НОВЫЙ КОМПЛЕКТ КАРТ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (ОСР-2012)

A NEW SET OF THE SEISMIC ZONING MAPS OF THE RUSSIAN FEDERATION (GSZ-2012)

уломов в.и.

Главный научный сотрудник лаборатории континентальной сейсмичности и прогноза сейсмической опасности Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, д. ф.-м. н., г. Москва, ulomov@ifz.ru

БОГДАНОВ М.И.

Генеральный директор ОАО «Производственный и научноисследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ОАО «ПНИИИС»), к. г.-м. н., г. Москва, bogdanov@pniiis.ru

Ключевые слова: оценка сейсмической опасности; общее сейсмическое районирование; комплект карт OCP-2012; Российская Федерация.

Аннотация: в статье сообщается о новом комплекте карт общего сейсмического районирования территории России (ОСР-2012), который должен прийти на смену предыдущему нормативному документу ОСР-97 для строительства в сейсмоопасных районах.

ULOMOV V.I.

Chief researcher of the Laboratory of Continental Seismicity and Seismic Hazard Prediction of the Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, PhD, Prof., Moscow, ulomov@ifz.ru

BOGDANOV M.I.

General Director of the JSC «Geological Research Institute for Construction» (JSC PNIIIS), PhD, Moscow, bogdanov@pniiis.ru

Key words: seismic hazard assessment; general seismic zoning; set of maps GSZ-2012; Russian Federation.

Abstract: The article provide information about new set of general seismic zoning maps for the territory of Russia (GSZ-2012) that has to replace the previous regulatory document (GSZ-97) for construction in seismic areas.

Введение

Федеральная целевая программа (ФЦП) «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009–2013 годы», утвержденная Постановлением Правительства РФ № 365 от 23 апреля 2009 г., а затем продленная до 2018 г., способствовала активизации научно-исследовательских работ, связанных с обеспечением сейсмобезопасности.

Для обеспечения в сейсмоопасных районах безопасности зданий и сооружений, как уже построенных, так и тех, строительство которых будет осуществляться в будущем, в Российской Федерации, необходимо было организовать работу по нескольким направлениям. Это актуализация и в дальнейшем значительная переработка нормативного документа СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах», актуализация действующих в стране нормативных карт общего сейсмического районирования территории страны ОСР-97, совершенствование методик детального сейсмического районирования (ДСР) и микросейсморайонирования (СМР), паспортизация зданий и сооружений в сейсмоопасных регионах, при необходимости выполнение работ по их сейсмоусилению, расширение сети сейсмологических станций Геофизической службы РАН и создание федеральной сети записи сильных движений грунта при Министерстве регионального развития РФ. При этом, исходя из интересов государства, актуализация карт общего сейсмического районирования всей территории страны должна была рассматриваться как первоочередная задача. Ее решение было необходимо для обоснованных действий по всем другим направлениям.

В ряде случаев, когда государственное финансирование таких работ прекращалось, научно-исследовательские организации продолжали работы для решения общегосударственных задач за счет собственных средств. В 2009-2012 гг. в ОАО «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ОАО «ПНИИИС»), подведомственном Министерству регионального развития РФ и являющимся ведущим отраслевым предприятием в Российской Федерации в области инженерных изысканий в строительстве, с участием Института физики Земли РАН, был собран большой коллектив ученых, в том числе постоянно работающих в других академических и отраслевых институтах и организациях. Сотрудники этих институтов и организаций в большинстве случаев зачислялись в штат ОАО «ПНИИИС» как совместители. Этим коллективом, насчитывающим несколько десятков специалистов из многих регионов страны, был создан комплект актуализированных карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2012, предназначенный для замены действующих уже свыше 15 лет карт ОСР-97 (необходимый период обновления карт оценивается их разработчиками в 10 лет).

Актуализация вероятностного прогноза сейсмической опасности

Комплект карт общего сейсмического районирования (ОСР) территории Российской Федерации ОСР-2012 был создан по методологии, построенной на основе актуализированных баз исходных сейсмологических и геологогеофизических данных и уточненных моделей зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) и генерируемых ими сейсмических воздействий. Ранее эта же методология использовалась при работе над комплектом карт ОСР-97.

