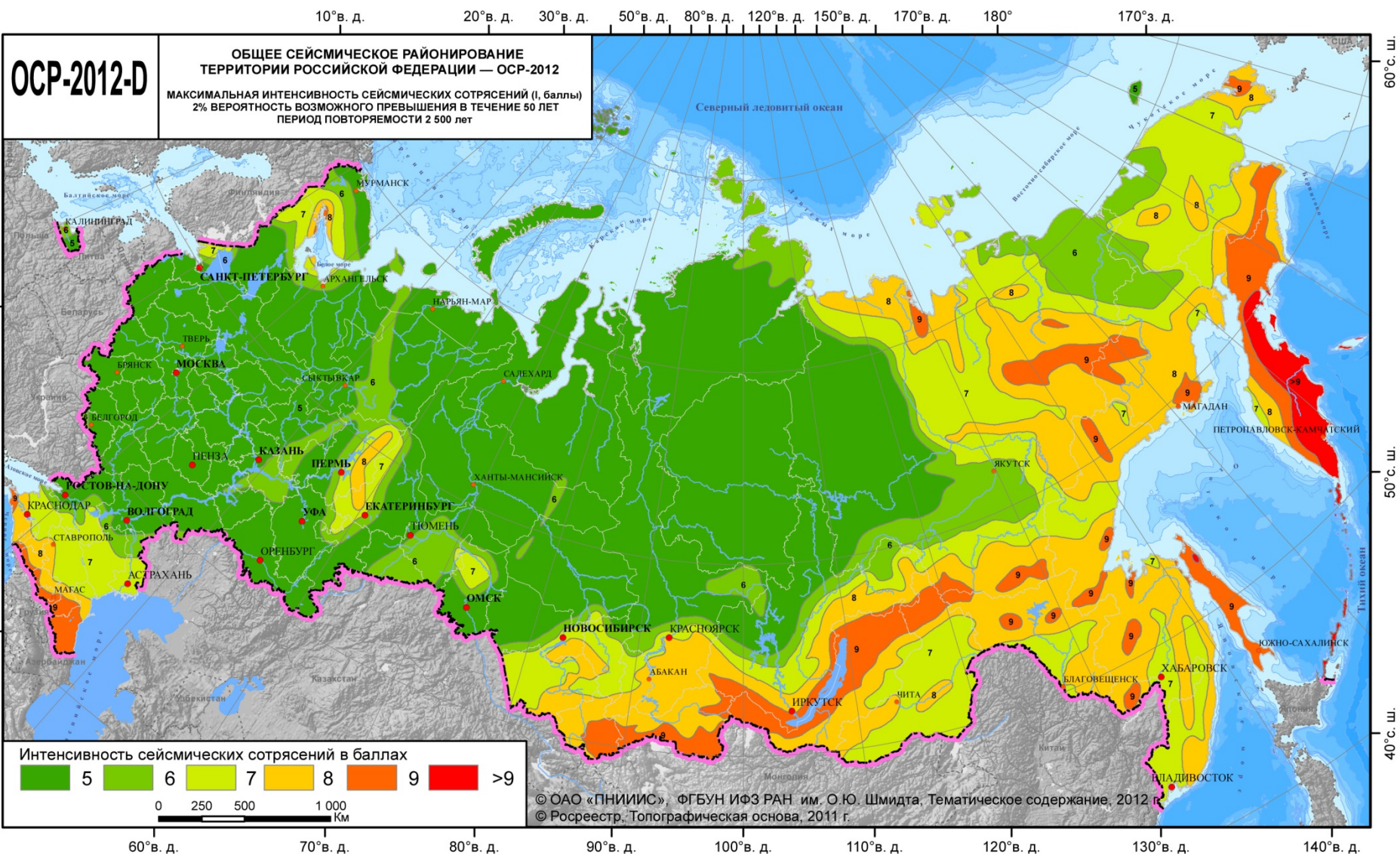
Карта ОСР-2012-В, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 500 лет, рекомендуется в качестве ПЗ при проектировании гражданских и промышленных объектов

