ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О ТЕХНОЛОГИИ АКТУАЛИЗАЦИИ КАРТ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уломов В.И., д-р физ.-матем. наук, проф. геофизики
(Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН)

В связи с интенсивным развитием строительства в сейсмоактивных регионах страны особое значение приобретает профессионализм в оценках ожидаемых природных и природно-техногенных воздействий на строящиеся объекты. Это, прежде всего, относится к обеспечению сейсмической безопасности таких уникальных и чрезвычайно ответственных сооружений, какими являются атомные станции, ядерно-радиационные комплексы, а также сверхвысокие здания, крупные гидротехнические плотины и другие строительные объекты, потенциально опасные в социальном и экологическом отношении.

Новые нормативные карты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97), созданные в 1991-1997 гг. в Институте физики Земли РАН, кардинально изменили взгляд на сейсмическую обстановку в стране и на отечественное строительство в сейсмоактивных районах [1-4]. Стало очевидным, что сейсмическая опасность во многих регионах России существенно выше, чем предполагалось прежде. Выяснилось, что свыше четверти территории страны с населением более 20 млн. человек живут в зонах, где могут происходить сильные и разрушительные землетрясения. По меньшей мере, в 300 городах и населенных пунктах требуется проведение антисейсмических мероприятий.

Вместе с тем, при инженерно-геологических изысканиях, предшествующих строительству, продолжают наблюдаться абсолютно безграмотные оценки сейсмической опасности, а также искажения расчетов, представленных картами ОСР-97. Многие нынешние общества с ограниченной ответственностью (ООО), создаваемые одним или несколькими физическими лицами и культивирующиеся на инженерно-геологическом поприще, вообще не обращают внимания на нормативные документы, а нередко и не знают об их существовании. К таким сообществам относятся, к сожалению, и некоторые мнимые научно-исследовательские институты, в том числе якобы сейсмологического профиля, создаваемые при самоорганизованных академиях наук и состоящие всего из нескольких предприимчивых лиц, а не из специалистов-геофизиков. Результаты таких «сейсмологических исследований» нередко граничат с фальсификацией научных знаний, а их последствия могут оказаться весьма трагическими.

Положение усугубляется отсутствием в стране должного контроля и координации исследований, выполняемых профессиональными сейсмологами и специалистами по сейсмостойкому строительству [5]. Одним из следствий сложившейся негативной ситуации является недостаточно высокое качество многих нормативных документов, а также отсутствие законодательно утвержденных технических регламентов, которые бы содержали обязательные для выполнения своды правил (СП) по инженерно-сейсмологическим изысканиям, понятные и специалистам по антисейсмическим мероприятиям. Действующие в настоящее время СНиП 11-02-96 и СП 11-105-97 [6, 7] не отвечают и не могут отвечать современным сейсмологическим требованиям, поскольку разработаны до выхода в свет карт ОСР-97, введенных в 2000 г. в новую редакцию СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах», а позже и в другие нормативные документы, призванные обеспечить сейсмическую безопасность строительных объектов разного типа.

Карты ОСР-97 составлены по новой методологии, которая принципиально отличается от всех предыдущих подходов к оценке сейсмической опасности и требует специального профессионального применения. К одному из многих фундаментальных новшеств ОСР-97 относится представление всего огромного массива унифицированных данных в цифровом электронном виде и обработка их специализированными программными средствами современных геоинформационных систем (ГИС) [8]. Новая и целостная методология, единая база данных (БД) и другие новации существенно отличают ОСР-97 от всех предыдущих приемов и способов, использовавшихся составителями прежних карт сейсмического районирования, в том числе и карты образца 1978 г., действовавшей до 2000 г., т.е. до утверждения ОСР-97. Особым достоинством новой методологии сейсмического районирования является и то, что теперь вместо одной и практически детерминистской карты стал применяться комплект вероятностных карт, предназначен-

ных для строительных объектов разных категорий и сроков службы.

Данная статья посвящена рекомендациям по устранению выявленных недостатков и формированию нового свода правил, а также по актуализации баз данных и карт ОСР-97, направленной на обновление, пополнение и детализацию геолого-геофизической информации о сейсмотектонике, сейсмогеодинамике и сейсмичности исследуемых территорий.

Как известно, прежние карты ОСР составлялись и обновлялись в среднем каждые 10 лет (1937, 1949, 1957, 1956, 1978 гг.). Однако фрагментарно они изменялись гораздо чаще, фактически после каждого сильного землетрясения, сейсмический эффект которого существенно превышал по своей интенсивности номиналы, указанные на этих картах. И хотя с картами ОСР-97 такого пока не произошло, во всех документах и публикациях по ОСР-97 всегда изначально сообщалось о необходимости их детализации и уточнения в более крупном масштабе [1-4].

Следует признать, что наиболее продвинутыми в определении сейсмической опасности и в использовании карт ОСР-97 являются специалисты ядерной отрасли [9], что нашло отражение в новых нормах НП-031-01 [10], выпущенных Госатомнадзором России в 2001 г. Согласно [10-12], сейсмическая опасность на площадке АЭС и интенсивность сотрясений при проектном (ПЗ) и максимальном расчетном (МРЗ) землетрясениях должны определяться путем уточнения ОСР-97 (УОСР), детализации геолого-геофизических и сейсмологических исходных данных и выполнения работ по сейсмическому микрорайонированию (СМР) с целью учета влияния на сейсмический эффект местных грунтовых условий. При этом отмечено, что на стадии разработки проекта (технического задания) сейсмическая опасность района принимается по карте ОСР-97В — для ПЗ и по карте ОСР-97D — для МРЗ.