В отличие от карт ОСР-97, которые в своё время были созданы на основе квадратной расчётной сетки со стороной 25 км, при создании карт ОСР-2012 при расчётах использовалась бо-



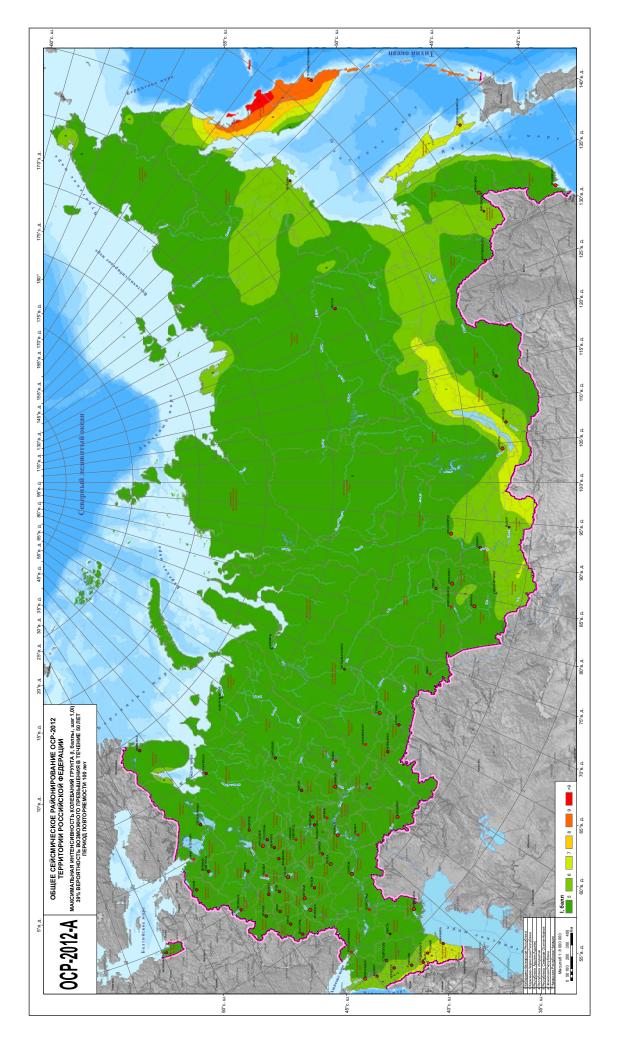


Рис. 1. Карга ОСР-2012-А, соответствующая вероятности P=39% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий B=100 лет)

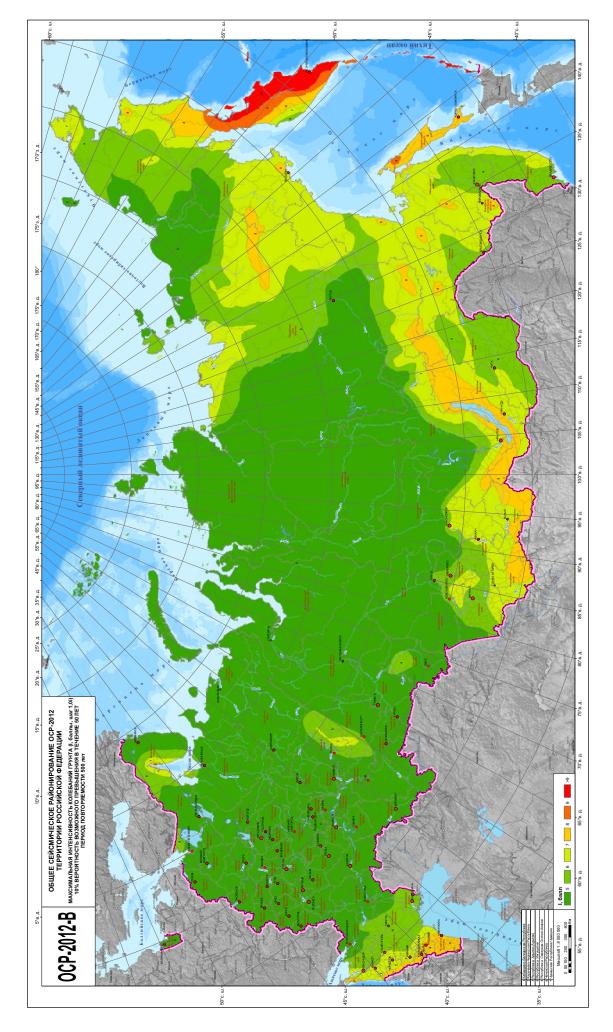


Рис. 2. Карга ОСР-2012-В, соответствующая вероятности P=10% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений H3-2012 (период повторяемости воздействий T=500 лет)