Карта С из комплекта карт ОСР-2012



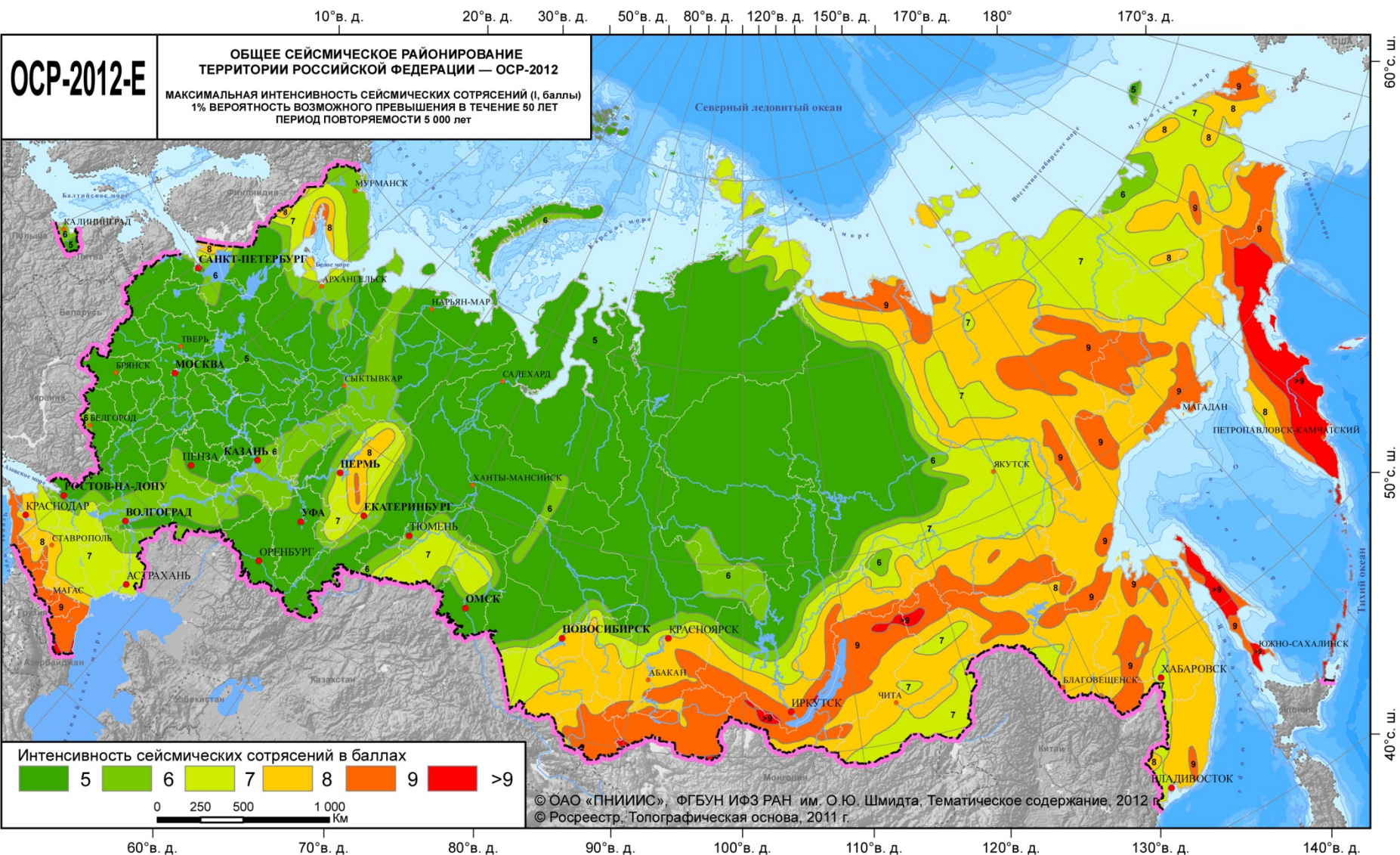
Карта ОСР-2012-С, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 1 000 лет, рекомендуется в качестве МРЗ при проектировании гражданских объектов