В последнее время более высокие требования стали предъявляться к совершенствованию не только ядерных стандартов, но и обычных нормативных документов, призванных обеспечить сейсмическую безопасность строительных объектов любого типа [5, 13]. Следует также констатировать, что в настоящее время к разработке нового СП по инженерным изысканиям для размещения, проектирования и строительства атомных станций профессионально приступил ВНИИАЭС «Проектный Офис» Госкорпорации «Росатом». Более того, сейсмологами ИФЗ, составителями карт ОСР-97, совместно со специалистами ВНИИАЭС начата работа по детализации карты ОСР-97D (рис.1), предназначенной для АЭС и вошедшей в соответствующие нормативные документы [10-12]. Создание современного СП и актуализация карты ОСР-97D необходимы не только для АЭС, но и для гражданского и промышленного строительства. Дело в том, что все карты, входящие в комплект ОСР-97, в том числе и ОСР-97D, изначально созданы на одной и той же методологической основе и общей геолого-геофизической и сейсмологической базе унифицированных исходных данных для всей территории Российской Федерации, а указанная на всех картах сейсмическая интенсивность (в баллах шкалы MSK-64) отнесена к одним и тем же средним по сейсмическим свойствам грунтовым условиям (грунты 2-й категории по СНиП II-7-81*). Решив поставленные задачи по детализации и уточнению карты ОСР-97D, можно почти автоматически получить и уточнения для карт ОСР-97 (А, В, С), а также иные оценки сейсмического риска, а не только со стандартными вероятностями — 10 % (карта А), 5 % (карта В), 1 % (карта С) и 0.5 % (карта D).

Разрабатываемый ВНИИАЭС «Проектный офис» новый Свод правил развивает положения СНиП 11-02-96 [6] и устанавливает состав, объемы, методы и технологию производства инженерно-геологических и, в том числе, геолого-геофизических и сейсмологических изысканий.

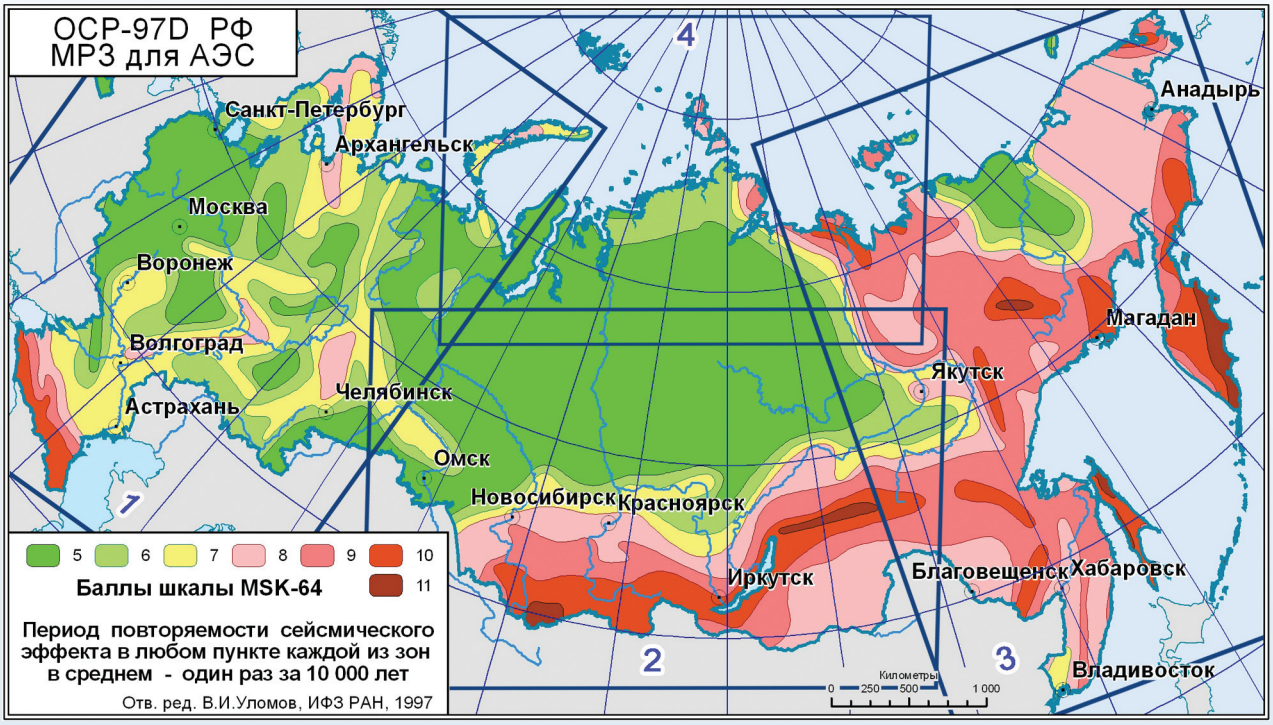

Рис.1

Как уже отмечено, новый СП, базирующийся в сейсмологическом отношении на технологии ОСР-97, должен найти применение и при разработке других сводов правил осуществления строительства в сейсмоактивных регионах Российской Федерации.

