

К ПУБЛИКАЦИИ ФРАГМЕНТОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ EMS-98

В настоящем номере начинается публикация фрагментов Европейской макросейсмической шкалы EMS-98.

В соответствии с принятой в России практикой и существующими нормативными документами сейсмическая опасность территорий при всех видах сейсмического районирования – общем, детальном и микрорайонировании – оценивается в баллах макросейсмической интенсивности. В качестве "измерительного инструмента" для этого используется шкала макросейсмической интенсивности. Европейская макросейсмическая шкала EMS-98, перевод отдельных разделов которой на русский язык представлен в этом номере журнала, вызывает огромный интерес у российских специалистов, так или иначе связанных с оценкой сейсмической опасности территорий и повышением уровня безопасности населения и материальных ценностей, – в первую очередь сейсмологов, инженеров-строителей, представителей страховых компаний и лиц, принимающих решения.

Это объясняется по крайней мере двумя причинами: во-первых, в процессе разработки этой шкалы, в котором участвовали ведущие специалисты многих стран – как сейсмологи, так и инженеры-строители – был обобщен весь мировой опыт разработки и применения подобных шкал, и, во-вторых, резолюцией XXV Генеральной ассамблеи Европейской сейсмологической комиссии (ЕСК) EMS-98 рекомендована для использования в пределах государств-членов ЕСК. Иными словами, в настоящее время при оценках сейсмической опасности различных территорий Европы EMS-98 выполняет в определенной степени роль стандарта, а с учетом огромного интереса к ней и со стороны многих неевропейских государств уже сейчас можно говорить об этой шкале как о международной, широко используемой по всему миру.

Повышенный интерес российских специалистов к EMS-98 связан еще и с тем, что в нашей стране нормативная макросейсмическая шкала была принята более 50 лет назад и относится лишь к интервалу интенсивности от VI до IX баллов. За это время несколько раз изменялись СНиПы, принимались новые карты общего сейсмического районирования, достигнуты

существенные успехи в создании шкал нового поколения, принципиально изменился характер застройки населенных пунктов России, широко внедрены принципы сейсмостойкого строительства, а один из важнейших составных элементов общего процесса обеспечения сейсмобезопасности населения и материальных ценностей России – шкала макросейсмической интенсивности остается неизменной!

Поэтому в последнее время вопрос принятия отвечающей новым реалиям нормативной макросейсмической шкалы привлекает к себе все большее внимание специалистов различного профиля. В качестве одного из вариантов новой шкалы многими как раз и предлагается использование, по крайней мере как основы, EMS-98. Достоинства такого решения очевидны: российские специалисты, во-первых, получают хорошо проработанную шкалу без значительных дополнительных материальных и трудовых затрат на ее разработку, и, во-вторых, – и это, возможно, главное – в области макросейсмических исследований будут «говорить с Европой на одном языке».

Для принятия обоснованного решения важно четко обозначить основные достоинства и недостатки этой шкалы, сравнить ее с возможными альтернативными подходами и основными тенденциями развития макросейсмических шкал во всем мире, в первую очередь в нашей стране.

Необходимость детального обсуждения шкалы EMS-98 усугубляется критикой, которой подвергнут ряд ее положений в некоторых работах. Шкала действительно имеет ряд особенностей и инноваций, которые могут показаться спорными.

Через некоторое время, после приобретения необходимого опыта использования шкалы EMS-98 на территории России, следует, по-видимому, провести широкое обсуждение проблем принятия новой нормативной шкалы. Эффективным способом такого обсуждения может стать дискуссия на страницах журнала "Вопросы инженерной сейсмологии".

*Редакторы перевода
А.Я. Сидорин, В.И. Уломов*

ЕВРОПЕЙСКАЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА EMS-98. ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

В 1996 г. на XXV Генеральной ассамблее Европейской сейсмологической комиссии (ЕСК) в Рейкьявике была представлена новая Европейская макросейсмическая шкала, рекомендованная для применения в странах-участницах ЕСК. С тех пор она используется практически во всех сейсмоактивных регионах мира. Хотя EMS-98 не предназначена (и не может быть предназначена) для замены всех концептуальных положений традиционных шкал, она по крайней мере часто включает их в рассмотрение.

Следует подчеркнуть, что EMS-98 – первая шкала интенсивности, ориентированная на сотрудничество между инженерами и сейсмологами. Инженерный опыт требуется для правильной оценки степени повреждений зданий даже традиционных типов, но особенно он необходим при обследовании современных строений, тем более сейсмостойких сооружений.

С 1993 г. новая шкала, включая пробную версию 1992 г. (EMS-92), используется при изучении последствий почти всех важнейших землетрясений по всему миру. Оценки интенсивности по EMS-98 хорошо согласуются с оценками по предыдущим шкалам в случаях, когда те применялись правильно. В целом использование шкалы EMS-98 не проще, чем других шкал, но получаемые при этом оценки интенсивности по крайней мере менее субъективны.

Макросейсмические исследования в 1960-х годах и вплоть до середины 1970-х были в упадке в связи с бурным развитием инструментальной сейсмологии. Однако с тех пор интерес к ним пережил новый бум. Оценка сейсмической опасности и другие проблемы, связанные с макросейсмическими исследованиями исторической сейсмичности, приобрели важнейшее значение. Макросейсмические исследования современных землетрясений жизненно важны для правильной калибровки данных исторических землетрясений, оценки локальных законов затухания, уязвимости сооружений и сейсмического риска. Благодаря ясным количественным соотношениям между степенью повреждений и определенным классом уязвимости зданий, очень скоро выявилась полезность EMS-98 как средства перехода от сейсмической опасности к оценке сейсмического риска.

Мне особенно приятно представить издание шкалы EMS-98 на русском языке. Это связано с моим глубочайшим признанием вклада россий-

ских, а ранее советских, ученых в развитие сейсмологии и особенно макросейсмологии. Наши покойные коллеги С.В. Медведев и Н.В. Шебалин сыграли в этом особую роль.

С.В. Медведев – один из известных составителей шкалы MSK-64 (названной так по именам ее создателей С.В. Медведева, В. Шпонхойера и В. Карника), которая была использована как основа для EMS-98. Первоначально предполагалось, что новая шкала станет лишь обновленной версией шкалы MSK-64, но нововведения оказались столь значительными, что по решению ЕСК ей было присвоено новое название. Пробная версия шкалы (EMS-92) включала краткое описание истории развития макросейсмических шкал, поэтому в EMS-98 этот раздел отсутствует. В соответствии с пожеланием редакторов русского перевода мною в настоящее издание включено Приложение, содержащее краткий экскурс в историю развития макросейсмических шкал.

Необходимо отметить, что EMS-98 – это продукт коллективной работы. Существенные ее разделы соединили воедино три редактора – Р.М.В. Массон, Дж. Шварц и М. Стукки, но этому предшествовал процесс обмена идеями и борьбы за удовлетворительное решение проблем, в который были вовлечены многие ученые. Они упомянуты в водной части настоящего издания.