Карта D из комплекта карт ОСР-2012



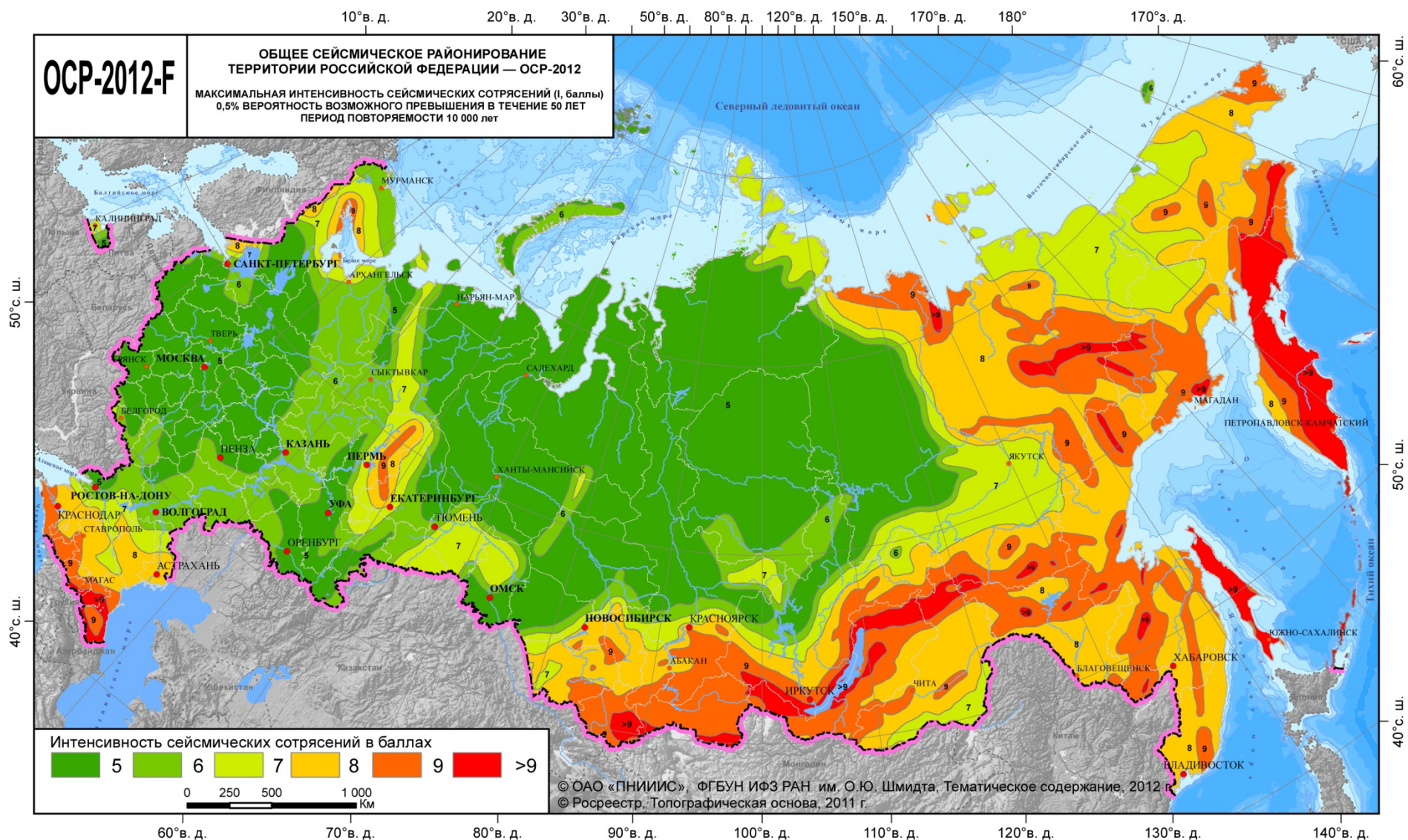
Карта ОСР-2012-D, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 2 500 лет, рекомендуется в качестве МРЗ при проектировании транспортных сооружений

Карта Е из комплекта карт ОСР-2012



Карта ОСР-2012-Е, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 5 000 лет, рекомендуется в качестве МРЗ при проектировании промышленных объектов