Прежде всего, во избежание путаницы, необходимо принять для всех нормативных документов и сводов правил единую и грамотную в сейсмологическом отношении терминологию. Это относится и к таким понятиям, как проектное (ПЗ) и максимальное расчетное (МРЗ) землетрясения, которые важно ввести и во все другие нормы и своды правил, а не только в атомные. Возможно, следует сохранить и другие уже устоявшиеся термины и аббревиатуры, хотя они и не всегда адекватно трактуются, но им необходимо придать приемлемое с сейсмологической точки зрения содержание. Ниже приведены некоторые из таких терминов и определений.

Повторяемость землетрясений — это сейсмический режим, характеризующийся частотой возникновения сейсмических событий разных магнитуд в конкретном объеме земных недр. Повторяемость сейсмической интенсивности (сотрясаемость) — это повторяемость сейсмического эффекта в конкретном пункте или на заданной площади земной поверхности.

Модель зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) (рис. 2) — это модель, источников землетрясений, имитирующая структуру, сейсмический потенциал и сейсмический режим основных структурных элементов зон ВОЗ, которыми являются: линеаменты, в генерализованном виде отображающие на земной поверхности оси трехмерных сейсмоактивных разломных или сдвиговых структур прямолинейной или почти прямолинейной формы; домены, охватывающие квазиоднородные в тектоническом и геодинамическом отношении объемы геологической среды, сплошь покрывающие территорию и характеризующиеся рассеянной сейсмичностью (т. е. не поддающейся на данном масштабном уровне структурированию); потенциальные очаги землетрясений (ПОЗ, фокусы), выявляемые путем поиска древних сейсмодислокаций, а также на основе других геолого-геофизических признаков.

Проектное землетрясение (ПЗ) — это максимальная интенсивность сейсмических сотрясений, выраженная в баллах, ускорениях или в других единицах, которая с определенной вероятностью может возникнуть в течение срока службы строительного объекта, но не причинить ему какие-либо существенные повреждения и не привести к остановке его функционирования.

Максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) — это максимальная расчетная интенсивность сейсмических сотрясений, выраженная в баллах, ускорениях или в других единицах, вероятность возникновения которой хотя и очень мала, но макросейсмические последствия могут оказаться значительными, вызвать существенные повреждения или частичную потерю устойчивости сооружения, но не привести к его обрушению и к серьезной угрозе для жизни и здоровья людей, для безопасности окружающей среды.

Сейсмическая опасность (СО) — это вероятность возникновения сейсмических воздействий определенной величины на заданной площади в течение заданного интервала времени. Сейсмические воздействия выражаются в баллах шкалы сейсмической интенсивности, в амплитудах колебаний грунта, их спектральном составе или иных характеристиках, используемых при проектировании зданий и сооружений.

Уточнение общего сейсмического районирования (УОСР) (рис.3) — это более детальные, по сравнению с ОСР-97, исследования сейсмоактивных территорий, результатом которых должно быть уточнение сейсмической опасности (УСО), основанное на уточнении модели исходной сейсмичности (УИС) и модели затухания интенсивности (УЗИ) с расстоянием. При этом обязательным является выполнение тех же нормативных требований, которые заложены в вероятностные оценки карт ОСР-97 (вероятности 10 %, 5 %. 1 % и 0.5 % возможного превышения номиналов карт в течение 50-летних интервалов времени).

Уточнение исходной сейсмичности (УИС) — уточнение разломно-блоковой линеаментно-доменно-фокальной (ЛДФ) модели зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) на основе более детальных исследований, по сравнению с исследованиями по созданию карт общего сейсмического районирования (ОСР-97). (УИС не относится непосредственно к оценке балльности, как это понималось прежде).

Уточнение сейсмической опасности (УСО) — это уточнение интенсивности максимальных сейсмических воздействий как для отдельных пунктов (УСО-1, вместо бывшего понятия УИС), так и для ограниченных территорий (УСО-2, аналог ДСР в вероятностном представлении), на основе уточнения модели исходной сейсмичности (УИС) и модели затухания сейсмической интенсивности с расстоянием (УЗИ).

При уточнении сейсмической опасности (УСО), независимо от того, рассматривается ли отдельная площадка (УСО-1) или территория (УСО-2), к исследованиям по УИС

