

КЕНДЗЕРА А.В.Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
г. Киев, Украина

УДК 550.36

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Ключевые слова: : прогнозирование, сейсмическая защита, сейсмический риск.

Розглянуто стан методичного забезпечення задач прогнозування наслідків землетрусів. Показано, що основою сейсмічного захисту повинно стати впровадження сейсмостійкого будівництва на базі об'єктивних знань про кількісні параметри сейсмічної небезпеки на конкретних будівельних майданчиках.

Рассмотрено состояние методического обеспечения задач прогнозирования последствий землетрясений. Показано, что основой сейсмической защиты должно стать внедрение сейсмостойкого строительства на базе объективных знаний о количественных параметрах сейсмической опасности на конкретных строительных площадках.

The state of the methodological support of forecasting earthquakes is approved. It is shown that the basis of seismic protection should be the introduction of earthquake engineering on the basis of objective knowledge about the quantitative parameters of seismic hazard at concrete building sites.

По данным ООН [1] сейсмические катастрофы составляют около 51% от общего числа катаклизмов и доминируют в ряду различных природных катастроф. Проблема сейсмической защиты стремительно растет с увеличением техногенной нагрузки и растущей урбанизацией сейсмических территорий. В условиях значительной изношенности основных фондов в различных отраслях народного хозяйства существенно увеличились риски, связанные с опасными воздействиями землетрясений, что, в свою очередь, повышает уровень техногенной опасности. Сопровождаемые оползнями, обвалами, селями и другими опасными явлениями, даже небольшие землетрясения могут вызвать тяжелые материальные и социальные последствия.

Прогнозирование последствий будущих землетрясений является важным вопросом, надежное практическое решение которого возможно только при объединении знаний геологов, геофизиков, гидрогеологов, сейсмологов, геотехников, а также проектировщиков и строителей сейсмостойких зданий и сооружений.

Граждане страны имеют право на защиту жизни и здоровья от последствий природных и тесно связанных с ними техногенных катастроф, в т. ч. землетрясений. Обеспечивать его реализацию в пределах своей компетенции должны все субъекты государственной власти и хозяйствования на территории страны. Однако для успешного выполнения ими своих обязанностей, сейсмологи должны представить информацию, от чего нужно защищаться. На основании этих данных проектировщики и строители, применяя технические мероприятия сейсмической защиты адекватные уровню существующей опасности, должны обеспечить сейсмостойкость жилья и промышленных сооружений.

При прогнозировании последствий землетрясений, главным является вопрос о том, что произойдет с конкретным объектом при максимальном землетрясении,



Рис. 1. Составляющие сейсмического риска

которое может реализоваться с заданной вероятностью не превышения за условный период, в качестве которого, как правило, принимают 50 лет.

Вероятностная оценка относительных потерь стоимости объекта в результате разрушения, либо потери функциональных способностей, называется сейсмическим риском. Как видно из рис. 1, сейсмический риск состоит из сейсмической опасности и сейсмической уязвимости объекта.

Сейсмическая опасность является вероятностной оценкой возникновения в заданной точке максимальных сейсмических сотрясений (колебаний), вызываемых землетрясениями из опасных для площадки зон возможного возникновения очагов землетрясений. Оценка выражается в баллах макросейсмической шкалы, либо в ускорениях. Наиболее полно ее описывают с помощью расчетных акселерограмм.

Сейсмическая уязвимость объекта характеризует его способность противостоять сейсмическим воздействиям различной величины, включая воздействия, определяемые сейсмической опасностью площадки его размещения. Количественная оценка сейсмической уязвимости является вероятностной и определяется для проектируемых зданий и сооружений с помощью теоретических расчетов, либо с помощью физического моделирования. На существующих объектах сейсмическую уязвимость надежнее всего определять с помощью экспериментальных инженерно-сейсмометрических наблюдений. В идеале, уязвимость должна представляться в виде вероятностных кривых, на которых относительная степень повреждений (потери функциональных качеств) зависит от различных характеристик сейсмической опасности.

Сейсмическая опасность является объективной характеристикой участка территории. Она зависит от природных условий участка: сейсмичности территории, расстояния до очаговых зон, параметров максимальных землетрясений, способных реализоваться в этих зонах, их повторяемости во времени, местных грунтовых условий, рельефа, наличия разломных тектонических структур, спектрального состава колебаний и др. факторов.

