Глава 1. Экологические последствия землетрясений

Наиболее часто при землетрясениях возникают гравитационные склоновые процессы: обвалы, осыпи, оползни, сели. При наиболее мощных землетрясениях в земной поверхности образуются трещины, иногда достаточно значительные по своим размерам. В целом происходит определенное изменение ландшафта. Известно, что ландшафт — результат длительного геолого-исторического процесса, затрагивающего не только главные жизнеобеспечивающие геосферные оболочки, но и биоту. Поэтому любые изменения, прежде всего в рельефе местности, в существенной мере дестабилизируют гомеостаз ландшафта, а тем самым приводят к стрессу в биогеоценозах.

Именно гравитационные процессы, да и собственно сами землетрясения особенно сильно изменяют рельеф местности, провоцируя изменение положения водотоков, конфигурацию и размеры водоемов, их глубину, скорость движения воды, изменяется режим формирования речных долин и абразии в озерах и искусственных водоемах.

"Запруживание" оползневыми телами, обвальными массами, осыпями и селевым материалом рек и ручьев, поступление грунтового материала в озера формирует заболоченные территории и влечет за собой деградацию почв, изменяя эдафогенные факторы среды. Вызванные землетрясениями цунами приводят к затоплению низменных участков земной поверхности соленой морской водой, что практически уничтожает почвенный слой, приводит к засолению подстилающих грунтов, а следовательно, к гибели практически всей растительности, да и всей трофической цепи в затопленной части территории. Величина засоления в этих районах по натрию, калию, магнию, хлору в несколько раз превышает ПДК, а это также губительно для живого вещества.

По достаточно точным данным до землетрясения, при его наступлении и после землетрясения в грунтовой атмосфере наблюдается повышенное содержание радона, отрицательное экологическое воздействие которого установлено многими экспериментальными исследованиями и даже включено в специальные оценки при проведении инженерно-экологических изысканий для строительства.

Кроме понижений в рельефе, возникающих при землетрясениях, достаточно часто возникают и положительные формы довольно большой высоты и крутизны; при этом в силу того, что грунты в оползневых телах, осыпных и обвальных массах не прошли в полной мере процессов консолидации, при наличии активного воздействия ветра и движущейся воды возникает интенсивная плоскостная и овражная эрозия, а в отдельных случаях формируются селевые потоки

Вышеуказанные процессы меняют микроклиматические условия существования биогеоценозов, состав фитоценозов, а вслед за этим зооценозов и, естественно, видовой сослав представите других империй живых организмов. В неменьшей степени существенно меняются экологические условия и в экосистемах поверхностных водоемов. Прежде всего это выражается в изменениях глубин, направлений и скоростей движения подводных течений; обычно происходит перемещение нерестилищ рыб, отрыв бентоса и перифитона, температурные изменения в водоемах приводят к изменениям видового состава гидробионтов.

Достаточно тривиален факт наличия взаимосвязи поверхностной и подземной гидросферы и взаимообусловленности существования в гомеостазе всех жизнеобеспечивающих геосферных оболочек и их влияния на биоценозы всех иерархических уровней. При землетрясениях всегда происходит нарушение режима подземных вод; естественно, что меняется положение уровней, величин напоров, расходов, даже направления движения; возможен переход от ламинарных условий движения подземных вод к турбулентным. Установленным фактом является изменение положения областей питания, распространения и разгрузки подземных вод. В отдельных случаях отмечено резкое понижение уровня грунтовых вод, "пересыхание" колодцев, нарушение работы водозаборных скважин. В других случаях возникает подтопление территорий — все это в определенной мере обусловлено изменениями как в условиях залегания водоносных и водоупорных слоев грунтов, так и в отдельных случаях изменениями состояния, строения и свойств собственно водовмещающих грунтов и водоупоров.

Отмечены изменения в температурном режиме подземных вод после землетрясений, что при наличии в гидросфере трансграничное™ в переносе загрязнений может коренным образом изменить условия биотопов. Изменения в подземной гидросфере существенным образом сказываются на эдафогенных условиях, на функционировании фитоценозов как продуцентов, на жизнедеятельности редуцентов и вообще на процессах как создания живого вещества, существования его, так и разложения.

В определенной степени как фактор нарушения гомеостаза экосистем при землетрясениях и возникающих вследствие их многоступенчатых чрезвычайных ситуациях могут рассматриваться еще некоторые возможные виды загрязнений. Сейсмодеформации особенно в виде разломов, трещин большой глубины, могут служить источниками выноса на поверхность определенного количества тяжелых металлов, в том числе радиоактивных, особенно если землетрясения происходят в рудоносных районах.