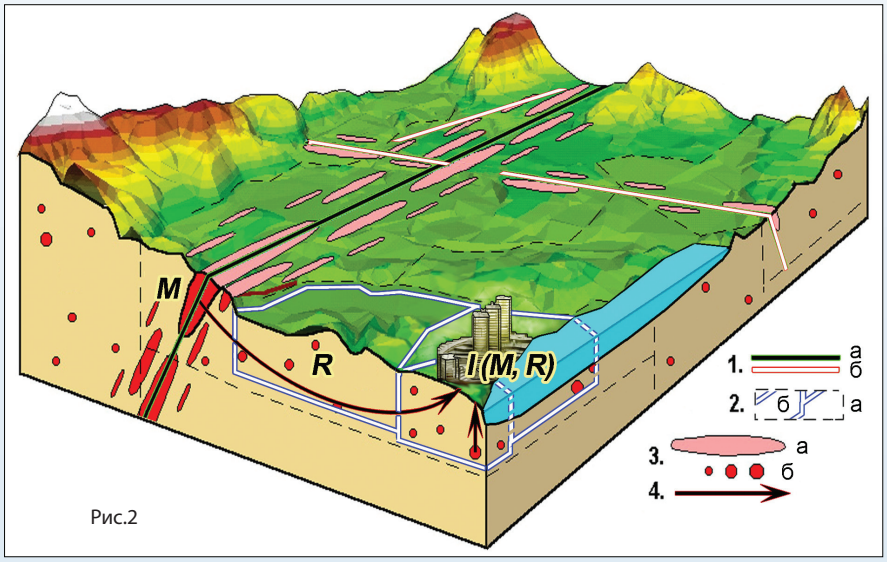

Рис.2

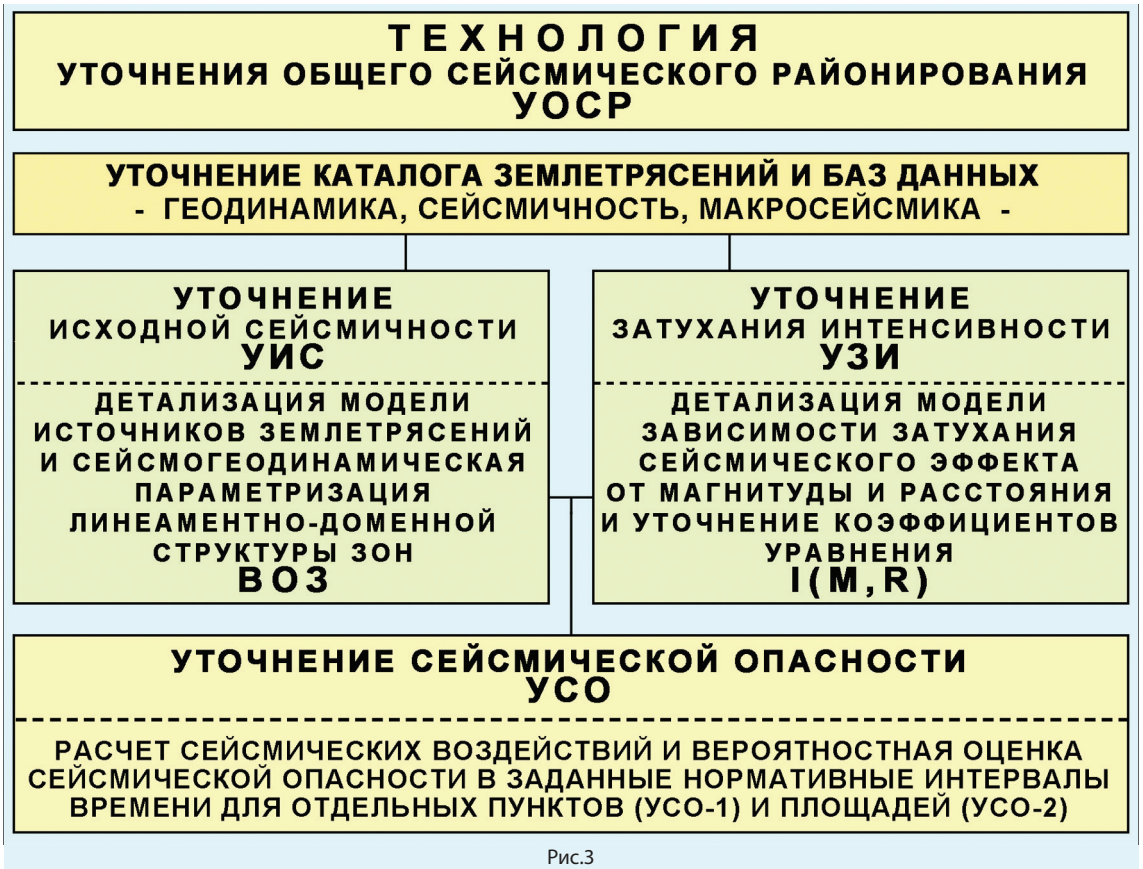

Рис.3

и УЗИ должна привлекаться достаточно большая площадь вокруг рассматриваемого объекта, зависящая от магнитуды максимального возможного землетрясения и эффективного затухания сейсмической интенсивности с расстоянием до площадки строительства. На основе всего комплекса уточненных данных должна создаваться модель (или несколько вариантов моделей) зон ВОЗ, представленных в виде достаточно хорошо выраженных разломных структур (линеаментов) и объемов (доменов) геологической среды со сходными по тектонике и геодинамике характеристиками. При этом, как и в модели зон ВОЗ в ОСР-97, домены должны без просветов сплошь покрывать всю исследуемую территорию и оконтуривать как сейсмоактивные, так и практически асейсмичные целиковые геоблоки, что важно для выбора менее опасных площадок (рис.2).

База исходных данных об уточненных параметрах выявленных линеаментов (разломов) и доменов должна быть представлена в формате БД ОСР-97, что необходимо для расчета сейсмической опасности по разработанной новой технологии [1, 2, 8], признанной на международном уровне [15, 16] и отмеченной Государственной премией 2002 г. Российской Федерации.

