

В.И.Уломов¹, С.А.Перетокин²

О РАЗВИТИИ МЕТОДОВ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ ОСР-2012

¹ Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, г. Москва

² НИП «Экологический центр рационального освоения природных ресурсов», г. Красноярск

О проблемах сейсмического районирования.

Комплекту современных карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97, созданных в 1991-1997 гг., исполнилось 12 лет (1). Уже более 10 лет они используются в качестве официальных нормативных документов при проектировании и строительстве в сейсмоактивных регионах страны. Согласно сложившейся традиции, по мере накопления новых сведений о землетрясениях и совершенствования методов оценки сейсмической опасности, карты ОСР, начиная с 1937 г., регулярно обновлялись каждые 10-12 лет. Нередко они фрагментарно изменялись и гораздо чаще, практически после каждого сильного землетрясения, случавшегося в сейсмических зонах, показанных на картах как менее опасные.

Практически все предыдущие карты ОСР (1937, 1949, 1957, 1968, 1978 гг.) были детерминистскими и не учитывали региональные особенности сейсмического режима. Даже казалось бы более «продвинутой» карта ОСР-78 г., на которой была сделана первая попытка ввести вероятностные оценки повторяемости сейсмических воздействий, на самом деле не давала адекватных оценок сейсмической опасности. Индексы 1, 2 и 3 возле номиналов балльности, указанные на этой карте и якобы отражающие повторяемость сейсмических сотрясений один раз в 100, 1000 и 10000 лет, явились одной из причин низкой надежности ОСР-78. В результате такой индексации реальный инженерный риск, определяемый картой ОСР-78, оказался не единым для всех сейсмоопасных районов страны.

Методология и технология создания карт ОСР-97 во всех отношениях явились сменой парадигмы в сейсмическом районировании. Использование в практике проектирования и сейсмостойкого строительства комплекта ОСР-97(А,В,С,Д), а не одной карты (как прежде), не имеет пока прецедента. Карты ОСР-97 основаны на вероятностном анализе сейсмической опасности (ВАСО), позволяющем оценивать степень риска возникновения сейсмических воздействий для строительных объектов разных сроков службы и категорий ответственности на нескольких уровнях, отражающих расчетную интенсивность сейсмических сотрясений, ожидаемых на данной территории с заданной вероятностью в течение определенного интервала времени. Для ОСР-97 впервые была создана унифицированная электронная база сейсмологических и других геолого-геофизических данных, представленная в единой географической информационной системе (ГИС). Впервые была разработана целостная методология и единая, внутренне согласованная, линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) для обширной территории Северной Евразии, охватывающей Россию и сопредельные сейсмоактивные регионы.

Вместе с тем карты ОСР-97, хотя и выдержали все «сейсмические испытания», имевшие место после их создания, они так же подлежат актуализации (2-5). За истекшее время на территории Российской Федерации, наряду с сотнями слабых, произошло несколько десятков ощутимых и очень сильных землетрясений с магнитудой $M=5.0$ и выше. Среди них разрушительные землетрясения на Сахалине (2000 г., $M=7.1$, интенсивность в эпицентре $I_0=8-9$ баллов; 2007 г., $M=6$, $I_0=8, 9$ б.), в Горном Алтае (2003 г., $M=7.5$, $I_0=9-10$ б.), в Корякии (2006 г., $M=7.7$, $I_0=9-10$ б.), на Курилах (2006 г., $M=8.3$, $I_0=10-11$ б.; 2007 г., $M=8.2$, I_0 свыше 11 б.; 2009 г., $M=7.6$ и 7.0 , I_0 свыше 9 б.).

Другим основанием для начавшихся в 2009 г. сейсмологических, сейсмогеологических и инженерно-сейсмологических исследований на территории страны явилась Федеральная целевая программа (ФЦП) Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегионразвития России) «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 – 2013 годы», ут-

утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 23 апреля 2009 г. № 365 и дополнением к нему, изложенному в постановлении Правительства РФ от 30.07.2009 N 615. Эта Программа, обновленная определенным образом, фактически заменила предыдущую ФЦП «Сейсмобезопасность территории России» (2002 - 2010 гг.), утвержденную постановлением Правительства Российской Федерации от 25 сентября 2001 г. N 690 и ликвидированную в 2006 году по причине неэффективного её исполнения (Распоряжение правительства Российской Федерации от 11 ноября 2006 г. N 1546-р).

Концепция и методические принципы ОСР.

