

К ПРОГНОЗУ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.И.Уломов

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук, Москва

Ulomov@ifz.ru

Начало 2010 года было отмечено целым рядом сейсмических катастроф глобального масштаба [2]. Одно за другим произошли разрушительные землетрясения на Соломоновых островах (3 января), на Гаити (12 января), у берегов Чили (27 февраля), на границе Калифорнии и Мексики (4 апреля), в Китае (13 апреля). В общей сложности погибло около 300 тысяч человек, опустошены целые города.

Этот год ознаменовался и активизацией исследований в области сейсмического районирования и сейсмостойкого строительства. В соответствии с Федеральной целевой программой (ФЦП) «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2013 годы», утвержденной постановлением Правительства 23 апреля 2009 года, активизировались работы по актуализации строительных норм и правил, в частности, СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах». Началась активная часть работы по актуализации действующих карт общего сейсмического районирования территории страны – ОСР-97 [3, 5-10].

С целью обеспечения сейсмобезопасности зданий и сооружений, при Министерстве регионального развития Российской Федерации была создана и начала действовать Экспертная комиссия по сейсмостойкому строительству, в состав которой вошёл и автор этих строк. К исследованиям по актуализации ОСР-97 и созданию макетов карт следующего поколения – ОСР-2012 приступила созданная нами рабочая группа специалистов (РГ). В её состав вошли ведущие ученые из академических институтов и филиалов Геофизической службы (ГС РАН), а также специалисты из ряда других организаций, в том числе из Минприроды и Минрегиона России. Возглавили эти исследования Институт физики Земли им. О.Ю.Шмита (ИФЗ РАН) и Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ОАО «ПНИИИС»). Разработан проект свода правил выполнения работ по ОСР-2012 [8].

Благодаря нашему содействию, значительно расширило свою деятельность в области инженерной сейсмологии и некоммерческое партнерство содействия развитию инженерно - изыскательской отрасли - «Ассоциация Инженерные изыскания в строительстве» (НП СРО «АИИС»). При Координационном совете АИИС создан Координационный комитет по сейсмобезопасности – КК «СЕЙСМО», работающий в тесном контакте с учеными ИФЗ РАН, со своими членами СРО из различных регионов страны и с Экспертной комиссией по сейсмостойкому строительству Минрегиона.

Одной из основных задач, выполняемых под руководством ИФЗ РАН и ОАО ПНИИИС, явилась разработка ключевого проекта ФЦП - «Создание и обеспечение функционирования единой информационной системы (ЕИС) «Сейсмобезопасность России», включающей региональные и тематические разделы, в которых уточняются исходная сейсмичность и сейсмический риск». Начата работа по формированию одного из порталов ЕИС – Интернет-портала «Прогноз сейсмической опасности». Предусматривается целый ряд и других новаций в области прогноза сейсмической опасности и сейсмического районирования.

Дифференцированная оценка сейсмических воздействий

В нашей стране традиционно, начиная с 1937 года, т.е. с момента создания в Сейсмологическом институте АН СССР (ныне ИФЗ РАН) первой в мире нормативной

карты сейсмического районирования территории страны – ОСР-37, оценка сейсмической опасности сводится к использованию макросейсмического эффекта, выраженного в целочисленных (округленных) баллах шкалы сейсмической интенсивности (ГОСТ 6249-52, MSK-64), охватывающих при сильных землетрясениях чрезмерно большой динамический диапазон сейсмических воздействий. Это нередко приводило (и продолжает приводить) к неоправданному завышению или занижению оценок прогнозируемого сейсмического эффекта, что сказывалось на качестве сейсмостойкого строительства и его стоимости.

После смены в 1991 г. парадигмы сейсмического районирования [10] и публикации в 1998 г. первого комплекта карт ОСР-97 (А, В, С), а не одной карты, как это делалось в прошлые годы, более ярко проявился и ряд скрытых до этого «неблагоприятных» технических ситуаций, «осложнивших» строителям их воззрения на обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений [1, 5-7]. В частности, обнаружилось, что из-за больших интервалов в градации макросейсмической шкалы, участки одних и тех же территорий и расположенные на них населенные пункты нередко имели как бы одну и ту же балльность на двух, а иногда и на трёх картах ОСР. В качестве примера, на рис. 1 поясняются причины таких ситуаций.