Атрибутивная таблица для ГИС должна включать: порядковые номера раздельно для линеаментов (*L*) и доменов (*D*); географические координаты концов линеаментов и их фрагментов (в т.ч. потенциальных очагов), изломов и изгибов контуров доменов (т.е. координаты углов многоугольников); максимальную ожидаемую магнитуду M_{max}, соответствующую магнитуде M_S, определенной по поверхностным волнам; среднегодовой поток *V* (частоту возникновения) сейсмических событий различной магнитуды, включая M_{max}, вдоль каждого из линеаментов и в пределах каждого из доменов (с указанием, нормирован или нет поток на единицу длины и площади); минимальную глубину верхней границы сейсмогенной структуры (верхняя граница консолидированной геологической среды) и максимальную глубину нижней границы (максимальная глубина гипоцентров землетрясений); средние квадратичные отклонения очагов землетрясений с различными магнитудами от осей линеаментов и от середины доменов; азимуты ориентации линеаментов и их фрагментов (в т.ч. потенциальных очагов), отсчитываемые от их северных концов; углы наклона (падения) плоскости линеаментов от горизонта; девиации угла наклона линеаментов; длину линеамента и площадь домена.

Основным фактором для УЗИ должно быть уточнение по обновленным эмпирическим данным уравнения *I*(*M*, h, r), характеризующего затухание в исследуемом регионе сейсмической интенсивности *I* в зависимости от магнитуды землетрясения *M*, глубины очага h (км) и эпицентрального расстояния r (км). При этом нужно иметь в виду, что современные уравнения затухания существенно отличаются от простейших формул, применяемых в прошлом и не учитывающих эффекты насыщения интенсивности вблизи очага и другие факторы, обусловленные геологической средой и объемными очагами крупных землетрясений [1, 2, 17].

К числу не менее важных технологических операций по УОСР, уточняющих количественные оценки ожидаемых сейсмических воздействий, относится также работа с отдельными потенциальными очагами землетрясений (ПОЗ), представляющими наибольшую сейсмическую опасность для конкретных строительных объектов. При этом оцен-

ка интенсивности сотрясений грунта на конкретной площадке обычно анализируется детерминистическими методами, которые в отличие от вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО), не учитывают частоту возникновения землетрясений и, следовательно, степень сейсмического риска. И если при ВАСО, примененном в ОСР-97, вероятностным образом рассматриваются альтернативные модели сейсмических очагов, периодов повторяемости землетрясений, затухания сейсмического эффекта, а также явные и случайные неопределенности, то детерминистический анализ сейсмической опасности (ДАСО) осуществляется путем оценки сейсмических воздействий от единичных очагов землетрясений, которые ожидаются в определенном месте (рис.2)

Вместе с тем, в ДАСО при расчетах теоретических (синтетических) акселерограмм, необходимых для анализа динамической реакции зданий и сооружений на сейсмические воздействия, наряду со структурно-динамическими параметрами ПОЗ (местоположение очага, его размеры и ориентация в пространстве, магнитуда, сейсмический момент), также учитывается и целый ряд геолого-геофизических сведений о среде, в которой распространяются сейсмические волны (спектральное затухание сейсмических волн с расстоянием, спектральное влияние реальных грунтов и другие факторы).

Поскольку детерминистские оценки сейсмического эффекта, получаемые по сценарным землетрясениям, являются консервативными, они нередко существенно завышают величину сейсмической интенсивности, получаемую вероятностными методами. В свое время автором был предложен достаточно простой способ перехода от ДАСО к вероятностным нормативным оценкам карт ОСР-97 путем анализа графиков ВАСО для заданных пунктов и площадок строительства [17] (рис.4-5). Для такого перехода, наряду с картами ОСР-97, представленными в целочисленных баллах, можно использовать карты периодов повторяемости сейсмических воздействий разной интенсивности, которые позволяют получить оценки, выраженные в десятичных долях балла. В 2000 г. такие карты для 7, 8 и 9 баллов были опубликованы в настенном варианте карт ОСР-97 в виде карт-схем в мелком масштабе [3]. В 2007 г. в рамках проекта «Создание электронной базы данных комплекта карт повторяемости сейсмических сотрясений различной интенсивности на земной поверхности Северной Евразии», входящего в состав фундаментальных исследований РАН по направлению «Электронная Земля», нами созданы такие карты в виде непрерывного рельефа. Они опубликованы не только в растровом формате, но и в виде электронных слоев в ГИС-технологии на портале Геофизического центра РАН (*http://eearth.wdcb.ru/shake-1.htm*).

Карты периодов повторяемости сейсмического эффекта различной интенсивности (карты сотрясаемости), построение которых предложено в работах [18, 19] и впервые реализовано нами в ОСР-97 по модифицированной методике, не менее важны для проектировщиков и строителей, чем сами карты сейсмического районирования. В частности, они могут быть использованы для вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО) при выборе иных величин периодов повторяемости сейсмического эффекта, а не только для фиксированных в ОСР-97 нормативных интервалов времени в 500 (карта А), 1000 (карта В), 5000 (карта С) и 10000 (карта D) лет. Кроме того, как уже сказано выше, с их помощью можно получать дробные, а не только целочисленные (как в ОСР-97), значения сейсмического эффекта, что необходимо при уточнении сейсмической опасности методами сейсмического микрорайонирования (СМР), когда для конкретных площадей определяются такие же дробные величины балльности, возникающие вследствие влияния конкретных грунтовых условий. Применяемые в прошлом приемы сложения или вычитания целочисленных поправок за влияния грунтов и целочисленных баллов карт ОСР приводило к чрезмерному завышению или занижению результирующих оценок.