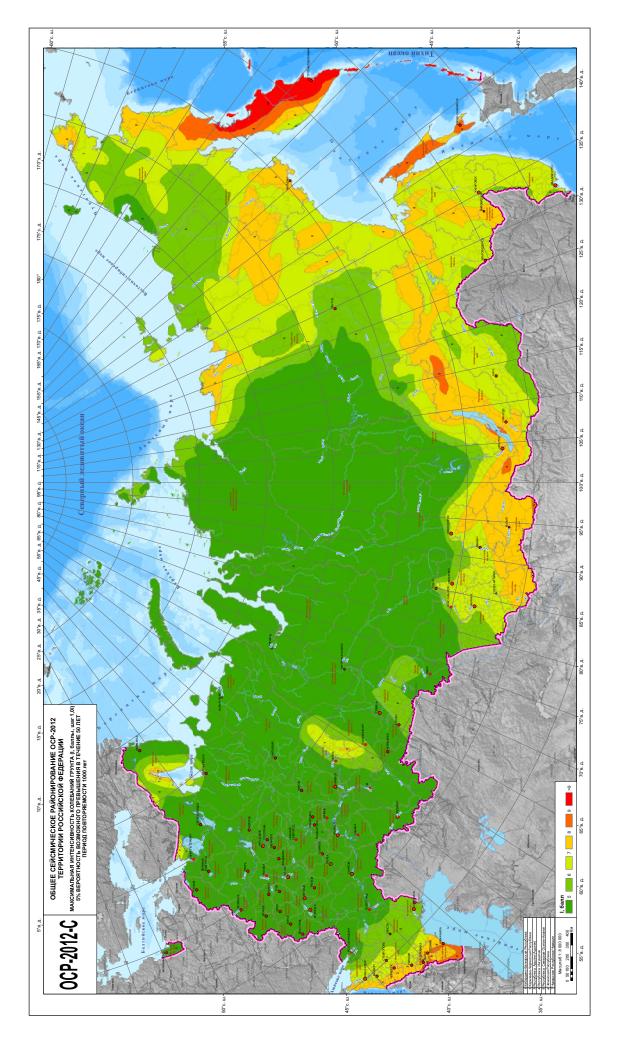


Рис. 3. Карта ОСР-2012-С, соответствующая вероятности P=5% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012 (период повторяемости воздействий T=1000 лет)