Из советских участников в свое время особенно ценные замечания были получены от Н.В. Шебалина, частично переданные его коллегами А.А. Романом и В.И. Шумилой, а в части, касающейся корректного учета степени повреждений, – от А.С. Таубаева и Е.Т. Кенжебаева. Вклад российских, а ранее советских, ученых в создание EMS-98 специально подчеркнут в настоящем издании. Моя искренняя признательность также редакторам А. Сидорину и В. Уломову за их инициативу по осуществлению этого издания.

Пусть российское издание EMS-98 внесет вклад в ее широкое распространение в русскоговорящей среде, а опыт ее применения послужит развитию макросейсмических исследований. Это будет способствовать уменьшению ущерба от землетрясений.

Г. Грюнталь

*Председатель Рабочей группы ЕСК
“Макросейсмические шкалы”.*

*Редактор Европейской макросейсмической
шкалы 1998 г. (EMS-98)*

ЕВРОПЕЙСКАЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА EMS-98.

ВВЕДЕНИЕ

Новая шкала была рекомендована XXIII Генеральной ассамблеей ЕСК в 1992 г. для использования в течение трех лет параллельно с существующими шкалами. Это было сделано для того, чтобы накопить опыт использования шкалы в реальных условиях, особенно наиболее новых ее разделов, в частности, по классам уязвимости и стандартным сооружениям. Испытания не были ограничены территорией Европы. Среди основных землетрясений, анализ последствий которых использовался для совершенствования шкалы EMS-92, были следующие: в Рурмонде (Нидерланды, 1992 г.), Киларни (Индия, 1993 г.), Нортридже (США, 1994 г.), Кобе (Япония, 1995 г.), Эйоне (Греция, 1995 г.), Карьяко (Венесуэла, 1997 г.) и Центральной Италии (1997–1998 гг.).

Этапы создания первой версии EMS, подготовленной в 1992 г., рассмотрены во “Введении” к ней; здесь же приводятся общие цели внедрения в практику новой макросейсмической шкалы и дается краткий обзор основных нововведений, использованных в шкале EMS-98 по сравнению с пробной версией EMS-92.

Основой для создания EMS была шкала MSK, которая сама является модификацией, базирующейся на опыте, имевшемся в начале 1960-х в результате применения шкалы Меркалли–Канкани–Зибера (MCS), Модифицированной шкалы Меркалли (MM-31 и MM-56) и шкалы Медведева, известной с 1953 г. как шкала ГЕОФИАН. Очень небольшие изменения шкалы MSK-64 были предложены С.В. Медведевым в 1976 и 1978 гг. К тому времени многим пользователям стало очевидно, что шкала нуждается в некоторых уточнениях, большей ясности и возможности включения в нее сооружений, возводимых с использованием новых методов строительства. Проблемы, возникающие при применении шкалы MSK-64, были проанализированы на специальной встрече экспертов в Йене в марте 1980 г. (эти материалы совместно с более ранними предложениями С.В. Медведева были опубликованы в журнале “Gerlands Beitrage zur Geophysik” в

1981 г.). Рекомендации этой группы экспертов по изменению шкалы в целом имели незначительный характер. Их версия шкалы послужила исходной основой для деятельности Рабочей группы.

Одно из основных условий при создании новой шкалы состояло в неизменности ее внутренней согласованности. Несоблюдение указанного условия привело бы к отличию оценок интенсивности по этой шкале от более ранних результатов, полученных на основе широко распространенных 12-балльных шкал, и потребовало бы пересмотра всех ранее сделанных оценок интенсивности. Этого нужно было избежать любой ценой, поскольку в противном случае могла возникнуть полная путаница во всех исследованиях сейсмичности и сейсмической опасности, которые базируются главным образом на макросейсмических данных.

Другими общими свойствами и принципами шкалы, признанными основополагающими при ее усовершенствовании, были следующие:

- устойчивость шкалы, т.е. незначительные различия в способе диагностики интенсивности не должны приводить к большим различиям в оценках интенсивности. К тому же сама шкала должна пониматься и использоваться как компромиссное решение, так как нельзя надеяться, что какая-нибудь шкала интенсивности может охватить все возможные в практике сейсмологических исследований расхождения, связанные с разными способами диагностики;
- учет того обстоятельства, что различия между способами диагностики могут отражать различия культурных условий в тех регионах, где используется шкала;
- простота использования;
- отказ от любых исправлений оценок интенсивности за счет грунтовых условий или геоморфологических эффектов, потому что детальные макросейсмические наблюдения как раз и должны быть инструментом для обнаружения и изучения таких локальных эффектов усиления интенсивности;

- оценки интенсивности следует рассматривать в качестве представительных для какого-нибудь поселка, маленького городка или части большого города вместо определения интенсивности в точке (например, для одного дома и т.п.).

На основе перечисленных положений Рабочая группа “Макросейсмические шкалы” должна была решить следующие конкретные задачи:

- включить в шкалу новые типы зданий, особенно спроектированные с учетом сейсмических воздействий, которые не охвачены существующими версиями шкалы;
- разобраться с поднимавшейся проблемой нелинейности шкалы на стыке баллов VI и VII (эта проблема – как выяснилось после тщательного обсуждения при подготовке EMS-92, а также EMS-98 – оказалась надуманной);
- сделать более понятными формулировки шкалы;
- определить допущения, которые должны быть сделаны для включения высоких зданий в процедуру оценки интенсивности;
- решить, следует ли включать в шкалу руководство по корреляции интенсивности с физическими параметрами сильных движений, в том числе с их спектральными представлениями;
- создать шкалу, которая удовлетворяла бы требованиям не только сейсмологов, но и инженеров-строителей и других возможных пользователей;
- создать шкалу, которая подходила бы также для оценки интенсивности исторических землетрясений;
- критически пересмотреть целесообразность использования макросейсмических проявлений на земной поверхности (камнепады, трещины и т.д.) и эффектов сейсмических воздействий на подземные сооружения.

Термин “макросейсмическая интенсивность” используется здесь исключительно как классификация силы сейсмических сотрясений на основе эффектов, наблюдаемых в ограниченной области.

Члены Рабочей группы признают, что 12-балльные макросейсмические шкалы – это фактически 10-балльные шкалы; т.е. интенсивность I (1 балл) означает, что никакие эффекты не наблюдались, а интенсивности XI и XII баллов, кроме их очень ограниченной практической важности, трудно различимы. Если учесть

редкое практическое использование интенсивностей II и XI баллов, а также тот факт, что интенсивность XII баллов определяет максимальные эффекты, которые едва ли могут произойти в действительности, шкала в результате оказывается даже 8-балльной. Но, как упомянуто выше, для предотвращения возможности какой-либо путаницы классическая градация шкалы сохранена.

Серьезные проблемы возникли при попытках оценивать интенсивность с привлечением данных о зданиях, построенных по инженерным проектам, или сейсмостойких сооружениях. Причины этого следующие:

- ограниченные до настоящего времени знания и опыт по систематике характера повреждений этой категории зданий;
- большое разнообразие в строительных нормах систем классификации сооружений, построенных по инженерным проектам;
- разногласия между инженерами и сейсмологами в использовании интенсивности и отношении к связанной с этим проблематике исследований (например, существующая среди инженеров тенденция переоценивать важность инструментальных данных в связи с интенсивностью и, следовательно, опасность перегрузить концепцию интенсивности излишними деталями);
- часто оказывающийся неточным только сейсмологический подход к определению интенсивности по степени повреждений зданий тех типов, которые использовались ранее в шкалах MSK-64 или MM-56, т.е. общее пренебрежение такими факторами, как качество строительства, равномерность формы конструкции, прочность материалов, техническое состояние здания и т.д., а также необходимостью рассматривать такие особенности, как эффект размеров объекта.