На рис.4, в качестве примера практического использования карт сотрясаемости, приведен график, примененный нами для оценки сейсмических воздействий и определения величин дробных баллов для одной из площадок строительства на Черноморском побережье Северного

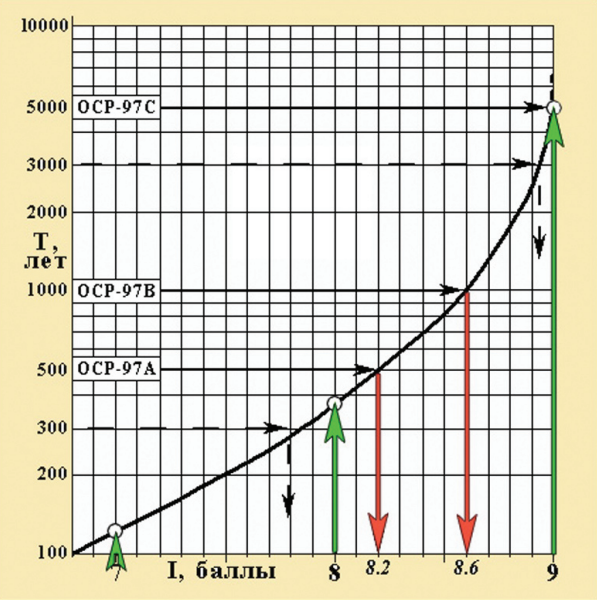

Рис.4

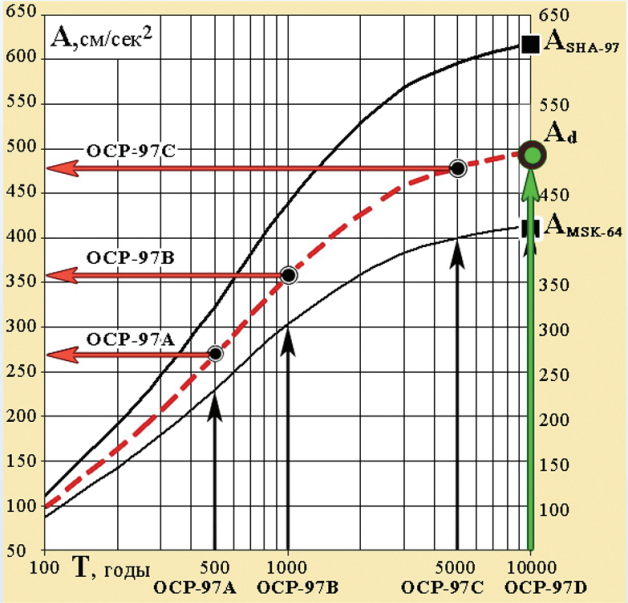

Рис.5

Кавказа. График построен по значениям периодов повторяемости для фиксированных 7, 8 и 9 баллов (вертикальные стрелки, направленные вверх). С этого графика (или аналитическим путем) снимаются дробные значения интенсивности для фиксированных нормативных периодов повторяемости 500, 1000 и 5000 лет, т.е. для карт ОСР-97А, ОСР-97В и ОСР-97С (горизонтальные стрелки). Как видно, в данном случае значения сейсмической интенсивности оказались равными 8.2 баллов для карты ОСР-97А, 8.6 баллов - для карты ОСР-97В и 9.0 баллов - для ОСР-97С. Пунктирными стрелками на рис. 4 показано, каким образом можно определять величину сейсмической интенсивности в случае выбора иного периода повторяемости (в данном примере это 300 и 3000 лет).

Другим применением карт сотрясаемости, как уже было упомянуто выше, является возможность пересчета оценок, полученных при ДАСО, в вероятностные величины, отвечающие нормативам карт ОСР-97. Эти величины могут быть выражены также в ускорениях сотрясений грунта и в иных количественных параметрах измерения сейсмических воздействий на здания и сооружения. Так, согласно [17], перевод сейсмической интенсивности (I, баллы) в пиковые ускорения (A, см/с^2) можно осуществлять по корреляционным формулам (1) и (2), лимитирующим нижний (1) и верхний (2) пределы величин ускорений.

$$A_{MSK-64} = 10^{0.301xI-0.107}. \quad (1)$$

$$A_{SHA-97} = 10^{0.333xI-0.222}. \quad (2)$$

Зависимость (1) предписана СНиП II-7-81* в соответствии со шкалой MSK-64 и принимается в качестве нижнего предела, а зависимость (2) была предложена автором этих строк для территории Северной Евразии при участии в создании в 1992-1999 гг. первой мировой карты глобальной сейсмической опасности [15]. Значения ускорений, определенные в реальных грунтовых условиях, обычно оказываются внутри интервалов значений (1) и (2).

На рис.5 зависимости A_{MSK-64} и A_{SHA-97}, связывающие величины ускорений с дробной балльностью, определенной по картам сотрясаемости для нормативных периодов повторяемости сейсмических воздействий в конкретном пункте от конкретного потенциального очага землетрясения, представлены двумя соответствующими графиками. Полученная расчетным путем по сценарному землетрясению экстремальная величина пикового ускорения A_d ожидаемых сейсмических воздействий отнесена к карте - ОСР-97D, отражающей повторяемость сейсмического эффекта за чрезвычайно длительный период времени - 10.000 лет, теоретически являющийся пределом для накопления упругих напряжений в литосфере из-за их релаксации.