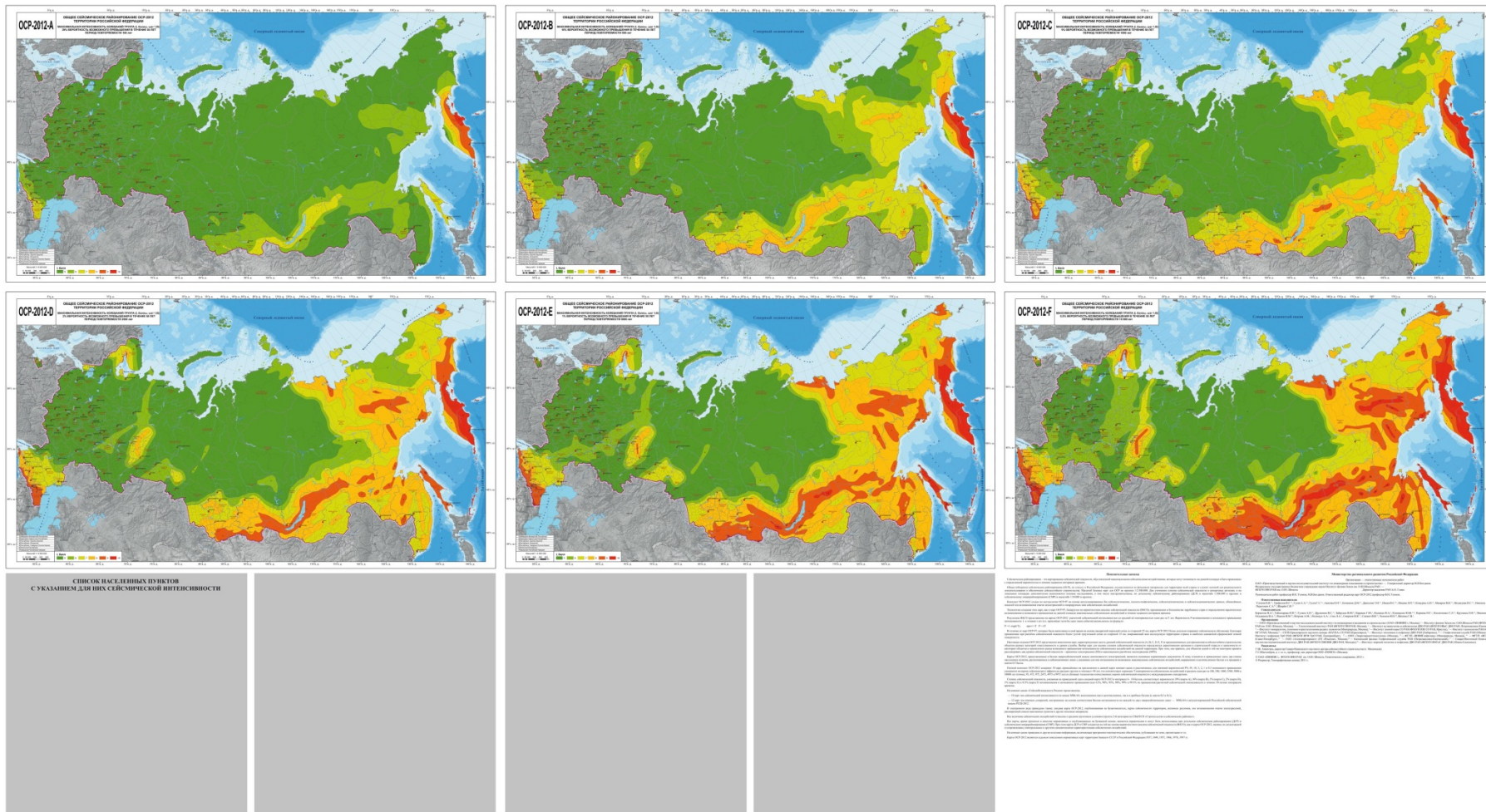
Карта F из комплекта карт ОСР-2012



Карта ОСР-2012-Ф, характеризующая повторяемость сейсмических воздействий в среднем один раз за 10 000 лет, рекомендуется в качестве МРЗ при проектировании объектов атомной энергетики

Настенный вариант карт ОСР-2012

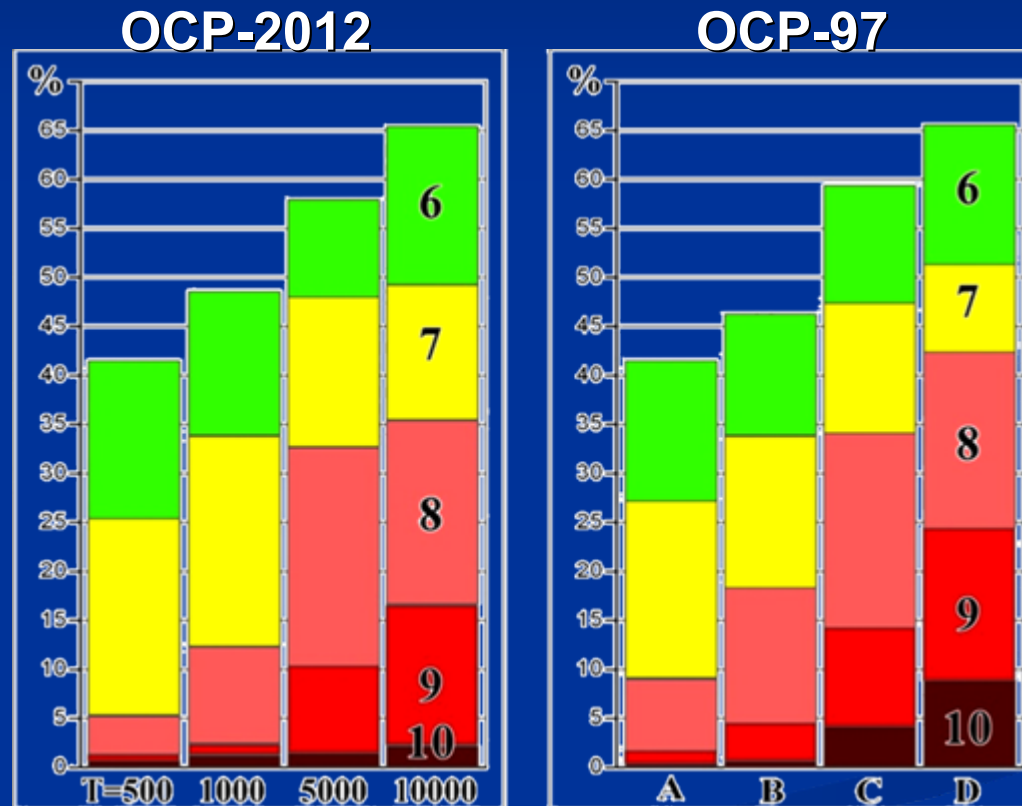
ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ — ОСР-2012