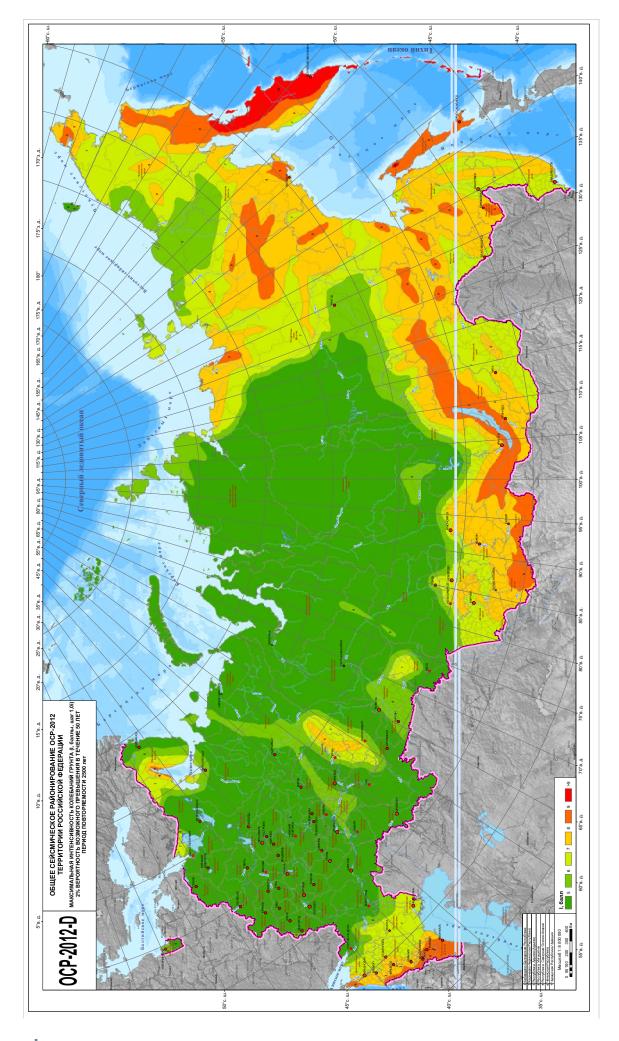


Рис. 4. Карта ОСР-2012-D, соответствующая вероятности P = 2% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012 (период повторяемости воздействий T = 2500 лет)



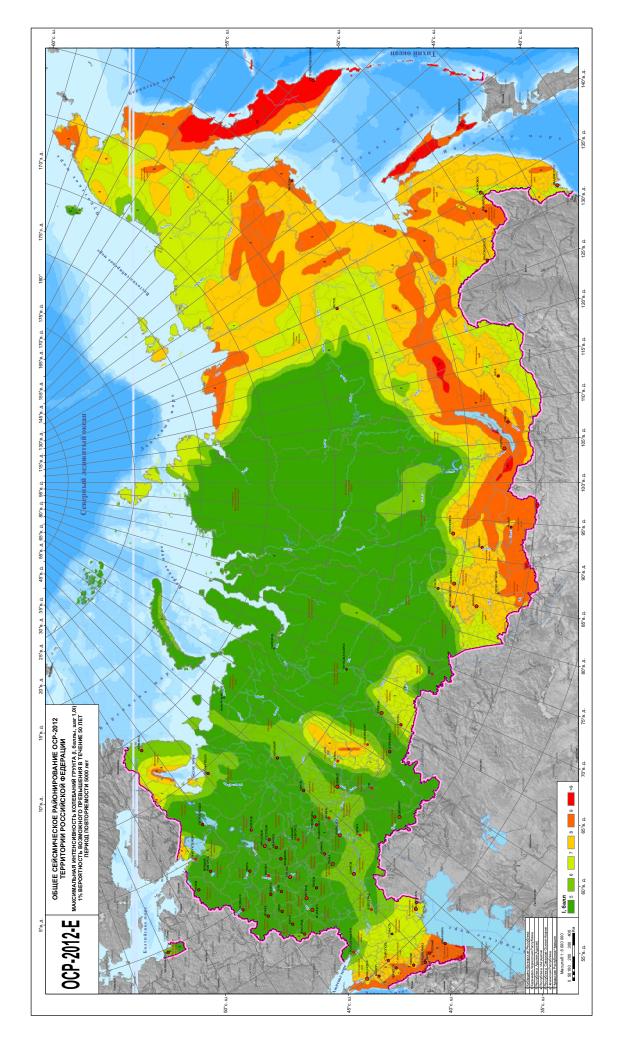


Рис. 5. Карта ОСР-2012-Е, соответствующая вероятности P=1% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012 (период повторяемости воздействий T=5000 лет)