Для АЭС и других объектов ядерно-радиационного комплекса ускорения A_d соответствует по интенсивности МРЗ. Тогда переход от МРЗ к ПЗ, т.е. к карте ОСР-97В, можно осуществить по формуле:

$$A_{p=5\%}^{OCP-97B} = (A_{max}^{OCP-97B} - A_{min}^{OCP-97B})\,(A_d - A_{min}^{OCP-97D})/ \\ / (A_{max}^{OCP-97D} - A_{min}^{OCP-97D}) + A_{min}^{OCP-97B}. \quad (3)$$

Здесь $A_{p=5\%}^{OCP-97B}$ – ускорения колебаний грунта для заданного пункта, соответствующие карте ОСР-97В (вероятность p=5%); $A_{max}^{OCP-97B}$, $A_{min}^{OCP-97B}$ – максимальные и минимальные ускорения, вычисленные по формулам (1) и (2) для заданного пункта путем пересчета в ускорения величин сейсмической интенсивности, выраженных в дробных баллах; $A_{max}^{OCP-97D}$ и $A_{min}^{OCP-97D}$ – то же самое для карты ОСР-97D; A_d – величина ускорения, полученная детерминистским путем на основе сценарного землетрясения и отнесенная к карте ОСР-97D.

По графику, изображенному пунктиром на рис.5, или аналитическим путем по формуле (3) определяются величины пиковых ускорений для нормативного периода T=1000 лет карты ОСР-97В (т.е. ПЗ). Подобные пересчеты приемлемы и для любых других периодов.

В случае гражданского и промышленного строительства, рассматриваемого в СНиП II-7-81*, допустимо принимать за максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) величину сейсмических воздействий с повторяемостью один раз за T=5000 лет (карта ОСР-97С) [18]. В таком случае карты ОСР-97А и ОСР-97В должны оценивать сейсмический эффект при проектных землетрясениях (ПЗ) в зависимости от категории ответственности и срока службы того или иного сооружения. Эти величины пиковых ускорений вычисляются по формулам (4) и (5), аналогичным (3):

$$A_{p=10\%}^{OCP-97A} = (A_{max}^{OCP-97A} - A_{min}^{OCP-97A})\,(A_d - A_{min}^{OCP-97C})/ \\ / (A_{max}^{OCP-97C} - A_{min}^{OCP-97C}) + A_{min}^{OCP-97A}, \quad (4)$$

$$A_{p=5\%}^{OCP-97B} = (A_{max}^{OCP-97B} - A_{min}^{OCP-97B})\,(A_d - A_{min}^{OCP-97C})/ \\ / (A_{max}^{OCP-97C} - A_{min}^{OCP-97C}) + A_{min}^{OCP-97B}. \quad (5)$$

Здесь $A_{p=10\%}^{OCP-97B}$ и $A_{p=5\%}^{OCP-97B}$ – ускорения колебаний грунта для заданного пункта с вероятностью их превышения p=10% и p=5%, соответствующей картам ОСР-97А и ОСР-97В; $A_{max}^{OCP-97A}$, $A_{min}^{OCP-97A}$, $A_{max}^{OCP-97B}$, $A_{min}^{OCP-97B}$ – максимальные и минимальные ускорения, вычисленные по формулам (1) и (2) для заданного пункта путем пересчета в ускорения величин сейсмической интенсивности, выраженной в баллах; $A_{max}^{OCP-97C}$ и $A_{min}^{OCP-97C}$ – то же самое для карты ОСР-97С; A_d – величина ускорения, полученная детерминистским путем на основе сценарного землетрясения и отнесенная в данном случае к карте ОСР-97С.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что предлагаемый способ перевода детерминистских расчетов в вероятностные оценки сейсмических воздействий является достаточно простым, но в определенной мере и приближенным. Например, пока остается открытым вопрос об изменении при такой процедуре конфигурации синтетических акселерограмм, их спектрального состава и т.п., поскольку фактически оцениваются лишь амплитуды (пиковые значения) этих величин. Более строгий пересчет одних величин в другие для любого конкретного пункта может быть осуществлен путем дезагрегации кумулятивных данных о сейсмическом эффекте, на основе которых построены карты ОСР-97 и карты сотрясаемости.

В заключение следует отметить, что в случае адекватного расчета синтетических акселерограмм и строгого учета влияния на сейсмический эффект грунтовых условий под площадкой строительства (толщина слоев, скорости распространения в них сейсмических волн, нелинейные и резонансные явления и др.), допускается не выполнять площадные исследования по СМР и ограничиться полученными таким образом «точечными» результатами. В этом случае СМР, по аналогии с ДСР и УИС-2, согласно указанным выше определениям, уподобляется УСО-1. При этом необходимо, чтобы как при ДСР, так и при СМР, оценивалась вероятность возникновения тех или иных сейсмических воздействий в заданные интервалы времени.

Выводы

С целью избежать некачественных оценок сейсмической опасности уникальных строительных объектов, проектирующихся в сейсмоактивных регионах Российской Федерации, категорически необходимо не доверять выполнение таких исследований непрофильным организациям и непричастным лицам.