Настенное представление карт ОСР-2012, характеризующих сейсмическую опасность на шести вероятностных уровнях в целочисленных баллах. Приведены списки населённых пунктов с указанием для них возможных максимальных сейсмических воздействий, выраженных в целых баллах

Сравнение ОСР-2012 и ОСР-97

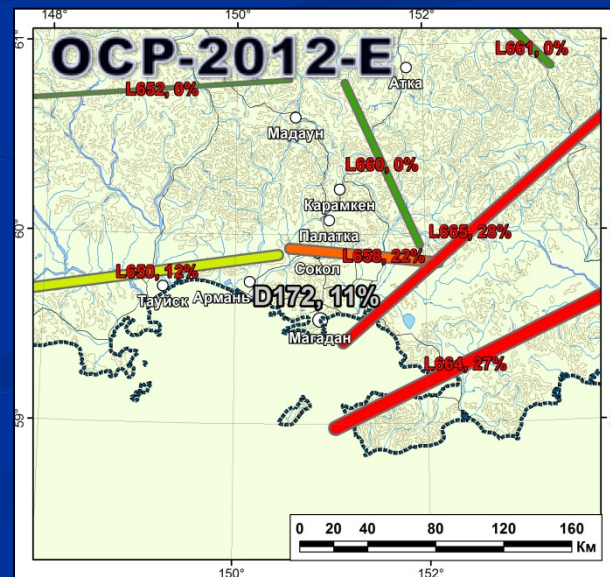
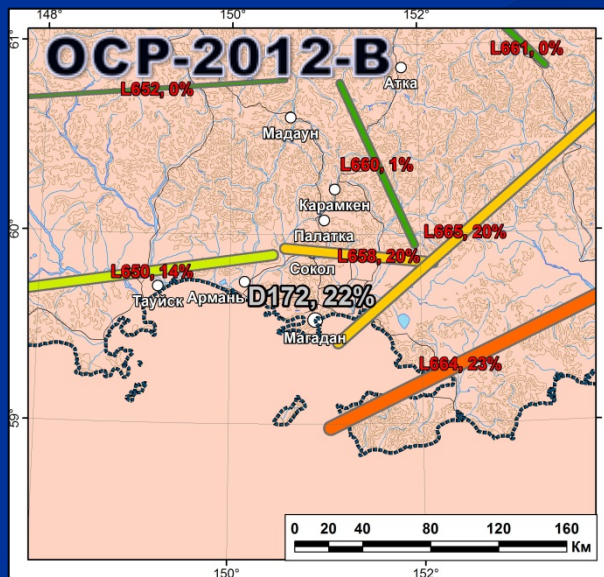
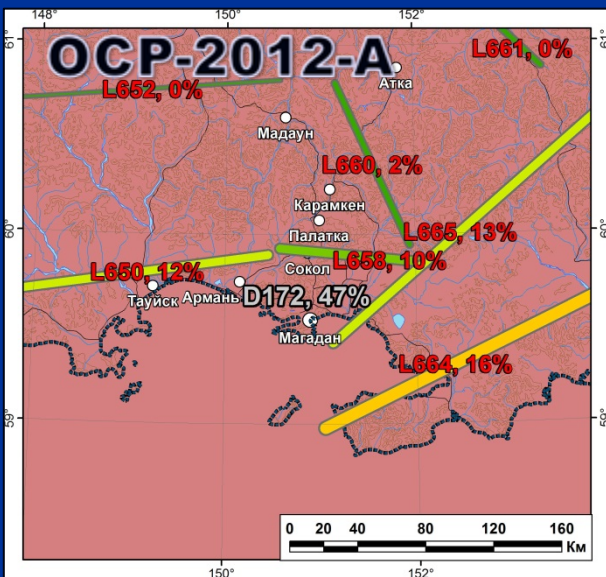
Сравнение площадей (% от площади территории России) зон различной сейсмической интенсивности (в баллах шкалы MSK-64) на картах ОСР-2012 и ОСР-97 при одинаковых периодах (Т, лет) повторяемости сейсмических воздействий



В целом сохранилась общая картина сейсмической опасности, но на новых картах уменьшились площади 9- и 10-балльных зон, благодаря большей точности построений и более реальным оценкам сейсмической опасности.