Уже в шкале EMS-92 было принято, что здания, построенные по инженерным проектам, можно использовать для определения интенсивности только на основе принципов, применяемых для сейсмостойких сооружений. Практически это было реализовано введением таблицы уязвимости, которая обеспечивает возможность рассматривать в единой схеме различные типы зданий и разнообразие диапазонов их реальной уязвимости. Это важный шаг, поскольку в прежних версиях шкалы типы зданий довольно строго определялись только

типом конструкции. Таблица уязвимости, как существенная часть EMS, объединяет в единую систему здания, построенные как по проектам, так и без проектов. С самого начала было ясно, что версия EMS-92 с допущенными компромиссами должна восприниматься как пробное или временное решение, предполагающее обязательное накопление дополнительной информации и опыта, необходимых для ее усовершенствования. Это предполагалось сделать в течение трех лет. Для дальнейшего улучшения обсуждаемой версии шкалы ее пользователи попросили представить свои комментарии председателю Рабочей группы “Макросейсмические шкалы”.

На заключительной стадии означенного трехлетнего периода испытаний шкалы EMS-92 по всему миру стало ясно, что с ее введением может быть уменьшен субъективизм в определении интенсивности. Это не означает, что оценка интенсивности с использованием новой шкалы становится в каждом случае легче, но пользователи более отчетливо осознают проблемные случаи. Введение таблицы уязвимости, а также новых определений степени повреждений и особенно руководства по применению шкалы интенсивности и различных приложений было воспринято с большим удовлетворением. Новые типы зданий или те, которые не охвачены введенной таблицей уязвимости, могут быть добавлены соответствующим способом. В целом, включенные в новую шкалу технические аспекты высоко оценены инженерами. Они были предметом обсуждения на сессиях международных конференций по инженерной сейсмологии и даже на специальной тематической сессии по EMS-92 на Всемирной конференции по инженерной сейсмологии в 1996 г. в Акапулько. Новые элементы EMS (таблица уязвимости и классификация повреждений) облегчили использование шкалы страховыми компаниями, проектировщиками и лицами, принимающими решения, для оценки повреждений или разработки сценариев риска при заданной интенсивности. Критика ограничивалась главным образом тем, что при оценке интенсивности преуменьшалась роль эффектов в окружающей среде. Опыт применения шкалы EMS-92 убедительно показал, что только ее пробные части, т.е. использование в шкале зданий, построенных по инженерным проектам, нуждались в существенной модификации.

В 1996 г. на XXV Генеральной ассамблее ЕСК в Рейкьявике была принята резолюция, рекомендовавшая введение новой макросейсмической шкалы в пределах государств-членов ЕСК, при этом отмечалось, что должны быть приняты дополнительные меры для преодоления некоторых разногласий при оценке интенсивности по степени повреждений сооружений, построенных по инженерным проектам.

В то время как изучение инженерных последствий некоторых землетрясений, например в Нортридже (США, 1994 г.), Кобе (Япония, 1995 г.), Эйоне (Греция, 1995 г.), еще продолжалось, ряд других разрушительных событий, таких как в Динаре (Турция, 1996 г.), Карьяко (Венесуэла, 1997 г.) и Центральной Италии (1997–1998 гг.), предоставили дополнительную информацию и опыт. Они привели, наконец, хотя и с некоторыми разногласиями, к модификации таблицы уязвимости и уровней проектных антисейсмических мероприятий для железобетонных (ЖБ) конструкций, к дифференциации ЖБ конструкций каркасных и с несущими стенами, а также к введению в шкалу стальных конструкций. Отчасти по-новому организовано описание классификации степени повреждений. Повреждения зданий, как составная часть определения интенсивности, были более четко классифицированы.

Прежние приложения к EMS-92 объединены в новый раздел EMS-98, озаглавленный “Руководство по применению шкалы и исходные данные”. Редакторы осознают наличие подчас сильных различий в характере некоторых подразделов этой части. Наиболее сильно изменено прежнее Приложение В, относящееся к сооружениям, построенным по инженерным проектам. Эти аспекты рассматриваются теперь главным образом в разделе “Уязвимость”, и здесь они лучше соотносятся со шкалой в целом. Части прежнего Руководства изменены, дополнены и перестроены. Большинство фотографий прежнего Приложения А, иллюстрирующих классификацию уязвимости и степени повреждений, заменены другими примерами из Европы и Японии. Комментарии ограничены типами строений и степенью повреждений, так как для иллюстрации уязвимости потребовался бы отдельный ряд примеров. Предыдущие примеры (прежнее Приложение D) дополнены одним примером определения интенсивности по ранним историческим материалам.

Ограничения и аргументация по вопросу о том, как эффекты воздействия на природную среду (прежнее Приложение В) могут быть включены в макросейсмическую практику, пересмотрены в свете результатов новых исследований. В соответствии с часто выражаемыми пожеланиями создана краткая форма EMS-98 (раздел 8). Хотя в начале раздела 8 ясно указывается, что краткая форма не предназначена для определения интенсивности, существует опасность ее использования именно таким образом. Поэтому еще раз подчеркнем, что краткую форму следует применять лишь в просветительских целях, например в школах и средствах массовой информации, или, другими словами, для того, чтобы кратко объяснить численные значения шкалы аудитории, не способной усвоить полную версию шкалы.

В задачу “Введения” не входит рассмотрение всех “если” и “но”, которые неизбежно возникали в процессе совершенствования шкал EMS-92 и EMS-98. На каждом этапе работы было необходимо найти правильное соотношение между стремлением к совместимости модифицированной версии с первоначальной шкалой и несколькими, безусловно, превосходящими предложениями по улучшению шкалы, которые, однако, выходили за рамки задач, поставленных перед Рабочей группой. Некоторые из этих предложений упомянуты в разделе “Руководство по применению шкалы и исходные данные” (например, о корреляции

интенсивности с параметрами сильных движений). Другие вопросы могли бы стать предметом дальнейших разработок. Среди них будет, несомненно, введение формализованных процедур (или алгоритмов) автоматизированной оценки макросейсмической интенсивности. Необходимо подчеркнуть, что создание таких алгоритмов не входило в задачи Рабочей группы – нужно было только подготовить для них основу, т.е. представить модифицированные, по возможности наиболее ясные, качественные, описательные определения эффектов, которые действительно соответствуют различным значениям интенсивности.

Весь процесс создания сначала шкалы EMS-92, а затем EMS-98 продолжался почти десять лет, включая несколько длительных перерывов, которые были необходимы для сбора дополнительных материалов. Данную версию шкалы EMS следует рассматривать как заключительный итог этой деятельности по ее усовершенствованию. Дальнейшие макросейсмические исследования будут способствовать более глубокому проникновению в сложные вопросы определения интенсивности. В будущем опыт применения шкалы или практические потребности могут стать основой для улучшения этого нового инструмента решения сейсмологических и инженерных задач, используемого для классификации воздействия землетрясений на человека, объекты среды его обитания, в частности на такой существенный ее элемент, как здания.