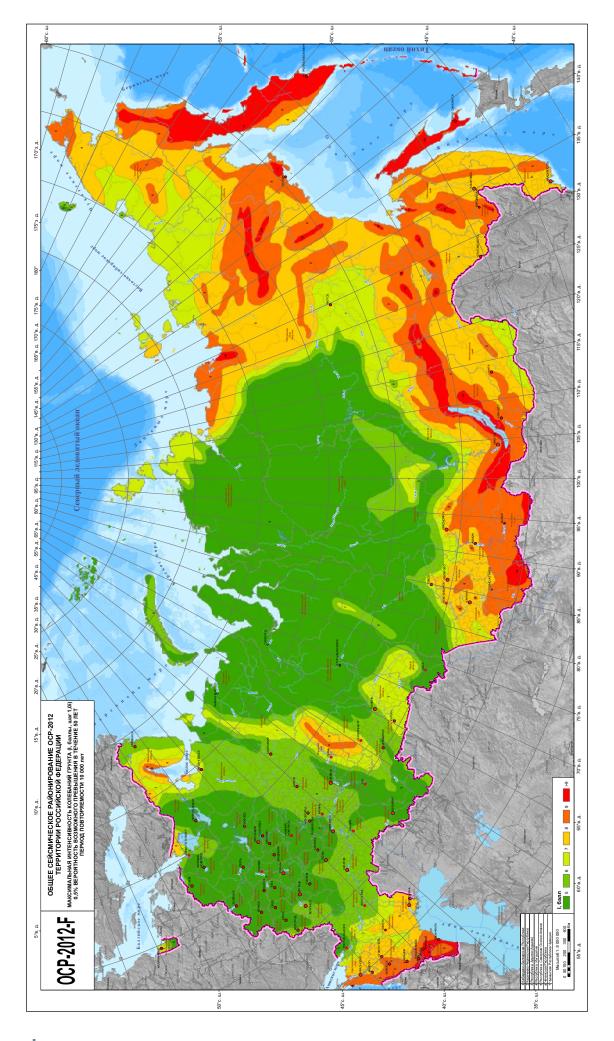


Рис. 6. Карга ОСР-2012-F, соответствующая вероятности P=0.5% возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений H3-2012 (период повторяемости воздействий T=10000 лет)



лее густая треугольная сетка с расстояниями между узлами 15 км, покрывающая всю исследуемую территорию страны и более корректная для учета сферической формы земной поверхности.

Создание в 1991-1997 гг. вместо одной, традиционно детерминистской, карты сейсмического районирования территории СССР комплекта вероятностных нормативных карт ОСР-97 (A, B, C, D) явилось результатом смены парадигмы в отношении к ОСР в Российской Федерации и положило начало вероятностному сейсмическому районированию, учитывающему динамику оценки сейсмической опасности во времени. Комплект карт ОСР-2012 территории Российской Федерации (А, В, С, D, E, F) представляет собой следующее поколение — более расширенный и актуализированный набор карт, по сравнению с ОСР-97. Технология создания карт ОСР-2012, как и ОСР-97, методически базируется на вероятностном анализе сейсмической опасности (BACO).

Сейсмическое районирование — это отображение на картах участков территории, однородных с точки зрения выбранных сейсмических параметров. В случае, когда в качестве параметра сейсмического районирования используется сейсмическая опасность, она оценивается прогнозируемыми на данной территории максимальными сейсмическими воздействиями, описываемыми в баллах макросейсмической шкалы, интенсивность которых может быть превышена с заданной вероятностью в течение заданного интервала времени. Динамика сейсмической опасности обусловливается особенностями сейсмического режима территории и периодом повторяемости землетрясений разных магнитуд.

Карты оценки сейсмической опасности, выраженные в баллах, на сегодняшний день являются для Российской Федерации единственным возможным решением в связи с тем, что имеющиеся объемы накопленных данных о сильных движениях грунта совершенно недостаточны для построения карт в ускорениях, которые получили широкое распространение во многих странах. В будущем именно карты ускорений должны стать основным источником информации для инженерных расчетов, но накопление необходимых данных потребует 10-15 лет начиная с того момента, когда Минрегион РФ начнет создавать федеральную сеть записи сильных движений.

Общее сейсмическое районирование (ОСР) в Российской Федерации по методологии ВАСО осуществляется по фондовым материалам, базам исходных сейсмологических и геолого-геофизических данных, результатам полевых работ и моделям зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Масштаб базовых карт для ОСР — 1:2 500 000. Уточнение степени сейсмической опасности в конкретных регионах и на локальных площадях осуществляется при выполнении исследований для целей детального сейсмического районирования (ДСР) в масштабе 1:500 000 и крупнее и при проведении сейсмического микрорайонирования (СМР) в масштабе 1:50 000 и крупнее.

Результаты ВАСО представлены на картах ОСР-2012 расчетными сейсмическими воздействиями I, выраженными в баллах актуализированной шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012, с повторяемостью прогнозируемого сейсмического эффекта в среднем один раз за T лет и вероятностью P возможного превышения его интенсивности в течение t лет, вычисляемой по формуле:

$$P = 1 - \exp(-t/T)$$
 при $t << T - P = t/T$.