Уровень сейсмической опасности определяется с помощью комплекса геофизических методов в рамках работ по: общему сейсмическому районированию (ОСР) территории страны, детальному сейсмическому районированию (ДСР) отдельных её районов и сейсмическому микрорайонированию (СМР) площадок размещения объектов.

Работы по ОСР в настоящее время базируются на методических разработках, выработанных в процессе реализации международной программы «Global Seismic Hazard

Assessment Program» (GSHAP) [2-6]. Вероятностные карты общего сейсмического районирования территории Украины ОСР-2004 (А, В и С) вошли составной частью, как Приложение "Б", в Государственные строительные нормы ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины» [7]. Зоны сейсмической балльности на картах А, В и С соответствуют 90%, 95% и 99% вероятности не превышения прогнозируемой интенсивности сейсмических сотрясений в ближайшие 50 лет.

Сравнивая карты ОСР-2004 с картой общего сейсмического районирования СР-78 [8], которая действовала на территории Украины с 1978 до 2007 года, легко видеть, что для ряда районов Украины реальная сейсмическая опасность на старой карте была занижена. Следует отметить, что для ряда других территорий СССР на этой карте, как следует из анализа землетрясений в Спитаке (Армения), Рачеджава (Грузия), Газли (Казахстан) и Северо-Сахалинске (Россия), реальная сейсмическая опасность была занижена на 1-2 балла, что привело к гибели людей и значительным материальным потерям. Отметим также, что катастрофическое землетрясение 12.05.2008 г. в Китае и 12.01.2010 г. в Гаити также вызвали гибель десятков и сотен тысяч человек и нанесли огромные потери экономике этих стран из-за того, что прогнозируемая (нормативная) сейсмическая опасность на картах ОСР их территорий оказалась на 2 бала ниже, чем реально зафиксированная в эпицентральной зоне.

С целью обеспечения максимальной безопасности, особо ответственные объекты, в частности украинские АЭС, размещались в тектонически стабильных районах - на платформе. Ранее считалось, что такое размещение практически гарантирует отсутствие опасных геодинамических воздействий на эти объекты. Но, данные о местных землетрясениях с очагами на древних платформах планеты, в т. ч. на Восточноевропейской платформе, показали, что пренебрегать геодинамической активностью, и, в частности, сейсмотектонической активностью, платформенных областей нельзя [9, 10].

Результаты по статистике сейсмического режима, полученные в последние годы известным сейсмологом Я. Каганом, на основании анализа каталогов землетрясений, позволили ему сделать заключение об универсальности параметров графика повторяемости для континентальных областей. Сейсмичность различных континентальных областей различается только интенсивностью потока землетрясений - средним числом событий в единицу времени [11]. Спецификой "асейсмичных" областей, в рамках этой модели, является не меньшая величина возможных сильнейших землетрясений, а больший период повторяемости таких событий. Вывод Я.Кагана подкреплен ссылками на данные о палеоземлетрясениях и о величинах тектонических деформаций во внутриконтинентальных областях. Изучение параметров сейсмического режима платформенных областей требует либо достаточно длительного времени производства наблюдений существующей сетью сейсмических станций, либо существенного сгущения сети, что позволит надежно фиксировать более слабые землетрясения, которые происходят гораздо чаще.

Учитывая вышесказанное, актуальным и жизненно необходимым является изучение сейсмостойкости существующих зданий и сооружений в районах, где сейсмическая опасность по новой карте ОСР-2004 оказалась выше указанной на старой нормативной карте СР-78.

При этом исходными данными должны служить материалы инструментальных наблюдений местных и телесейсмических землетрясений на сейсмических станциях, ближайших к исследуемым сооружениям.

В то же время, следует отметить, что оценка сейсмической опасности в терминах ускорений колебаний грунта (например, в долях ускорения силы тяжести), вследствие большого разброса значений пиковых ускорений при одной и той же интенсивности сейсмических сотрясений, не может быть надежно определена на стадии общего (ОСР) и детального сейсмического районирования (ДСР). Балльность землетрясения зависит не только от параметров источника: магнитуды, размеров, глубины, тензора сброшенных напряжений, диаграммы направленности излучения из очага - но и, например, от конструктивной интерференции, создающей условия для возникновения стоячих волн, а также от сочетания спектрального состава колебаний грунта и собственных частот расположенных на нем объектов. В связи с этим, расчетные пиковые ускорения грунта, форму, длительность и спектральный состав колебаний определяют с помощью исследований по сейсмическому микрорайонированию (СМР) конкретных площадок.