ШКАЛА МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

КЛАССИФИКАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ШКАЛЕ

Типы каменных или кирпичных конструкций должны пониматься, например, как сооружение с несущими стенами из тесаного камня, а типы железобетонных (ЖБ) конструкций – как сооружение ЖБ каркасное или ЖБ с несущими стенами. Для более подробного ознакомления с этим вопросом, а также с особенностями использования сейсмостойких сооружений при оценках интенсивности см. раздел 2 “Уязвимость”.

Дифференциация конструкций (зданий) по классам уязвимости

Тип конструкций		Класс уязвимости					
		A	B	C	D	E	F
КАМЕННАЯ ИЛИ КИРПИЧНАЯ КЛАДКА	Камень бутовый или окатанный	○					
	Саман (кирпич-сырец)	○—					
	Камень тесаный	—○					
	Камень массивный		—○—				
	Неармированная кладка из обработанных каменных блоков	—○—					
	Неармированная кирпичная кладка с ЖБ перекрытиями		—○—				
	Армированная или обрамленная кирпичная кладка			—○—			
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ (ЖБ)	Каркасные без проектных антисейсмических мероприятий (ПАМ)		—○—				
	Каркасные со средним уровнем ПАМ			—○—			
	Каркасные с высоким уровнем ПАМ				—○—		
	С несущими стенами без ПАМ		—○—				
	С несущими стенами и средним уровнем ПАМ			—○—			
	С несущими стенами и высоким уровнем ПАМ				—○—		
СТАЛЬНЫЕ					—○—		
ДЕРЕВЯННЫЕ			—○—				

○ наиболее вероятный класс уязвимости; — вероятный диапазон;
..... менее вероятный диапазон, исключительные случаи

**КЛАССИФИКАЦИЯ
ПОВРЕЖДЕНИЙ**

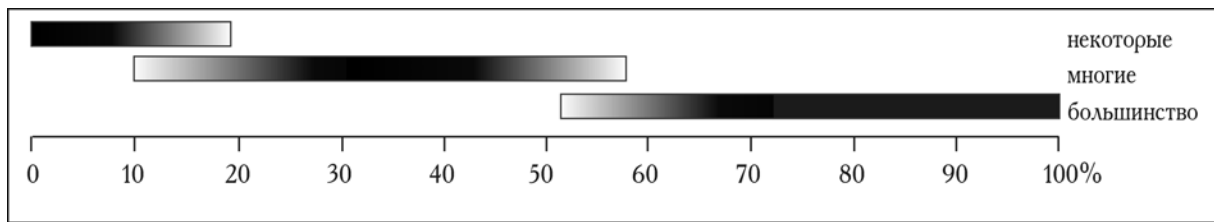
Замечание: тип деформации здания при сейсмической нагрузке зависит от типа здания. В качестве наиболее общей классификации можно использовать две группы зданий: 1) каменные или кирпичные, 2) железобетонные.

Классификация повреждений каменных и кирпичных зданий	
	<p>Степень 1: Повреждения от практически незаметных до легких (отсутствие повреждений несущих конструкций, легкие повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Волосные трещины в некоторых стенах. Откалывание небольших кусочков штукатурки. В отдельных случаях падение незакрепленных камней с верхних частей зданий.</p>
	<p>Степень 2: Умеренные повреждения (легкие повреждения несущих конструкций, умеренные повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Трещины во многих стенах. Откалывание довольно больших кусков штукатурки. Частичное обрушение дымовых труб.</p>
	<p>Степень 3: Повреждения от значительных до тяжелых (умеренные повреждения несущих конструкций, тяжелые повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Большие и глубокие трещины в большинстве стен. Падение элементов кровельной черепицы. Разрушение всех дымовых труб на крыше; разрушение отдельных неконструктивных элементов (перегородки, стены фронтона).</p>
	<p>Степень 4: Очень тяжелые повреждения (тяжелые повреждения несущих конструкций, очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Значительное разрушение стен; частичное разрушение несущих конструкций крыш и перекрытий.</p>
	<p>Степень 5: Разрушение (очень тяжелые повреждения несущих конструкций)</p> <p>Полное или почти полное обрушение.</p>

Классификация повреждений железобетонных зданий

	<p>Степень 1: Повреждения от практически незаметных до легких (отсутствие повреждений несущих конструкций, легкие повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Тонкие трещины в штукатурке по деталям каркаса или в цоколе. Тонкие трещины в перегородках и заполнении каркаса.</p>
	<p>Степень 2: Умеренные повреждения (легкие повреждения несущих конструкций, умеренные повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Трещины в колоннах, балках каркаса и несущих стенах. Трещины в перегородках и заполнении; падение хрупкой облицовки и штукатурки. Откалывание раствора из швов стеновых панелей.</p>
	<p>Степень 3: Повреждения от значительных до тяжелых (умеренные повреждения несущих конструкций, тяжелые повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Трещины в колоннах и узлах соединения ригелей со стойками каркаса у фундамента и в стыках связанных стен. Повреждения защитного слоя бетона, изгиб стержневой арматуры. Большие трещины в перегородках и стеновом заполнении, разрушение отдельных панелей стенового заполнения.</p>
	<p>Степень 4: Очень тяжелые повреждения (тяжелые повреждения несущих конструкций, очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов)</p> <p>Большие трещины в элементах несущей конструкции с раздавливанием бетона и разрушением арматурных стержней; нарушение сцепления арматурных стержней в балках, наклон колонн. Падение нескольких колонн или обрушение верхнего этажа.</p>
	<p>Степень 5: Разрушение (очень тяжелые повреждения)</p> <p>Обрушение первого этажа или частей (например, крыльев) здания.</p>

КОЛИЧЕСТВО СЛУЧАЕВ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ



**ОПИСАНИЕ
ГРАДАЦИИ
ИНТЕНСИВНОСТИ**

**ГРУППИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
ПРИЗНАКОВ:**

- а) Воздействия на людей.
- б) Воздействия на объекты и окружающую среду (воздействия на грунт и потеря несущей способности грунта специально рассматриваются в разделе 7).
- в) Повреждения зданий.

ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ:

Отдельные баллы интенсивности могут включать также не упомянутые явно эффекты сейсмических колебаний более низкой интенсивности.

I. НЕОЩУТИМОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

- а) Не ощущается даже при наиболее благоприятных обстоятельствах.
- б) Отсутствие эффекта.
- в) Отсутствие повреждений.

II. ЕДВА ОЩУТИМОЕ

- а) Сотрясение ощущается лишь отдельными (менее 1%) индивидуумами, находящимися в помещениях в покое и в особо чувствительных положениях.
- б) Отсутствие эффекта.
- в) Отсутствие повреждений.

III. СЛАБОЕ

- а) Землетрясение ощущается немногими людьми в помещениях. Люди в покое ощущают покачивание или легкое дрожание.
- б) Висячие предметы слегка раскачиваются.
- в) Отсутствие повреждений.