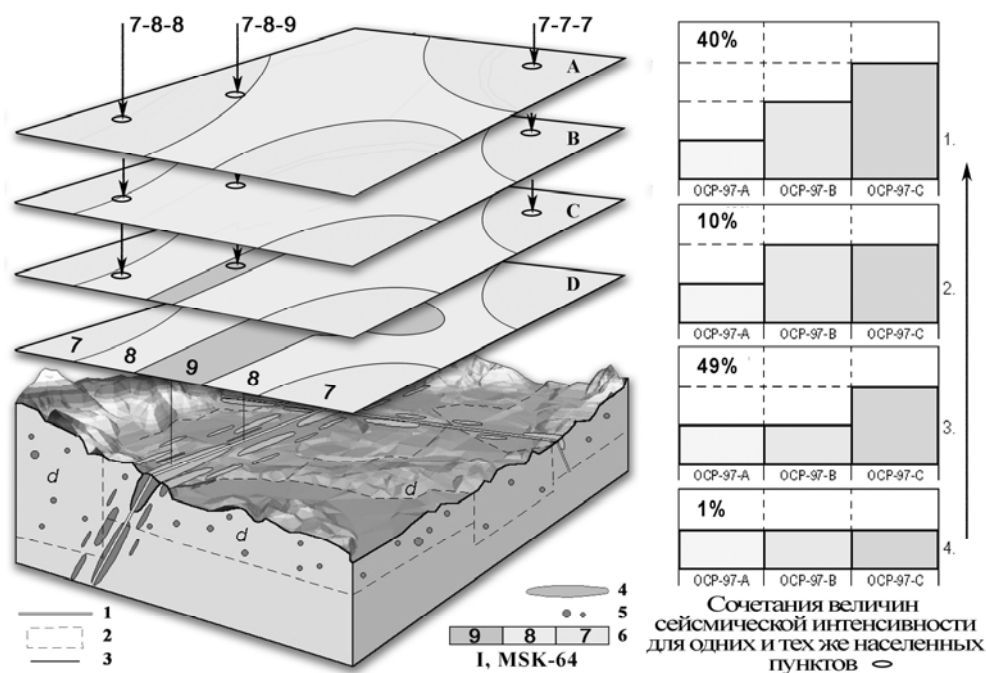


Рис. 1. Изменение конфигурации и номиналов карт сейсмического районирования, зависящих от продолжительности времени «ожидания» сейсмических воздействий (слева), и сочетания величин сейсмической интенсивности для одних и тех же населенных пунктов (справа), заимствованных из списка, помещенного в СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».

Слева на этом рисунке, над объемной линеаментно-доменно-фокальной моделью (ЛДФ-модель) зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ), приведены условные карты ОСР(А-Д), рассчитанные на разные периоды повторяемости сейсмических сотрясений (в среднем один раз за 500, 1000, 5000 и 10000 лет) интенсивностью 7, 8 и 9 баллов. Вверху указаны сочетания сейсмического эффекта для одних и тех же условных населенных пунктов на картах А, В и С. Как видно, такими сочетаниями в данном примере оказались величины сейсмического эффекта - 7-8-8, 7-8-9 и 7-7-7 баллов.

Справа на рис. 1 приведены гистограммы различных сочетаний величин сейсмической интенсивности, встречающиеся на разных картах ОСР-97 для одних и тех же городов, указанных в списке населенных пунктов, прилагаемом к СНиП II-7-81*. Вдоль оси абсцисс помечены карты А, В и С, предназначенные для гражданского и промышленного строительства, а по оси ординат пунктиром выделены полосы с градацией в один балл. При этом за «точку отсчета» принята наиболее широко используемая карта ОСР-97-А, условно изображённая в форме прямоугольника в левом нижнем ряду и в обобщенном виде отображающая любое целочисленное значение балла (6, 7, 8 и т.д.).

Как видно, число случаев, когда балльность в одних и тех же пунктах на каждой из карт ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С возрастает на один балл, составляет 40%. В 10% случаев на один балл возрастают и имеют казалось бы равную оценку сейсмической интенсивности две карты - В и С. В 49% случаев один и тот же балл наблюдается на картах А и В, а совпадение номиналов на всех трёх картах встречается в одном случае из ста.

Следует заметить, что такого в прежней практике сейсмического районирования не происходило и не могло происходить, по простой причине. Прежде пользовались лишь одной картой (в том числе и ОСР-78, предшествующей ОСР-97), а для учета сейсмической опасности при проектировании строительных объектов той или иной степени ответственности составители СНиП вводили так называемые «коэффициенты сейсмичности». Теперь же, в результате появления вместо одной детерминистской карты целого набора современных вероятностных карт ОСР-97, которые уже сами по себе предназначены для учёта сейсмического риска и обеспечения безопасности объектов разных категорий ответственности и сроков службы, необходимость применения каких-либо иных коэффициентов отпала.