Так, при T=100 лет и t=50 лет P составит 39,35%; при T=500 лет и t=50 лет $P=9,52\approx 10\%$; при T=1000 лет и t=50 лет $P=4,88\approx 5\%$; при T=2500 лет и t=50 лет $P=1,98\approx 2\%$ и т.д.

Важно подчеркнуть, что в картах ОСР-2012 используются привычные российским изыскателям и проектировщикам целочисленные баллы, причем актуализированная шкала интенсивности землетрясений ИЗ-2012 является совместимой со шкалой MSK-64. Комплект карт ОСР-2012, представленный в целочисленных баллах макросейсмической шкалы ИЗ-2012, характеризует шесть уровней сейсмической опасности (А, В, С, D, Е, F) для применения при проектировании и сейсмостойком строительстве объектов разных уровней ответственности и сроков службы. Выбор карт с целью оценки степени сейсмической опасности и приемлемого социально-экономического риска для конкретных объектов определяется в ряде случаев федеральными нормативно-техническими документами, в ряде случаев — заказчиками.

Степень сейсмической опасности по картам ОСР-2012 соответствует вероятностям 39% (карта A), 10% (карта B), 5% (карта C), 2% (карта D), 1% (карта

Е) и 0,5% (карта F) возможного превышения (или соответственно вероятностям непревышения 61; 90; 95; 98; 99 и 99,5%) расчетных максимальных значений интенсивности, указанных на соответствующих картах, в течение 50летних интервалов времени.

С созданием карт ОСР-97 оказалось рациональным применение к одним и тем же сооружениям оценок величин прогнозируемых сейсмических воздействий не по одной, как прежде, а по двум и большему числу карт. Появились понятия так называемых проектных землетрясений (ПЗ) и максимальных расчётных землетрясений (MP3). Первые соответствуют нижнему уровню ожидаемых сейсмических воздействий, которые могут нарушить, но не остановить функционирование объекта. Вторые отвечают верхнему уровню воздействий, т.е. возможности возникновения более сильного, хотя и редкого сейсмического события. В этом случае расчет ведется с учетом возможных неупругих деформаций сооружения, способных вывести его из строя, но не допускающих полного разрушения объекта и гибели людей.

Периоды Т повторяемости сейсмических воздействий для ПЗ и МРЗ выбираются в зависимости от степени ответственности и типов сооружений. Так, в своде правил СП 14.13330.2011 (актуализированной версии СНиП II-7-81*), использующем карты ОСР-97, при проектировании сейсмостойких гражданских и промышленных объектов для ПЗ рассматриваются периоды 500 лет (карта ОСР-97А), а для МРЗ — 1 000 и 5 000 лет (карты ОСР-97В и ОСР-97С). В гидротехническом строительстве используются периоды 500 и 5 000 лет (карты ОСР-97А и ОСР-97С), в атомной отрасли — 1 000 и 10 000 лет (карты ОСР-97В и ОСР-97D). До введения в состав ОСР-2012 карт для периодов 2 500 лет для расчётов при проектировании транспортных сооружений, величина сейсмических воздействий определялась с помощью графиков сейсмической опасности, построенных по четырём имеющимся картам OCP-97 (A, B, C, D). Так же поступали и проектировщики объектов нефтегазовой отрасли.

Дополнение нового комплекта ОСР-2012 картами с периодами 100 и 2 500 лет позволяет перекрывать более широкий диапазон величин сейсмических воздействий и получать более надёжные графики сейсмической опасности. Карты с T=100 лет можно применять для временных сооружений пониженной ответственности.