IV. ШИРОКО НАБЛЮДАЕМОЕ

- а) Землетрясение ощущается многими людьми в помещениях и лишь немногими вне помещений. Некоторые спавшие люди просыпаются. Сотрясения умеренные, не пугающие. Ощущается небольшое дрожание или раскачивание всего здания, комнаты или кровати, стула и т.д.
- б) Дребезжат посуда, стекла, двери. Висячие предметы раскачиваются. В некоторых случаях легкая мебель отчетливо качается, изделия из дерева скрипят.
- в) Отсутствие повреждений.

V. СИЛЬНОЕ

- а) Землетрясение ощущается большинством людей в помещениях и немногими вне помещений. Некоторые люди испуганы и выбегают из помещений. Многие спавшие люди просыпаются. Ощущаются сильные колебания или раскачивание всего здания, комнаты или мебели.

- б) Висящие предметы сильно раскачиваются. Дребезжит посуда. Мелкие, с тяжелой верхней частью и/или плохо закрепленные предметы могут быть сдвинуты или упасть. Двери и окна распахиваются или захлопываются. В некоторых случаях разбиваются оконные стекла. Жидкость колеблется и может выплеснуться из наполненной емкости. Животные в помещениях могут проявлять беспокойство.
- в) В некоторых зданиях уязвимостью классов А и В повреждения 1-й степени.

VI. С ЛЕГКИМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

- а) Ощущается большинством людей в помещениях и многими вне помещений. Некоторые люди теряют равновесие; многие испуганы и выбегают из помещений.
- б) Мелкие предметы обычной устойчивости могут падать, а мебель сдвигаться. В некоторых случаях тарелки и стеклянная посуда могут разбиться. Домашние животные (даже вне помещений) могут быть испуганы.
- в) Во многих зданиях уязвимостью классов А и В повреждения 1-й степени, в некоторых – 2-й степени.
В некоторых зданиях уязвимостью класса С повреждения 1-й степени.

VII. С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

- а) Большинство людей испуганы и выбегают из помещений; многим с трудом удастся стоять на ногах, особенно на верхних этажах.
- б) Мебель сдвинута, а мебель с тяжелой верхней частью может быть опрокинута. Предметы падают с полок в больших количествах. Вода выплескивается из емкостей, резервуаров и бассейнов.
- в) Во многих зданиях уязвимостью класса А повреждения 3-й степени, в некоторых – 4-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса В повреждения 2-й степени, в некоторых – 3-й степени.
В некоторых зданиях уязвимостью класса С повреждения 2-й степени.
В некоторых зданиях уязвимостью класса D повреждения 1-й степени.

VIII. С ТЯЖЕЛЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

- а) Многие люди с трудом удерживаются на ногах, даже вне помещений.
- б) Мебель может быть опрокинута. Такие предметы, как телевизоры, пишущие машинки и т.д., падают на пол. Надгробные плиты могут иногда сдвигаться, наклоняться или опрокидываться. На очень мягких грунтах могут быть замечены волны.
- в) Во многих зданиях уязвимостью класса А повреждения 4-й степени, в некоторых – 5-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса В повреждения 3-й степени, в некоторых – 4-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса С повреждения 2-й степени, в некоторых – 3-й степени.
В некоторых зданиях уязвимостью класса D повреждения 2-й степени.

IX. РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ

- а) Общая паника. Люди могут быть сбиты с ног.
- б) Многие памятники и колонны падают или наклоняются. На мягких грунтах видны волны.
- в) Во многих зданиях уязвимостью класса А повреждения 5-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса В повреждения 4-й степени, в некоторых – 5-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса С повреждения 3-й степени, в некоторых – 4-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса D повреждения 2-й степени, в некоторых – 3-й степени.
В некоторых зданиях уязвимостью класса E повреждения 2-й степени.

X. ОЧЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ

- в) В большинстве зданий уязвимостью класса А повреждения 5-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса В повреждения 5-й степени.
Во многих зданиях уязвимостью класса С повреждения 4-й степени, в некоторых –

5-й степени.

Во многих зданиях уязвимостью класса D повреждения 3-й степени, в некоторых – 4-й степени.

Во многих зданиях уязвимостью класса E повреждения 2-й степени, в некоторых – 3-й степени.

В некоторых зданиях уязвимостью класса F повреждения 2-й степени.

XI. Опустошительное

в) В большинстве зданий уязвимостью класса B повреждения 5-й степени.

В большинстве зданий уязвимостью класса C повреждения 4-й степени, во многих – 5-й степени.

Во многих зданиях уязвимостью класса D повреждения 4-й степени, в некоторых – 5-й степени.

Во многих зданиях уязвимостью класса E повреждения 3-й степени, в некоторых – 4-й степени.

Во многих зданиях уязвимостью класса F повреждения 2-й степени, в некоторых – 3-й степени.

XII. Полностью опустошительное

в) Все здания уязвимостью классов A, B и практически все здания уязвимостью класса C разрушены. Большинство зданий уязвимостью классов D, E и F разрушены. Воздействие землетрясения достигло максимально возможных эффектов.

ЕВРОПЕЙСКАЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА EMS-98.

РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ШКАЛЫ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ

1.1. СУЩНОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ

Как указывалось во введении к этой шкале, интенсивность понимается здесь как классификация силы колебаний почвы на основе эффектов, наблюдаемых в ограниченной области. Шкалы интенсивности и понятие интенсивности как таковое развивались в течение XX в. Предпринималось все больше и больше попыток превратить интенсивность из чисто иерархической классификации эффектов в грубый инструмент для измерения сотрясений; по крайней мере она использовалась в этом смысле.

Из этого следует, что шкала интенсивности в некотором роде подобна стенографии: она позволяет сжимать словесное описание эффектов землетрясений до одного символа (обычно какого-либо числа). Описывать интенсивность подобным способом полезно, но нужно представлять ограничения концепции. Интенсивность поддается словесному описанию лучше, чем аналитическому в виде инструментальных измерений. Интенсивность можно анализировать и интерпретировать, это действительно очень полезный параметр, и его применение выходит за рамки того, что можно было бы сделать с простой компиляцией описаний. Но чтобы не перегружать концепцию ожиданиями, которых она не может оправдать, при использовании интенсивности всегда следует иметь в виду ее истинную природу.

Любая шкала интенсивности состоит из набора описаний эффектов воздействия сейсмических колебаний различной силы на множество объектов повседневного окружения. Эти объекты могут рассматриваться в качестве датчиков, так как их реакция на колебания используется для измерения силы этих колебаний. Но они не относятся к предметам специального оборудования, которое должно устанавливаться исследователем. Они существуют практически повсеместно, поскольку составляют неотъемлемую часть обычного окружения человека. Это одно из огромных преимуществ интенсивности как инструмента: она не требует ника-

кого оборудования для измерения. Объекты-датчики, которые исторически использовались в шкалах интенсивности, можно разделить на четыре группы.

Живые объекты – люди и животные. С увеличением интенсивности возрастает доля людей или животных, замечающих сотрясения (а) и пугающихся их (б).

Бытовые предметы. По мере возрастания интенсивности большая часть предметов домашнего обихода (посуда, книги и т.д.) начинают вибрировать, а затем они могут быть опрокинуты или сброшены вниз.

Здания. По мере увеличения интенсивности здания получают все более тяжелые повреждения.