Однако с целью как бы избежать одинаковых оценок сейсмической опасности на двух и более картах для одного и того же пункта, в проекте актуализированной редакции СНиП II-7-81* (СНиП-2010) появилась специальная таблица коэффициентов, отражающая оценку сейсмических воздействий в зависимости от сочетаний расчетной сейсмической интенсивности на картах А, В, и С [3].

Вместе с тем вполне очевидно, что к таким «совпадениям» балльности на картах ОСР-97 приводит традиционное использование целочисленных величин сейсмической интенсивности (баллов) и обусловленные этим достаточно большие площади зон якобы равной сейсмической интенсивности. Если же выражать сейсмическую интенсивность на картах ОСР не в целочисленных баллах, а в полубаллах (т.е. с шагом 0.5 балла), то таких «совпадений» будет значительно меньше, а при построении карт с градацией в 0.1 балла они вообще могут исчезнуть. Кстати, переход даже к полубальной градации был бы эффективен и в социально-экономическом отношении. На картах же с непрерывным (плавным) представлением макросейсмического эффекта никаких совпадений вообще не будет, поскольку этот эффект возрастает постепенно по мере включения в работу всё новых и новых сейсмогенерирующих структур даже с чрезвычайно редким возникновением в их пределах очагов землетрясений. Более того, такие карты «непрерывной» балльности фактически всегда присутствуют во всех промежуточных расчетах по технологии сейсмического районирования ОСР-97 [1, 5, 6, 10]. Эти карты подобны плавному рельефу, который затем как бы нарезается «грубыми» террасами шириной в один балл.

О гармонизации стандартов и системном подходе к сейсморайонированию

Согласно отечественным стандартам, районирование сейсмической опасности подразделяется на общее сейсмическое районирование (ОСР), детальное сейсмическое районирование (ДСР) и сейсмическое микрорайонирование (СМР). Различие между

этими категориями оценки сейсмической опасности состоит в содержании задач и в масштабах картирования. При этом ОСР покрывает всю территорию страны и отвечает федеральному уровню, ДСР уточняет сейсмическую опасность на ограниченных площадях путем полевых исследований и соответствует региональному уровню. Муниципальное значение имеет СМР, оценивающее влияние местных грунтовых условий на территории населенных пунктов и на площадках отдельных строительных объектов. Вместе с тем, все эти три категории сейсмического районирования имеют одну и ту же общую цель – определение степени сейсмической опасности и обеспечение необходимыми данными сейсмостойкое строительство.

Наиболее продвинутым в фундаментальном и прикладном отношении является ОСР, благодаря разработке в 1991-1992 гг. целостной методологии для ОСР-97 и достаточно формализованной технологии расчетов и построения таких карт. Хуже всего дело обстоит с ДСР. Как ни парадоксально, но в отличие от ОСР и СМР, эта категория районирования до сих пор не имеет даже официального статуса. Не существует и свода правил, не определен порядок утверждения таких карт и т.п.

По мнению автора, ДСР следует в дальнейшем рассматривать как составную часть ОСР, а требования к дополнительным сейсмологическим, геолого-геофизическим, геодезическим и другим видам исследований по ДСР (в том числе в полевых условиях) должны быть приведены в виде приложения к Своду правил по выполнению работ по ОСР, проект которого разработан РГ ОСР-2012 в в 2010 г. [8]. При этом методология вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО) [1, 10], лежащая в основе ОСР, должна распространяться не только на ДСР, но и на СМР. Это, в частности, позволит избежать нередко обнаруживаемую безграмотность и самодетельность некоторых организаций и частных лиц при оценке сейсмической опасности, осуществляемой по хоздоговору (а иногда и по уговору) с тем или иным заказчиком [5].

В дальнейшем профессиональному подходу к оценке сейсмической опасности и к сейсмическому районированию будут способствовать Координационный комитет КК «СЕЙСМО» при СРО АИИС и Научный Совет по проблемам сейсмологии при Российской академии наук, а также Проблемный Совет ИФЗ РАН «Сейсмичность Земли, природные и природно-техногенные катастрофы».