Ценность карт ОСР в терминах ускорений, построенных с предположением о пропорциональной зависимости между сейсмической балльностью и пиковыми ускорениями, ничем не превышает ценности карт, построенных в терминах сейсмической балльности. Более того, последние действительно лучше отображают реально наблюдаемые макросейсмические эффекты.

Существующие в мире современные научно обоснованные методики прогнозирования последствий землетрясений и сейсмической защиты включают: установление количественных значений параметров реальной

сейсмической опасности; снижение уязвимости зданий и сооружений путем повышения сейсмостойкости существующих и сейсмостойкого проектирования новых; разработку и введение в действие норм сейсмостойкого строительства, которые соответствуют реально существующей сейсмической опасности и учитывают последние достижения в области сейсмостойкого строительства; введение государственного и общественного контроля сейсмостойкого проектирования и строительства, а также реальной сейсмостойкости существующих зданий и сооружений; повышение осведомленности населения в вопросах защиты от землетрясений путем образования и тренингов; оперативное оповещение о факте возникновения сильного землетрясения и быстрое реагирование на него; оказание помощи пострадавшему населению; страхование от последствий стихийных бедствий, в том числе от землетрясений.

Основной концепцией сейсмической защиты в Украине должно стать внедрение сейсмостойкого проектирования и строительства жилья и промышленных объектов на базе объективных знаний о количественных параметрах реально существующей сейсмической опасности в районах их размещения и на конкретных строительных площадках. Знание количественных параметров сейсмической опасности, наряду с надежными данными о сейсмической уязвимости зданий, необходимы для сейсмостойкого проектирования новых объектов и выработки мер по снижению сейсмического риска уже существующих. Крайне необходимым является дальнейшее развитие национальной сейсмологической сети Украины, как основного источника объективных данных для обеспечения оптимального сейсмостойкого проектирования и строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРИ

1. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives - Preliminary version. - Geneva: ADRC, ISDR, UN, WMO; 2002. - 384 p.
2. Global Seismic Hazard Assessment Program. - *Annali di Geofisica*, Spec. issue: Technical Planning Volume of the ILP's. XXXVI, 3-4, 1993. - 257 p.
3. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. - М.: ИФЗ РАН: Вып.1. -1993. - 303 с., Вып. 2-3. - 1995. - 490 с.
4. Гусев А.А. Новый подход к расчетам повторяемости сейсмического воздействия с целью построения карт сейсмического районирования / Гусев А.А., Павлов В.М., Шумилина Л.С. // Современная сейсмология: достижения и проблемы. Научная конференция РФФИ, ИГК РФ, ИС РАН по проблемам международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий. - М.: 7-9 октября 1998 г. - 26 с.
5. Ulomov V., Shumilina L., Trifonov V., Kronrod T., Levi K., Zhalkovsky N., Imaev V., Ivastchenko A., Smirnov V., Gusev A., Balassanian S., Gassanov A., Aysberg R., Chelidze T., Kuzskeev A., Turdukylov A., Drumya A., Negmatullaev S., Ashirov T., Pustovitenko B., Abdullabekov K. Seismic hazard of Northern Eurasia. - *Annali di Geofisica*. Vol.42, - № 6, - 1999. -P.1023-1038.
6. Giardini D., Grünthal G., Shedlock K., Zhang P. The GSHAP Global Seismic Hazard Map. - *Annali di Geofisica*. Vol. 42, № 6, 1999. - P.1225-1230.
7. Строительство в сейсмических районах Украины: ДБН В.1.1-12:2006. - К: Минстрой Украины, 2006. - 84 с.
8. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. / В.И.Бунэ, Г.П.Горшков - М.: Наука, 1980. -308 с.
10. Ананьин И.В. Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформы и Урала // Комплексная оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 32. - М.: Наука, 1991. - С.106-125.
11. Морозов В.Н., Родкин М.В., Татаринцов В.Н. К проблеме геодинамической безопасности объектов ядерно-топливного цикла - М.: Геофизический центр РАН, 2012: <http://www.wdcb.ru/mining/articles/paper1.html>
12. Kagan Y.Y. Universality of the seismic moment-frequency relation. - *Pure and Appl. Geoph.*, Vol.155, 1999. - P.537-573.