Окружающая среда. С увеличением интенсивности возрастает вероятность появления таких эффектов, как трещины в дамбах, камнепады и т.д.

Европейская макросейсмическая шкала (EMS-98) концентрирует внимание в основном на первых трех из этих четырех групп «датчиков». Четвертая группа считается менее надежной, что аргументируется в разделе 7.

Любой специфический эффект по каждому из этих датчиков может считаться диагностическим. Например, «некоторые люди испуганы и пытаются выбежать на улицу» – это определенная реакция одного из возможных датчиков (людей), и по шкале интенсивности она считается диагностическим признаком для сотрясений в 5 баллов. Описание данного балла интенсивности будет состоять из нескольких таких диагностических признаков, которые, по мнению авторов шкалы, соответствуют одинаковой силе сотрясений.

Когда пользователь шкалы соберет все доступные описательные данные для определенного места, где произошло конкретное землетрясение, для оценки там интенсивности воздействия он должен сравнить свои данные с данными по диагностическим группам и решить, с какой из них они согласуются наилуч-

шим образом. Таково простейшее объяснение алгоритма использования шкалы для определения интенсивности.

Шкала EMS-98 признает статистическую природу интенсивности, из чего следует, что в любом месте определенный эффект наблюдается скорее всего только в части случаев, и доля случаев, когда наблюдался эффект, сама по себе, характеризует силу сотрясений. Прежние шкалы часто описывали только сами эффекты без какого-либо учета количества случаев их проявления. Подразумевалось, что при интенсивности определенной величины один и тот же эффект универсален для всех таких датчиков.

1.2. СТРУКТУРА ШКАЛЫ ИНТЕНСИВНОСТИ EMS-98

Шкала интенсивности EMS-98, как и предшествующая ей шкала MSK, относится к семейству шкал интенсивности, ведущему начало от широко использовавшейся простой десятибалльной шкалы М.С. Росси и Ф.У. Фореля, которая была пересмотрена Дж. Меркалли, а впоследствии расширена А. Канкани до двенадцати баллов и затем наиболее полно определена А. Зибергом как шкала Меркалли–Канкани–Зиберга (MCS). Именно шкала Росси–Фореля является отправным пунктом не только для шкал MSK/EMS-98, но и для многочисленных версий “Модифицированной шкалы Меркалли”. Большинство из этих 12-балльных шкал приблизительно эквивалентны между собой по фактическим значениям интенсивности. Они различаются по степени разработанности используемых формулировок.

Основное различие между шкалой EMS-98 и другими шкалами интенсивности заключается в детальности, с которой с самого начала определяются различные используемые термины, в частности типы строений, степени повреждений и количественные характеристики эффектов, рассматриваемые теперь отдельно. Кроме того, Европейская макросейсмическая шкала – первая иллюстрированная шкала интенсивности. Рисунки графически точно показывают, что означают различные степени повреждений, а примеры фотографий в разделе 5 могут использоваться для сравнения с реальными случаями повреждения сооружений непосредственно при их обследовании. Эти иллюстрации предназначены для повы-

шения стандартизации оценок в индивидуальной практике применения шкалы. Подобным образом включение в шкалу данного руководства (еще одно нововведение) должно уменьшить неопределенность оценок и прояснить некоторые положения, на которые опирается шкала.

1.2.1. Типы зданий и классы уязвимости

В очень простой шкале интенсивности все повреждения зданий определенного типа группировались бы вместе независимо от прочности поврежденного строения. Такой шкалой легко пользоваться, но полученные результаты могли бы ввести в заблуждение в местности с различными типами зданий. Другая крайность заключается в воображаемой шкале интенсивности, при использовании которой для оценки сотрясений, вызвавших наблюдаемые повреждения, необходимо было бы предварительно знать точные инженерные параметры строения. Это было бы столь же точным, сколь и не реализуемым на практике.

Европейская макросейсмическая шкала основана на компромиссе, заключающемся в том, что для получения надежного способа дифференциации возможной реакции зданий на сейсмические колебания использована их простая классификация по устойчивости к сейсмическим сотрясениям – уязвимости. Таблица уязвимости – это попытка удобной классификации прочности зданий с учетом не только их типов, но и других факторов. Это прогресс по сравнению с прежними шкалами, в которых в качестве аналога уязвимости использовался только тип здания.

Использование буквенных обозначений для различных типов зданий началось с версии Ч. Рихтера Модифицированной шкалы Меркалли 1956 г.; они также использовались и в шкале MSK в 1964 г. Такое подразделение делается не по архитектурным особенностям; оно представляет, хотя и очень грубо, различные уровни уязвимости. Та же самая сила сотрясений, которая может разрушить глинобитную хижину, произведет гораздо меньший эффект на добротное построенное современное административное здание. Впрочем, понятно, что на уязвимость здания, кроме типа конструкции, влияют также его техническое состояние и другие факторы.

По мнению авторов шкалы EMS-98, опытные сейсмологи и инженеры, используя шкалу MSK, в своей практической работе уже применяли неофициальные модификации шкалы, касающиеся некоторых аспектов уязвимости, а не ограничивались простым учетом типа здания. Таким образом, чтобы сделать явным то, что уже вошло в употребление в качестве оптимального подхода, в шкалу EMS-98 необходимо было ввести некоторые модификации использования уязвимости.

Это графически показано в таблице уязвимости. Для каждого типа зданий в этой таблице представлена линия, соответствующая наиболее вероятному для него классу(ам) уязвимости, а также возможный разброс классов (при неопределенности показанный пунктирной линией). Положение вдоль линии должно определяться с учетом и других факторов, таких как техническое состояние здания, качество строительства, неравномерная форма здания, уровень антисейсмического усиления и т.д. Более подробно это обсуждается в разделе 2.

1.2.2. Степени повреждений

Степени повреждений также представляют своего рода компромисс. В идеальном случае степени от 1 до 5 должны отображать линейное увеличение силы сотрясений. Это соблюдается лишь приблизительно и сильно зависит от необходимости описывать классы повреждений, которые могут быть легко различимы пользователем. Следует также отметить, что не все возможные комбинации класса уязвимости и степени повреждений упоминаются для каждого балла шкалы; обычно для определенного класса уязвимости упоминаются только две наивысшие степени повреждений. Предполагается, что пропорциональное количество строений получит более низкие степени повреждений (см. раздел 4.6).

Вопрос, который не рассматривался в предыдущих версиях шкалы, заключается в том, что различные типы зданий реагируют на воздействия и разрушаются различным образом. В настоящей версии эта проблема решается представлением отдельных иллюстрированных отчетов по повреждениям как каменных и кирпичных, так и железобетонных зданий. Локализация и характер разрушений могут также различаться для стандартных зданий и соору-

жений, построенных по инженерным проектам и без них.

Необходимо различать конструктивные и неконструктивные повреждения, т.е. тщательно разделять повреждения первичной (несущей нагрузку/конструктивной) системы от повреждений вторичных (неконструктивных) элементов (таких, как заполнение каркаса или навесные стены). В особых случаях зданий с антисейсмическим усилением также необходимо различать повреждения в специальных (и, следовательно, предусмотренных) зонах пластических деформаций (таких, как соединительные балки в стенных конструкциях, узлы фермы в зданиях из сборных элементов стен или балки в узлах каркасных конструкций).