Вклад зон ВОЗ в расчетную интенсивность (г. Магадан)

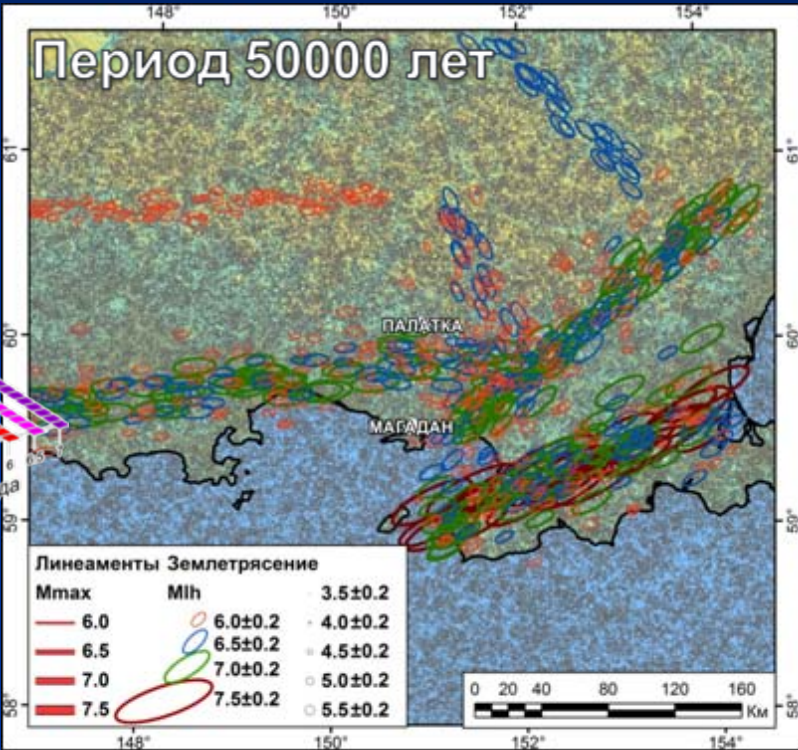
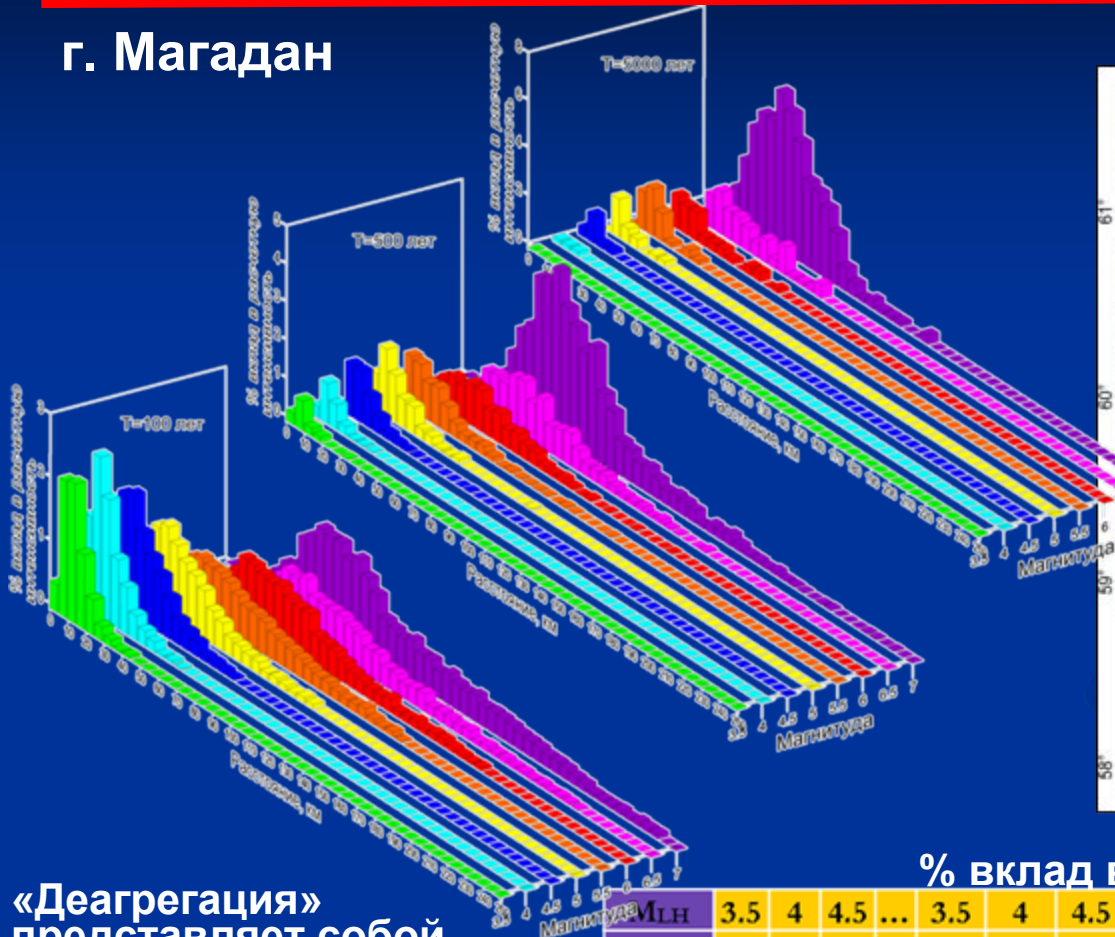
Зона ВОЗ	% вклада зоны ВОЗ в расчетную интенсивность ОСР-2012-					
	A	B	C	D	E	F
D172	47.004	21.880	16.605	12.410	11.313	9.465
L650	11.687	14.473	14.070	13.333	11.515	13.169
L652	0.258	0.020	0.041			
L658	9.973	19.746	21.800	22.872	22.222	23.457
L660	2.452	0.765	0.409	0.205		
L661	0.036	0.020				
L664	16.003	23.048	23.436	25.538	27.273	26.337
L665	12.587	20.048	23.640	25.641	27.677	27.572