Существенным отличием выходных данных будущих карт ОСР-2012 от действующих ОСР-97 должно быть представление прогнозируемых сейсмических воздействий не только в целочисленных, но и в дробных долях балла (с шагом 0.5 и 0.1 балла), а также в пиковых ускорениях и в других количественных параметрах колебаний грунта. Что касается допустимых (приемлемых) уровней сейсмических рисков, то они должны быть приближены к международным стандартам (Eurocode 8 и др.). В частности, вместо периодов повторяемости сейсмических воздействий, принятых в ОСР-97, предлагаются иные, отвечающие новой классификации ответственности строительных объектов согласно Федеральному закону «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» (уровни ответственности - «пониженный», «нормальный» и «повышенный»).

Что касается картирования пиковых ускорений (PGA, см/с/с), то ситуация здесь несколько сложнее, и этот вопрос требует дискуссий сейсмологов и строителей, поскольку в проекте новой Шкалы интенсивности землетрясений (ШИЗ-2010), разработанной по одному из заданий Минрегиона России, существенно повышены оценки ожидаемых сильных сейсмических воздействий, по сравнению со шкалой MSK-64, в течение полувека применяемой в СНиП II-7-81* и включенной в очередную редакцию этих норм (см. табл. 1). В шкале ШИЗ-2010 имеются и другие недостатки и упущения (отсутствие информации о дисперсии медианных значение PGA и др.).

Таблица 1

<i>I</i> , баллы	7	7.5	8	8.5	9	9.5
PGA, см/с/с	110	175	280	440	700	1100
A _{MSK} , см/с/с	100	141	200	283	400	566
PGA/A	1.1	1.24	1.4	1.55	1.75	1.94

Автором этих строк предлагается ввести в картирование сейсмических воздействий представления о референц-уровне, который может базироваться на выявлении потенциальных очагов землетрясений (ПОЗ, фокусы в ЛДФ-модели) и на дискретном, а не сплошном, пространственном распределении очагов крупных землетрясений [4]. Дело в том, что пиковые ускорения относятся лишь к эпицентральной зоне и не распространяются на большие расстояния на том же самом уровне амплитуд, указанном в табл. 1. Ситуацию «приписывания» пиковых ускорений всей сейсмоактивной территории можно образно уподобить искусственному подъему на высоту пиков горных вершин всей земной поверхности между ними, которую и предстоит людям обживать. Исчезают равнины, низины и ущелья.

Системный подход к сейсмораионированию, последовательности комплексных исследований, а также к гармонизации исследований при ОСР, ДСР и СМР, иллюстрируют блок-диаграммы на рис. 2-4.



Рис. 2. Последовательность этапов работ по созданию ЛДФ-модели зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ).



Рис. 3. Последовательность вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО) и создания комплекта карт ОСР-2012.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что при расчетах сейсмических рисков на картах ОСР-2012 несколько изменяются интервалы времени ожидания t лет, соответствующие расчетным периодам T лет повторяемости таких воздействий. В таблице 2 для каждой из будущих карт комплекта ОСР-2012 приведены значения параметров, характеризующихся вероятностью $P=90\%$ непревышения прогнозируемых сейсмических воздействий в течение интервалов времени t .

Таблица 2

ОСР-2012	1	2	3	4	5	6	7	8
t	10	25	50	100	200	250	500	1000
T	95	224	475	975	1950	2475	4975	9975

Для ядерной отрасли (карта ОСР-97-D) сохраняются требования МАГАТЭ и периоды повторяемости 1000 и 10000 лет (точнее, 975 и 9975), соответствующие проектному (ПЗ) и максимальному расчетному землетрясениям (МРЗ). При этом вероятность непревышения сейсмических воздействий для МРЗ должна оцениваться в $P=99,5\%$ в течение 50-летних интервалов времени, что соответствует среднегодовому риску 10^{-4} .