Площади зон разной сейсмической интенсивности на картах ОСР-97 и ОСР-2012 для различных периодов Т лет
повторяемости воздействий (в процентах от площади территории России)

	Комплект карт							
Интенсивность I , баллы	OCP-97				OCP-2012			
	500	1000	5000	10 000	500	1 000	5 000	10 000
≤5	58,1	53,4	40,6	34,5	58,4	51,4	42,4	36,5
6	14,8	12,7	12,3	14,3	17,0	14,6	9,0	12,1
7	17,9	18,5	13,2	8,9	18,2	20,3	15,9	12,9
8	7,1	10,0	19,3	17,6	5,0	11,3	19,7	19,2
9	1,9	4,9	9,7	15,7	0,6	1,5	11,0	14,5
>9	0,2	0,5	4,9	9,0	0,8	0,9	2,0	4,8

На рисунках 1-6 приведён полный комплект карт ОСР-2012 для прогнозируемых сейсмических воздействий, представленных в целочисленных баллах 12-балльной шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012. В таблице и на рис. 7 сопоставлены площади зон различной сейсмической интенсивности по картам ОСР-2012 и ОСР-97 в процентах от площади всей Российской Федерации. Как видно, в целом сохранилась общая картина оценки сейсмичности территории страны, но на картах ОСР-2012, благодаря актуализации, несколько уменьшились площади очень высоких (9 и > 9 баллов) оценок сейсмической опасности. В качестве примера, на рис. 8 приведены графики сейсмической опасности для г. Сочи, иллюстрирующие такое снижение оценок.

Заключение

Комплект карт общего сейсмического районирования ОСР-2012 публикуется в целочисленных баллах актуализированной шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012 (см. *рис. 1–6*), совместимой со шкалой MSK-64. Для удобства пользования картами ОСР-2012 к ним прилагается список населённых пунктов с указанием ожидаемых в них максимальных сейсмических воздействий.

В качестве дополнительного справочного материала к ОСР-2012 предоставляется комплект карт общего сейсмического районирования в терминах пиковых ускорений смещений грунта, который создан путём пересчёта баллов в ускорения в соответствии с актуализированной шкалой интенсивности землетрясений ИЗ-2012. Пиковые ускорения, как и сейсмическая интенсивность, рассчитаны относительно средних грунтовых условий (грунтов 2-й категории по сейсмическим свойствам, описанным в СНиП II-7-81* и СП 14.13330.2011). Представление сейсмических воздействий в терминах пиковых ускорений, как и расширение чис-

ла карт в комплекте ОСР-2012, в дальнейшем будет способствовать гармонизации отечественных и международных стандартов, поскольку в большинстве стран мира, расположенных в сейсмоактивных регионах, сейсмические воздействия описываются в пиковых ускорениях при определенных частотах, а не в баллах макросейсмической шкалы. При этом величины ускорений определяются главным образом на основе инструментальных измерений сильных движений грунта. На территории Российской Федерации такая возможность отсутствует из-за недостаточно развитой сети станций для записи сильных движений.

Также в качестве дополнительного справочного материала к комплекту карт ОСР-2012 прилагаются 12 карт районирования сейсмической интенсивности, выполненных в дробных баллах (с шагом 0,5 и 0,1 балла). Эти карты являются производными от целочисленных карт ОСР-2012 и построены путем отображения на картах дополнительных изолиний, построенных по рассчитанной «поверхности» сейсмической интенсивности.

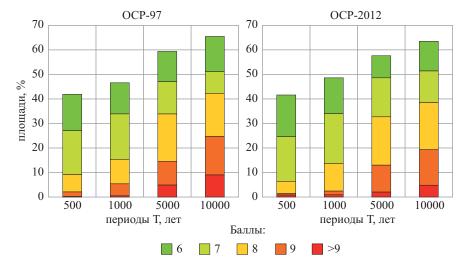


Рис. 7. Сравнение площадей зон разной сейсмической интенсивности в процентах по отношению ко всей площади территории России (см. табл.) для $I=6\div 9$ баллов и более 9 баллов для комплекта карт ОСР-97 и ОСР-2012 для различных периодов T (лет)