Деагрегация сейсмической опасности

г. Магадан

Синтезированный каталог



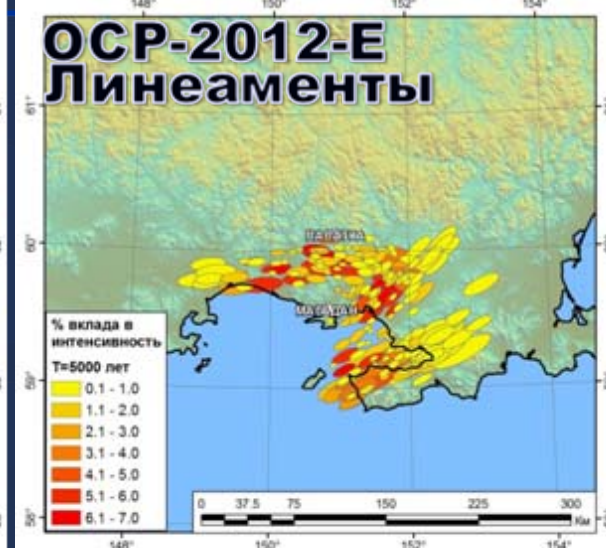
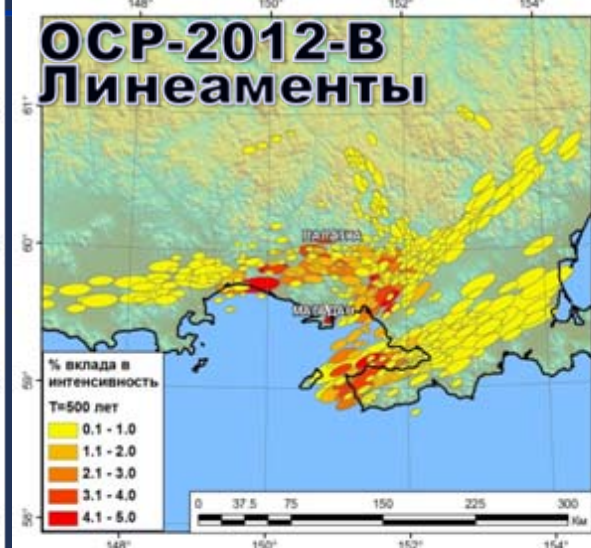
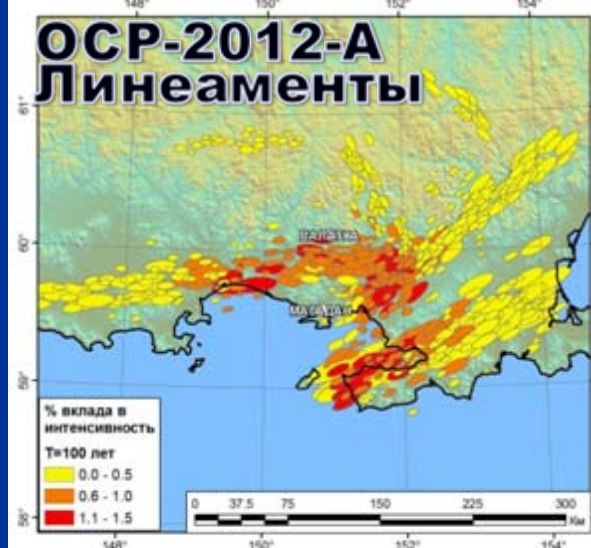
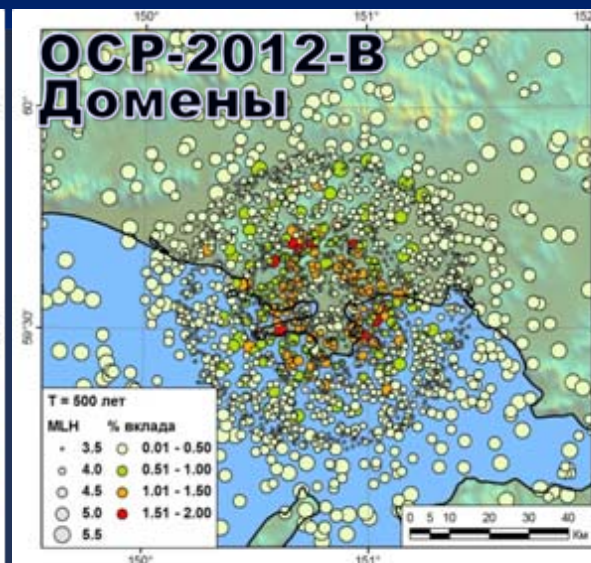
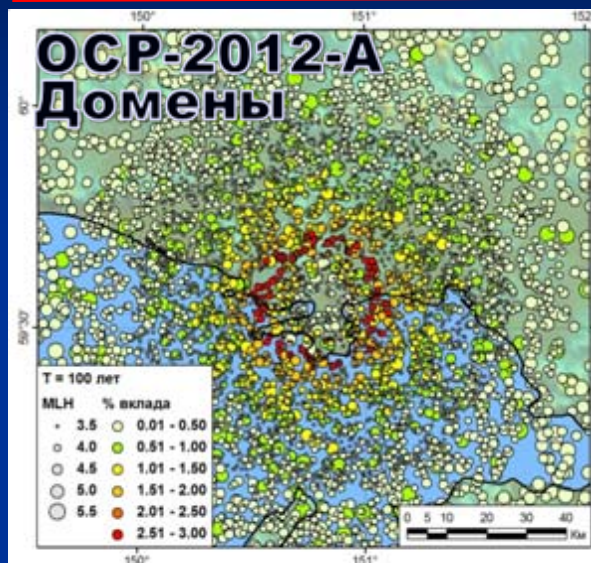
«Деагрегация» представляет собой распределение условной вероятности события с параметрами $M_{ЛН}$, R (км) при том условии, что расчетная интенсивность превышает в данном пункте