Желательно обследовать здания как внутри, так и снаружи (хотя иногда это трудно сделать из соображений безопасности), так как внешний вид может быть обманчив.

Не следует принимать во внимание повреждения, вызванные относящимися к землетрясению явлениями, но не собственно сильными сотрясениями. Это могут быть, например, повреждения, причиненные взаимными ударами соседних зданий, расположенных на недостаточном удалении друг от друга, оползнями, обвалами склонов и разжижениями грунтов. В противоположность этому, повреждения, оказавшиеся больше предполагаемых из-за таких факторов, как проявление резонанса или превышение предусмотренного проектом уровня сейсмической нагрузки, являются все же прямым результатом сейсмических сотрясений и могут рассматриваться как таковые.

В сейсмостойких сооружениях увеличение повреждений с ростом колебаний может быть нелинейным. Это может быть связано с особенностями современных принципов проектирования, которые предполагают разное поведение сооружений при различных уровнях интенсивности проектного землетрясения, в частности:

а) сооружения, рассчитанные на землетрясения низкой интенсивности, но с высокой вероятностью их возникновения, должны выдерживать такие события без повреждений несущих конструкций и вообще без повреждений или только с небольшими повреждениями элементов, определяющих пригодность здания к эксплуатации;

б) сооружения, рассчитанные на землетрясения средней интенсивности с низкой веро-

ятностью их возникновения, допускают реакцию на проектное землетрясение с легкими повреждениями неконструктивных элементов, но они должны сохранить пригодность к эксплуатации;

в) сооружения, рассчитанные на землетрясения высокой интенсивности, должны выдерживать повреждения несущих конструкций без потери конструктивной целостности и устойчивости. Для данного уровня проектных землетрясений повреждения не должны превышать 3-й степени.

Следовательно, может быть насыщение повреждениями 2-й и 3-й степени. В соответствии с результатами исследований повреждений в некоторых случаях это может потребовать дифференциации классов уязвимости в зависимости от интенсивности, т.е. сейсмостойкие сооружения имеют тенденцию соответствовать все более высокому классу уязвимости по мере возрастания интенсивности.

При исследовании повреждений зданий, вызванных афтершоком, необходимо очень четко осознавать, что в этом случае здания могут оказаться более уязвимыми (возможно, не очень явно), чем при воздействии основного толчка. Это должно быть принято во внимание при оценке уязвимости.

1.2.3. Количество случаев проявления эффекта

Использование количественных терминов (“некоторые”, “многие”, “большинство”) вносит в шкалу важный статистический элемент. Необходимо ограничить эти статистические элементы широкими пределами, так как любая попытка представить данную шкалу как ряд графиков, показывающих точный процент, сделала бы невозможным применение ее на практике и разрушила бы устойчивость шкалы. Но определить эти границы в цифрах не очень просто. Если “некоторые”, “многие” и “большинство” определяются как непрерывный ряд процентов (например: 0–20%, 20–60%, 60–100%), возникает нежелательный эффект, заключающийся в том, что небольшое увеличение процента в некоторых наблюдениях может в одном случае превысить величину порога и увеличить интенсивность на один балл, тогда как в другом случае такое же увеличение не превысит порог и не будет иметь того же самого эффекта. Широкое перекрытие опре-

делений (0–35%, 15–65%, 50–100%) создает проблему неоднозначности при перекрытиях для наблюдаемой оценки (например, 25%), а широко разделенные интервалы (0–20%, 40–60%, 80–100%) обуславливают другую проблему, связанную с невозможностью произвести оценку. Для этого варианта шкалы было найдено компромиссное решение с использованием узкого перекрытия определений, но ни одно решение не является идеальным. В данном случае мы стремились сделать шкалу максимально устойчивой, и представленные здесь количественные определения должны использоваться с этой оговоркой. Чтобы подчеркнуть, что эти численные категории являются скорее неопределенными, чем четко установленными, на рисунке (см. с. 20) это обстоятельство представлено утрированно расплывчатыми границами интервалов.

В том случае, когда точно определенное значение попадает в область перекрытия интервалов, пользователь должен отнести его к той или иной категории таким образом, чтобы это лучше согласовалось с остальными данными, имеющимися для этого же места.

1.3. ИНТЕНСИВНОСТЬ И МЕСТО

Интенсивность весьма существенно связана с местом и обычно может рассматриваться только со ссылкой на определенное место, например “интенсивность в Пиенце была равна 5” (или точнее: “интенсивность в Пиенце была оценена в 5 баллов”). Сказать, что “интенсивность землетрясения была равна 8” без указания места, было бы неправильно (хотя можно сказать, что “наивысшая отмеченная интенсивность землетрясения была равна 8”).

Поэтому прежде чем начать оценивать интенсивность, необходимо локализовать данные. Нужно быть уверенным в том, что: а) все данные, которые будут использоваться для определения интенсивности в конкретном месте, действительно получены в этом месте, и б) все имеющиеся данные для этого места были сгруппированы вместе. Там, где данные состоят из анкет отдельных лиц или индивидуальных полевых наблюдений, сначала для каждого места их следует объединить, а затем определить, в каком количестве примеров наблюдались или не наблюдались диагностические признаки.

Концепция интенсивности тесно связана с идеей о том, что некоторый уровень силы колебаний в определенном месте, подвергнувшись землетрясению, является типичным для данного землетрясения. Из этого следует, что населенный пункт должен быть, во-первых, достаточно большим, а, во-вторых, – относительно небольшим. Первое условие необходимо для получения статистически представительного материала, не зашумленного влиянием местных мелкомасштабных особенностей, а второе – для предотвращения сглаживания истинных локальных вариаций.

Таким образом, интенсивность не должна быть приписана отдельному зданию или улице; равным образом нельзя распространять единое значение интенсивности на мегаполис или страну. В обычных обстоятельствах самое маленькое место должно быть не меньше деревни, а самое большое – не крупнее средне-европейского города. Так, разумно дать единую оценку интенсивности, скажем, Пирею, но не всей территории современных Афин. Нельзя установить никаких жестких правил, поскольку на решение пользователя в каждом конкретном случае будут влиять разные обстоятельства.

Также желательно давать единую оценку интенсивности для достаточно однородных, особенно по типам грунтов, участков; в противном случае диапазон описанных эффектов от сотрясений может быть очень большим. Однако это не всегда осуществимо и зависит от точности данных и от того, как они были собраны. Если в городе есть территории с очень различными геотехническими условиями (например, одна половина может находиться на наносном берегу, а другая на плато), должны даваться различные независимые оценки интенсивности для двух частей города.

1.4. УСТАНОВЛЕНИЕ БАЛЛЬНОСТИ

Описание каждого балла шкалы интенсивности является идеализированной “словесной картиной” эффектов, которые предполагаются для каждого уровня интенсивности. Каждый описанный в шкале эффект может считаться диагностическим признаком или тестом, сравнением с которым измеряются реальные данные. Установление балльности – это сравнение реальных данных с идеализированными описа-

ниями в шкале и выбор решения, которое лучше всего им соответствует.