Для адекватной оценки сейсмической опасности таких чрезвычайно ответственных строительных объектов, какими являются атомные станции, сверхвысокие здания, крупные гидротехнические сооружения и другие потенциально опасные объекты, необходима разработка современного свода правил (СП), адекватно регулирующего выполнение инженерно-геологических и инженерно-сейсмологических изысканий в сейсмоактивных регионах.

С целью актуализации и детализации действующих карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97) требуется пополнение базы исходных данных обновленными сведениями о тектонике, геодинамике и сейсмичности регионов, а сама актуализация должна базироваться на общепринятой современной технологии ОСР-97 и упорядоченной терминологии для всех нормативных документов.

Для осуществления полноценного контроля качества исследований по определению степени сейсмической опасности необходимо создать при Госкорпорации «Росатом» и Минрегионе России специализированные постоянно действующие контрольные органы по сейсмическому районированию и сейсмостойкому строительству, подобные тому, который был неоправданно ликвидирован правительством России в 2004 г.

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., Шумилина Л.С. Проблемы сейсмического районирования территории России. — М.: ВНИИНТПИ Госстроя России. 1999. 56 с.

3. Сейсмическое районирование территории Российской Федерации — ОСР-97. Карта на 4-х листах (Гл. ред. Страхов В.Н., Уломов В.И.), ОИФЗ РАН. — М.: НПП Текарт, 2000.

4. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. 2000.*

5. Уломов В.И. Сейсмическая опасность и актуализация инженерных решений.//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008, № 3, с.16-21.

6. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

7. СП 11-105-97. Часть I. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.

8. Уломов В.И. О программно-математическом обеспечении построения карт вероятностного сейсмического районирования по методологии ОСР-97./Геофизические исследования: сб. научн. тр. Институт физики Земли РАН. — Вып. 7. — М.: ИФЗ РАН, 2007, с.29-52.

9. Калиберда И.В., Бугаев Е.Г., Бедняков В.Г., Лавров И.М., Фихиева Л.М. и др. Некоторые итоги обеспечения сейсмостойкости АЭС в России.//Вестник Госатомнадзора России, № 2, 2004, с.7-15.

10. НП-031-01. Нормы сейсмостойкого проектирования атомных станций. 2001.

11. НП-032-01. Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности. 2001.

12 РБ-019-01. Оценка сейсмической опасности участков размещения ядерно- и радиационно-опасных объектов на основании геодинамических данных. 2002.

13. Differences in approach between nuclear and conventional seismic standards with regard definition. // NEA/CSNI/R (2007) 17. 01-Feb-2008, 98 p.

14. ПН АЭ Г- 5-006-87. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.

15. The Global Seismic Hazard Assessment Program: 1992-1999. // Annali. Geofis. Vol. 42, 1999.

16. Shumilina L.S., Gusev A.A., Pavlov V.M. An improved technique for determination seismic hazard. // Journal of Earthquake Prediction Research. SSB-Beijing. China. UIPE-Moscow. Russia. Vol. 8, № 2, 2000, pp.104-110.

17. Уломов В.И. Вероятностно-детерминированная оценка сейсмических воздействий на основе карт ОСР-97 и сценарных землетрясений. // Сейсмостойкое строительство. 2005, №4, с.60-69.

18. Ризниченко Ю.В. От активности очагов землетрясений к сотрясаемости земной поверхности. // Известия АН СССР, Физика Земли, 1965, №11, с.1-12.

18. Cornell C.A. Engineering risk in seismic analysis. // Bull. Seism. Soc. Am. 54, 1968, pp.1583-1606.

Материалы хранятся по адресу:
123995, Москва, ул.Большая Грузинская, 10,
тел.: (495) 254-93-05, e-mail: ulomov@ifz.ru.

Рис. 1. Карта ОСР-97D, предназначенная для АЭС, отвечающая требованиям МАГАТЭ и характеризующая максимальные расчетные землетрясения (МРЗ) с повторяемостью сейсмических воздействий в среднем один раз за 10000 лет. Перекрывающимися прямоугольниками оконтурены региональные листы карты территории РФ, для которых должна производиться работа по УОСР.

Рис. 2. Иллюстрация техники уточнения исходной сейсмичности (УИС) на основе объёмной линеаментно-доменной модели зон ВОЗ и технологии ОСР-97. 1.- оси генерализованных линеаментов, характеризующихся землетрясениями с магнитудой M=6.0±0.2 и более (а), и разломы (б), генерирующие землетрясения с минимальной представительной магнитудой и выявленные в результате детальных исследований с целью УИС; 2. - контуры доменов модели зон ВОЗ в технологии ОСР-97 (а) и уточненные объемы доменов, характеризующиеся рассеянными очагами землетрясений малых магнитуд; 3. - очаги землетрясений с M=7.0±0.2 и выше (а) и с M=6.5±0.2 и менее (б); 4. - направление распространения сейсмических волн от удаленного крупного очага землетрясения и от небольшого, но расположенного под строительным объектом.

Рис. 3. Технология уточнения общего сейсмического районирования территории Российской Федерации.

Рис. 4. Техника пересчета целочисленных баллов в дробные величины.

Рис. 5. Иллюстрация пересчета экстремальных детерминистских оценок в вероятностные, соответствующие нормативным картам ОСР-97.