% вклад в расчетную интенсивность

MLH		3.5	4	4.5	...	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	...	5	5.5	6	6.5	7	...
R, KM		<7	<7	<7	...	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2	...	60±2	60±2	60±2	60±2	60±2	...
OCP-2012	A	0.4	0.2	0.0	...	0.2	0.7	1.1	1.2	0.9	0.5	0.3	0.4	...	0.3	0.6	0.9	0.9	1.4	...
	B	0.3	0.3	0.1	...		0.0	0.2	0.7	1.0	0.9	1.1	1.4	...		0.1	0.6	1.3	3.5	...
	C	0.2	0.3	0.1	...			0.0	0.4	0.9	0.7	1.3	2.3	...		0.1	0.2	1.3	4.1	...
	D		0.2	0.2	...				0.1	0.2	0.5	1.5	3.0	...		0.1	0.3	1.2	3.9	...
	E		0.2	0.4	...					0.2	0.4	1.2	4.4	...			0.4	1.2	3.6	...
	F			0.4	...						0.4	0.8	5.8	...				0.8	5.3	...

Эпицентры землетрясений синтезированного каталога

обеспечивающих расчетную интенсивность различных периодов повторяемости



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Представления о динамике сейсмической опасности, получаемые с помощью ВАСО открывают новые возможности для долгосрочного прогноза сильных землетрясений.
- Применение в практике проектирования и сейсмостойкого строительства к одним и тем же сооружениям не одной, как прежде, а двух и большего числа карт, оказалось научно обоснованным и экономически рациональным.
- Комплект карт ОСР способствует оптимальному их выбору для категорий проектных (ПЗ) и максимальных расчётных землетрясений (МРЗ).
- В качестве примеров, можно привести следующие: при проектировании гражданских и промышленных объектов в качестве ПЗ рассматриваются периоды 500 лет, а для МРЗ – периоды 1000 и 5000 лет; в гидротехническом строительстве используются периоды 500 и 5000 лет; в атомной отрасли - периоды 1000 и 10000 лет; для транспортных сооружений – $T=2500$ лет и другие периоды. Карты с $T=100$ лет можно применять для временных сооружений пониженной ответственности. В англо-американских нормах требуются оценки сейсмических воздействий при периодах 200-500 лет (для ПЗ) и 1000-3000 лет (для МРЗ).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!