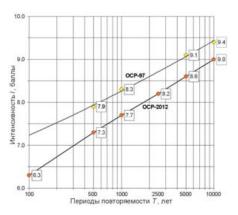


Рис. 8. Графики сейсмической опасности для г. Сочи по картам ОСР-97 и ОСР-2012



Перечень участников исследований по ОСР-2012

- 1. *Организации ответственные исполнители работ*: ОАО «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ОАО «ПНИИИС», генеральный директор к.г.-м.н. М.И. Богданов); Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН, директор академик РАН А.О. Глико);
- 2. Руководители работ: проф. В.И. Уломов, к.г.-м.н. М.И. Богданов;
- 3. Ответственный редактор проф. В.И. Уломов;
- 4. *Ответственные исполнители*: д.ф.-м.н. проф. В.Й. Уломов^{2,1}, д.г.-м.н. проф. В.Г. Трифонов^{3,1}, д.ф.-м.н. проф. Ф.Ф. Аптикаев^{2,1}, д.ф.-м.н. А.А. Гусев^{4,1}, д.г.-м.н. проф. Г.С. Гусев^{5,1}, К.Н. Акатова^{2,1}, к.г.-м.н. Д.М. Бачманов^{3,1}, к.г.-м.н. Т.Й. Данилова^{2,1}, д.г.-м.н. проф. В.С. Имаев^{6,1}, к.г.-м.н. Л.П. Имаева⁶, к.г.-м.н. А.И. Кожурин^{3,1}, д.г.-м.н. проф. В.И. Макаров^{7,1}, Н.С. Медведева^{2,1}, д.г.-м.н. проф. А.А. Никонов^{2,1}, к.т.н. С.А. Перетокин^{8,1}, к.г.-м.н. С.В. Шварёв^{2,1};
- 5. *Соисполнители*: к.г.-м.н. М.И. Богданов¹, к.г.-м.н. В.А. Бормотов⁹, к.ф.-м.н. И.П. Габсатарова¹⁰, А.Н. Гуляев¹¹, к.г.-м.н. В.С. Дружинин¹¹, д.г.-м.н. В.Ю. Забродин⁹, Г.Ю. Караман¹, к.г.-м.н. В.А. Килипко⁵, Ю.Ф. Коновалов^{1,12}, Н.Г. Корнева¹, С.Л. Костюченко¹³, к.г.-м.н. О.Н. Круткина¹⁴, С.Н. Никитин¹, д.г.-м.н. проф. В.А. Огаджанов¹⁵, В.М. Павлов¹⁶, А.М. Петрова¹, А.А. Полищук¹, Л.А. Сим², д.г.-м.н. проф. В.Н. Смирнов¹⁷, к.г.-м.н. В.В. Снежко¹⁴, д.ф.-м.н. проф. И.Н. Тихонов¹⁸, д.г.-м.н. А.В. Чипизубов⁶, к.г.-м.н. Г.В. Шилина¹, к.ф.-м.н. О.О. Эртелева^{2,1};
- 6. *Рецензенты*: директор Северо-Кавказского научного центра сейсмостойкого строительства Г.Ш. Аминтаев (г. Махачкала); зам. директора ООО «ПОИСК» д. г.-м. н. проф. Г.С. Шестопёров (г. Москва).

Организации: 1 — ОАО «ПНИИИС» (г. Москва); 2 — Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва); 3 — Геологический институт РАН (г. Москва); 4 — Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский); 5 — Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (Минприроды, г. Москва); 6 — Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск); 7 — Институт геоэкологии РАН (г. Москва); 8 — СКТБ Красноярского научного центра «НАУКА» СО РАН (г. Красноярск); 9 — Институт тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск); 10 — Геофизическая служба РАН (г. Обнинск); 11 — Институт геофизики УрО РАН (г. Екатеринбург); 12 — ООО «Энергопроекттехнология» (г. Москва); 13 — ФГУП «ВНИИГеофизика» (Минприроды, г. Москва); 14 — ФГУП «ВСЕГЕИ» (г. Санкт-Петербург); 15 — ОАО «Атомэнергопроект» (ГК «Росатом», г. Москва); 16 — Камчатский филиал Геофизической службы РАН (г. Петропавловск-Камчатский); 17 — Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН (г. Магадан); 18 — Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск);

Комплект карт OCP-2012 с приложениями (карты в пиковых ускорениях и дробных баллах), обосновывающими и методическими материалами, будет размещен на портале «Сейсмобезопасность России» (seismorus.ru), опубликован в журнале

«Инженерные изыскания» и записан на компакт-диске «Сейсмобезопасность России» издателем журнала «Инженерные изыскания» ООО «Геомаркетинг».

Все созданные карты комплекта ОСР-2012 до включения их в состав Федеральной государственной системы территориального планирования являются справочными и могут быть использованы при выполнении инженерных изысканий, детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования.