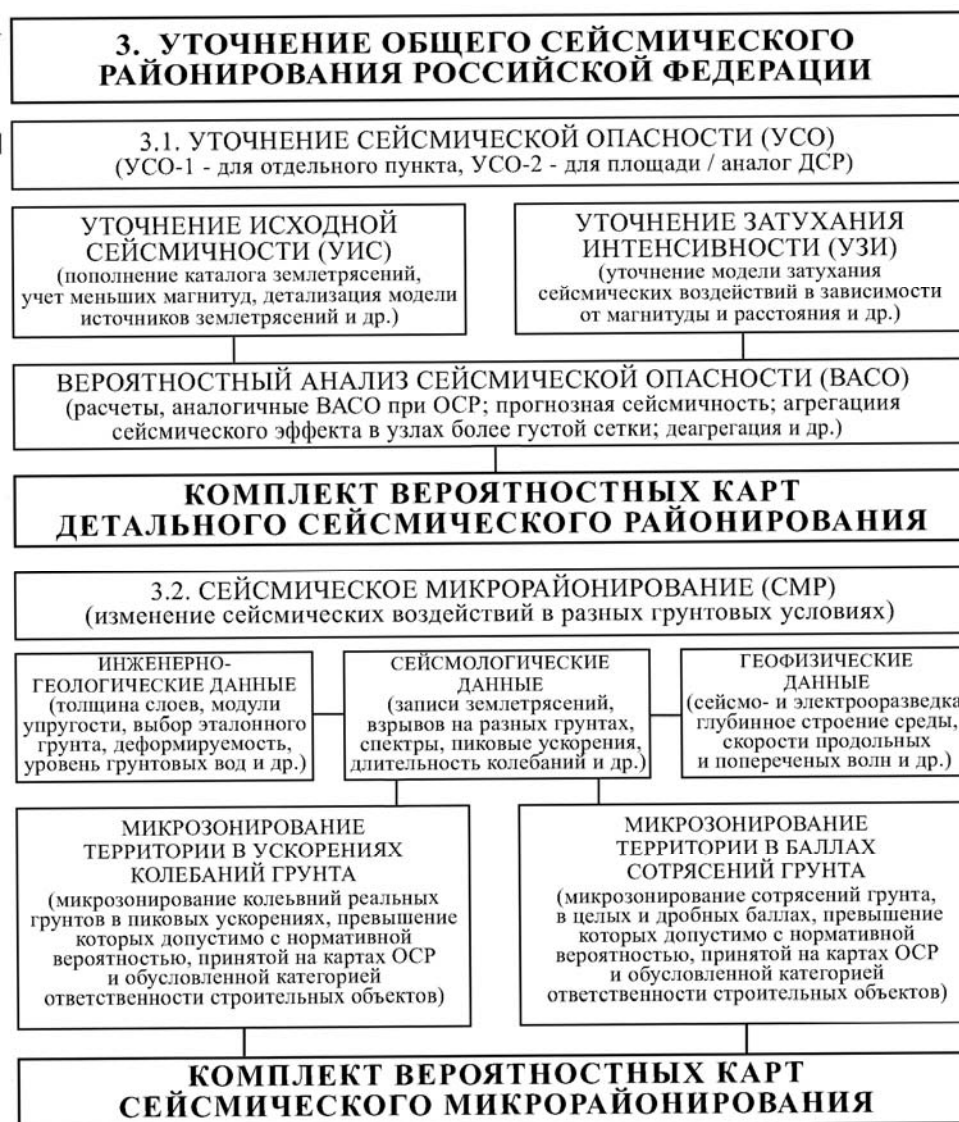


Рис. 4. Последовательность работ по созданию карт ДСР и СМР

Литература

1. Уломов В.И. Вероятностно-детерминированная оценка сейсмических воздействий на основе карт ОСР-97 и сценарных землетрясений // Сейсмостойкое строительство. 2005. № 4. С.60-69.
2. Уломов В.И. К вопросу о планетарной сейсмической активизации // "ГеоРиск", №3, 2010. С.4-8.
3. Уломов В.И. Макросейсмический режим и дифференцированная оценка сейсмических воздействий // «ГеоРиск», 2009. С.16-19.
4. Уломов В.И. Моделирование зон возникновения очагов землетрясений на основе решеточной регуляризации // Физика Земли. 1998. № 9. С. 20-38.
5. Уломов В.И. Об инженерно-сейсмологических изысканиях в строительстве // "Инженерные изыскания" №9, 2009. С.28-39.
6. Уломов В.И. О технологии актуализации карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // "Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений". №5, 2008, С. 14 - 20.
7. Уломов В.И. Оценка сейсмической опасности и актуализация инженерных решений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008, №3, с. 16-21.
8. Уломов В.И. Никитин С.Н. Технический регламент проведения работ по общему сейсмическому районированию территории Российской Федерации. Свод правил ОСР // "Инженерные изыскания", 2010, №6. С.62-87.
9. Уломов В.И., Перетокин С.А. Об актуализации нормативных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации // "Инженерные изыскания" №1, 2010. С.44-53.
10. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Масштаб 1:800000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ. 1999. 57 с.