В соответствии с новой программой был объявлен конкурс на разработку ряда проектов, направленных на решение основных задач, в том числе на снижение сейсмического риска и возможного ущерба при сильных землетрясениях. Среди них ключевым и имеющим самое непосредственное отношение к оценке сейсмической опасности и к общему сейсмическому районированию следующего поколения ОСР-2012 является проект «Создание и обеспечение функционирования единой информационной системы (ЕИС) «Сейсмобезопасность России», включающей региональные и тематические разделы, в которых уточняются исходная сейсмичность и сейсмический риск». Главным исполнителем этого Проекта является ОАО «Проектный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве (ПНИИИС)». Одну из ключевых тем этого Проекта, относящуюся к актуализации баз данных ОСР-97 и к созданию макетов новых карт ОСР-2012, разрабатывает Институт физики Земли при участии специалистов из других научно-исследовательских академических и производственных организаций.

Так же, как и при ОСР-97, в основу методологии и создания модели зон ВОЗ для сейсмического районирования ОСР-2012 положена линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель источников землетрясений. В ЛДФ-модели рассматриваются четыре масштабных уровня очаговых зон – крупный сейсмогеодинамически единый *регион* с интегральной характеристикой его сейсмического режима, и три его основных структурных сейсмогенерирующих элемента: *линеаменты*, в генерализованном виде представляющие оси трехмерных сейсмоактивных разломных или сдвиговых структур, отражая структурированную сейсмичность и являясь основным каркасом ЛДФ-модели; *домены*, сплошь покрывающие всю исследуемую территорию, охватывая квазиоднородные в геодинамическом отношении объемы геологической среды, и характеризующиеся рассеянной сейсмичностью; *потенциальные очаги* землетрясений (ПОЗ), указывающие на наиболее опасные участки (фокусы) линеаментных структур.

Линеаменты, домены и потенциальные очаги, как и сами землетрясения, классифицируются по величине максимальной магнитуды (M_{max}) с шагом 0.5 и в интервале ± 0.2 единицы M . Минимальное значение магнитуды землетрясений вдоль линеаментов зон ВОЗ так же, как и в ОСР-97, принято $M=6.0\pm 0.2$, поскольку при общем сейсмическом районировании очаги с меньшей магнитудой выделяются менее надежно. В случае же детального сейсмического районирования (ДСР) нижний порог магнитуд для линеаментов может быть понижен.

За максимальную магнитуду (M_{max}) землетрясений внутри доменов принята $M=5.5\pm 0.2$. В случае ДСР эта величина может быть понижена и соответствующим образом структурирована вдоль сейсмолинеаментов с меньшей магнитудой. Максимальная магнитуда ПОЗ обычно не менее $M=6.0$.

Благодаря компьютерному моделированию и ГИС-технологиям, позволившим «активизировать» модель источников землетрясений, стало возможным составлять карты прогнозной сейсмичности на любой разумный интервал времени и изучать сейсмический эффект, создаваемый виртуальными очагами на земной поверхности (рис. 1).

Картирование сейсмической опасности осуществляется в две стадии компьютерного моделирования. Сначала конструируется и параметризуется ЛДФ-модель зон ВОЗ (рис. 1, внизу). Затем, после её компьютерной активизации, с учетом затухания сейсмического эффекта с расстоянием от каждого виртуального очага искусственных землетрясений, рассчитывается по регулярной сетке сейсмический эффект на земной поверхности с заданным периодом повторяемости, определяющим вероятность возникновения сейсмических воздействий и возможно их превышения (рис. 1, вверху).

Как видно на рис.1, при одной и той же исходной модели зон возникновения очагов землетрясений, характеризующейся конкретными долговременными средними параметрами сейсмического режима, увеличение периодов повторяемости сейсмических воздействий приводит к росту не только номиналов, но и конфигурации зон сейсмической интенсивности. Природа такого явления объясняется последовательным проявлением в сейсмическом эффекте активности сейсмогенерирующих структур (СГС), характеризующихся даже очень редким возникновением в них крупных сейсмических событий. Это обстоятельство прежде практически не учитывалось и изображение на карте ОСР-78 различной вероятности возникновения сейсмического эффекта приводило к искажению оценок сейсмической опасности.