Не следует ожидать, что все диагностические признаки во всех случаях будут удовлетворительно соответствовать реальным данным; например, некоторые из них могут просто отсутствовать. Поэтому при поисках наилучшего соответствия по всему диапазону имеющихся данных предпочтительнее использовать гибкий подход, а не пытаться втискиваться в жесткую формулу, зависящую только от одного или двух ключевых диагностических признаков.

Хотя при оценке интенсивности и существуют элементы субъективности, опытные исследователи редко обнаруживают между собой значительные разногласия. В большинстве случаев оценить интенсивность просто; проблемные ситуации, конечно, могут возникнуть, но они обычно являются исключением. Невозможно составить инструкцию таким образом, чтобы учесть все возможные случаи, но следующие указания могут оказаться полезными.

В реальной ситуации имеющиеся данные часто не будут соответствовать описаниям баллов интенсивности по каждому типу данных. В таких случаях исследователь должен решить, какому баллу лучше всего соответствуют его данные. При этом важнее соблюдать принцип согласованности данных в целом, чем полагаться только на какой-нибудь один диагностический признак, используя его в качестве единственного критерия. Необходимо быть осторожным, не придавая слишком большого значения случайным экстремальным наблюдениям, которые могут привести к завышению интенсивности в рассматриваемом месте. Например, то, что ранее полагались на повреждение зданий как на основной диагностический признак, приводило в прошлом к завышению интенсивности в тех случаях, когда отдельные, даже аномальные, размеры повреждений оценивались как интенсивность 6 баллов или больше, хотя основная масса других данных предполагала более низкое значение интенсивности.

Там, где данные состоят из текстовых описаний, сообщения об эффектах могут поступать в терминах, которые сильно отличаются от формулировок в шкале интенсивности. В таких случаях полезно рассмотреть, совпадает ли вся тональность описания с общей характеристикой балла по шкале интенсивности.

В тех случаях, когда все здания местной постройки относятся к классу уязвимости А и

большинство из них разрушено, невозможно различить интенсивность 10, 11 или 12 баллов. Это эффект насыщения, которого действительно невозможно избежать на практике.

Иногда невозможно дать точное определение интенсивности и приходится ограничиться лишь диапазоном оценок. Это обсуждается более подробно в разделе 4.5.

Фотографии в разделе 5 могут оказаться полезными при оценке степени повреждений. Кроме того, несколько примеров определения интенсивности “по документальным данным” и по “данным опроса” представлены в разделе 6. Эти примеры не предназначены служить моделью, которой нужно строго придерживаться, – скорее они могут быть использованы в качестве иллюстраций процесса оценки.

1.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕГАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

При оценке интенсивности информация о том, что некий эффект определенно не проявился, часто бывает так же ценна, как и информация о его проявлении, и такими данными не следует пренебрегать. Например, запись “землетрясение очень напугало население Славолиц, но не было никаких повреждений” указывает на то, что интенсивность была не выше 6 баллов шкалы EMS. Однако автоматическое признание отсутствия эффекта только потому, что о нем не сообщалось, представляется опасным и необоснованным, если только для такого предположения не существует веских оснований. Только по сообщению, что “землетрясение очень напугало население Славолиц”, нельзя делать выводы об отсутствии повреждений, если только не существуют веских оснований для предположения о том, что, если бы повреждения возникли, автор обязательно знал бы о них и упомянул бы об этом в своем сообщении.

1.6. НЕОБОСНОВАННЫЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Одно из следствий статистической природы интенсивности заключается в том, что любой единичный эффект никогда нельзя считать определяющим. Такие эффекты важны при попытках сделать отрицательное, а не положительное заключение. Например, существо-

вание ряда древних тонких шпилей в определенном регионе могло бы быть основанием для предположения о том, что сейсмическое воздействие на регион в прошлом было довольно слабым, но было бы неразумно заключить, судя по единственному шпилю, что такое значение интенсивности никогда не было здесь превышено в течение всего периода существования шпиля.

1.7. Высокие здания и другие особые случаи

Иногда для определения интенсивности нежелательно использовать некоторые данные. Особый случай относится к поведению высоких зданий. Хорошо известно, что люди на верхних этажах, по-видимому, наблюдают более сильную вибрацию от землетрясения, чем люди на нижних этажах. Предлагались разнообразные подходы к решению этой проблемы, например снижение оценок интенсивности на один балл для каждого определенного интервала этажей, но это не получило всеобщего одобрения. Равным образом, поскольку очень высокие здания могут реагировать на сейсмические нагрузки по-своему, в соответствии с частотой колебаний и проектными особенностями здания, может оказаться, что увеличение силы колебаний с высотой не подчиняется какой-либо закономерности. Поэтому при определении интенсивности рекомендуется не учитывать какие-либо сообщения от наблюдателей выше шестого этажа; хотя на практике реальная реакция индивидуальных строений будет существенно различной, особенно в зависимости от гибкости здания. В целом, пользователь должен больше полагаться на эффекты, наблюдаемые в нормальных условиях, чем в исключительных случаях.

Особый случай связан с ситуацией, когда имеются сообщения только из высоких зданий, так как колебания были такими слабыми, что они ощущались только на верхних этажах таких сооружений. Такой тип данных характерен для интенсивности 2 балла.

Кроме высоты зданий, на их поведение во время землетрясения влияют также их симметрия и пространственная равномерность (см. раздел 2). Это особенно справедливо для повреждений и относится ко всем типам зданий, а не только к сооружениям, спроектированным с учетом современных требований. Здание будет противостоять сейсмическим сотрясениям тем лучше, чем более равномерна и симметрична его форма.

Не следует использовать наблюдения на специальных сооружениях, таких как маяки, радиомачты, мосты и т.д.; то же самое обычно справедливо в отношении монументальных зданий (таких, как соборы) (подробнее см. раздел 3.5). Данные от наблюдателей под землей также трудно сравнивать с наблюдениями, сделанными на поверхности, и их не следует использовать.

1.8. ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ

Совершенно недопустимо исключать или снижать оценки интенсивности на том основании, что на них повлияли грунтовые условия. Увеличение сотрясений в зависимости от свойств грунтов или топографических условий есть часть эффекта, который описывается интенсивностью, и часть опасности, которой подвергается застройка. Это обстоятельство нельзя игнорировать. Если сообщается об аномально сильных эффектах на территории наносных почв, удаленных от других областей, где наблюдаются сильные эффекты, то следует приписать этой территории высокие значения интенсивности, как того заслуживают эти

эффекты. Позже можно проинтерпретировать эту высокую интенсивность как результат увеличения сейсмических воздействий из-за влияния свойств грунтов (хотя, конечно, это может быть только одной из нескольких причин). Любой другой подход противоречит основной природе интенсивности как меры наблюдаемых эффектов землетрясения.

1.9. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Для того чтобы легко отличать интенсивность землетрясения от его магнитуды и подчеркнуть тот факт, что интенсивность может принимать только целочисленные значения, обычно было принято представлять ее римскими цифрами. Поскольку на компьютере трудно иметь дело с римскими цифрами, такое соглашение в некоторой мере утратило силу. Использование римских или арабских чисел сейчас может считаться делом вкуса.

Существуют также наборы условных знаков для изображения интенсивности, представляющих собой кружки, в которых с увеличением значения интенсивности увеличивается закрашенная часть кружка.