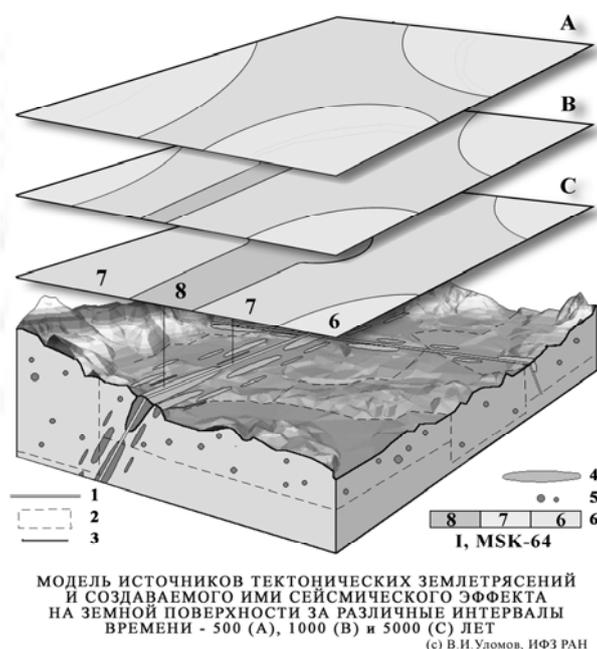


Рис. 1. Иллюстрация объёмной ЛДФ-модели зон ВОЗ и расчета сейсмических воздействий с различной их повторяемостью. 1 – следы осевых плоскостей линейных сейсмогенерирующих структур (СГС); 2 – контуры объемных доменов с рассеянной сейсмичностью; 3 – активные разломы, фрагментарно отражающие простирающие сейсмолинеаменты; 4 – очаги крупных землетрясений вдоль осей сейсмолинеаментов; 5 – очаги слабых землетрясений в доменах; 6 – модель сейсмического эффекта (баллы шкалы MSK-64), создаваемого на земной поверхности за различные интервалы времени – 500 (карта А), 1000 (В) и 5000 лет (С).

В 1997 г. нами были выполнены расчеты и построены карты для периодов повторяемости сейсмических воздействий в среднем один раз за 500 лет (карта А), 1000 лет (В), 5000 лет (С) и 10000 лет (карта D), что соответствует разной степени вероятности возникновения и возможного превышения сейсмической интенсивности в течение 50-летних интервалов времени (риск около 10%, 5%, 1% и 0.5%). Карта ОСР-97-D, предназначенная для безопасного размещения таких чрезвычайно ответственных объектов, как атомные станции, вошла в соответствующие нормативные документы атомной отрасли.

В настоящее время, при исследованиях по ОСР-2012, нами планируется рассчитывать карту ОСР-2012-С на период 2500 тыс. лет (риск 2% в течение 50 лет) вместо T=5000, принятого на карте ОСР-97-С. Предусматривается также создание карт в полубалльном представлении, в ускорениях, а также спектральных характеристиках и др. Сейсмический эффект, указанный на каждой из карт комплекта ОСР-2012, будет так же отнесен к средним грунтовым усло-

виям (грунты II категории по сейсмическим свойствам, согласно СНиП II-7-81*) и может быть уточнен в результате исследований по сейсмическому микрорайонированию (СМР). Как и СНиП II-7-81*, так и шкалу MSK-64, планируется актуализировать и заменить. Исходный масштаб всех цифровых карт - 1:2500000.

О программно-математическом обеспечении ОСР.

В 2009 г. нами начата модернизация программно-математического обеспечения (ПМО) «ВОСТОК», представляющего удобный пользовательский интерфейс для задания, редактирования и параметризации зон возникновения очагов землетрясений, расчета повторяемости сейсмического эффекта и оценки сейсмической опасности для построения карт ОСР-2012, для визуализации всех картографических и других входных, промежуточных и выходных данных. На рис. 2 приведена блок-диаграмма технологии уточнения ОСР и некоторой терминологии.



Рис. 2. Схема уточнения сейсмической опасности и карт ОСР.

Предусматривается также создание свода правил (СП) для ОСР и предложений по гармонизации ОСР, ДСР и СМР.

Литература

1. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ. 1999. 57 с.
2. Уломов В.И. Оценка сейсмической опасности и актуализация инженерных решений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008, №3, с. 16-21.
3. Уломов В.И. О технологии актуализации карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008, №5. С. 14 – 20.
4. Уломов В.И. Об инженерно-сейсмологических изысканиях в строительстве // Инженерные изыскания, 2009. №9. С.28-39.
5. Уломов В.И. Макросейсмический режим и дифференцированная оценка сейсмических воздействий // ГеоРиск, 2009. № 3. С.16-19.
6. Уломов В.И., Перетокин С.А. К актуализации нормативных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации // Инженерные изыскания, 2010 (в печати).