Аналогичного типа негативные воздействия на окружающую среду при землетрясениях могут возникать при их возникновении в нефтегазоносных районах, что может привести к выбросам нефти или газа и дальнейшему их проникновению в гидросферу, атмосферу и на поверхность земли. Естественно, что при этом создаются настолько негативные условия в окружающей среде, что становится возможным переход состояния экосистем и биогеоценозов из гомеостаза в зону стресса, а во многих случаях приводит к необратимой деградации и даже гибели составляющих биоценозов и собственно экосистем.

Особое место в рассмотрении влияния землетрясений на экологическую обстановку занижает их роль в возникновении техногенных катастроф. Практически любое из техногенных ЧС может быть спровоцировано землетрясением даже не очень большой силы. Разрушение здания или серьезные его деформации могут вызвать нарушение функционирующих в нем технологий; особенно опасно в экологическом отношении нарушение производственных процессов на нефтехимических, микробиологических, фармацевтических производствах; на предприятиях, перерабатывающих, обогащающих сильнодействующие ядовитые вещества, радиоактивное топливо и отходы, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, биологически опасные вещества, а также в местах их хранения и при транспортировании. Практически всегда в этих случаях происходит значительное загрязнение окружающей среды вследствие сконцентрированного воздействия загрязнителя на ограниченной территории.

Наличие колоссального количества отходов производства и потребления, стоков, шламов, шлаков, сельскохозяйственных удобрений, во многих случаях неправильно соскладированных, хранящихся и захороненных, при землетрясениях могут быть просто разрушены. Находящийся в них "материал", а точнее загрязнитель, в концентрированном виде может быть выброшен в окружающую среду с далеко идущими негативными экологическими последствиями. Весьма уязвимыми сооружениями для землетрясений считаются так называемые "линейные" — дороги и дорожные сооружения, водопроводы, канализационные сооружения, все виды подземных сооружений, но особое место среди них занимают трубопроводы различного назначения. Наиболее опасными в экологическом отношении являются нефте- и газопроводы и особенно так называемые продуктопроводы, по которым перекачиваются промежуточные продукты в технологических линиях химических заводов. Разрывы, трещины в этих сооружениях как в подземном, так и в поверхностном обустройстве всегда приводят к выбросам больших количеств "недружественных" природной среде веществ, что сопровождается сильным загрязнением среды, влекущим за собой практически всегда разрушение попавших в эту зону экосистем.

Разрушение при землетрясениях энергетических объектов, не говоря уже о таких, как АЭС, почти всегда провоцирует возникновение пожаров как в зданиях и сооружениях, так и лесных, степных и хлебных полей. Пожары и взрывы губительны не только для растительности и почвы, но и вызывают загрязнение атмосферы продуктами горения, которые могут переноситься на значительные расстояния, а затем выпадать в качестве кислотных дождей, снега и т. п. Кроме того, снижается прозрачность атмосферы, а значит и поступление солнечной энергии и последующее падение продуктивности, прежде всего фитоценозов.

Таким образом, землетрясения либо непосредственно, либо как фактор образования комплексных многоступенчатых чрезвычайных ситуаций оказывают значительное влияние на состояние окружающей среды. Сами землетрясения сопутствовали всей геологической истории нашей планеты, и в связи с этим природная среда в значительной степени адаптировалась к воздействиям землетрясений, правда эти адаптации были достаточно продолжительными с точки зрения человека, но природная среда все-таки "залечивала" раны, нанесенные землетрясениями. Однако в современных условиях при колоссальной индустриализации человеческой деятельности, росте численности населения человечества, активного строительства, росте городов, увеличении плотности населения в отдельных регионах, нарушении в функционировании природных экосистем и тем более антропогенных систем, в частности урбосистем влияние землетрясений на ускорение глобального экологического кризиса становится все более значимым.

Глава 2. Обследования последствий землетрясений

2.1 Основные виды и задачи обследований

Обследования и оценка последствий землетрясений производятся для многих целей, имеющих как общие, так и специфические задачи. При сильных землетрясениях на основании визуальных осмотров, в том числе с летательных аппаратов и по аэрокосмоснимкам, выполняют следующие виды работ и исследований.

1. Обзорное обследование и оценка масштаба стихийного бедствия с целью принятия срочных оперативных действий по спасению людей и имущества; предотвращения возможных экологических катастроф и пожаров; обеспечения охраны государственного и личного имущества, общественного порядка; оценки необходимых сил и средств, требующихся для жизнеобеспечения пострадавшего населения; планирования дальнейших действий и работ по минимизации ущерба и ликвидации последствий землетрясения. Для получения необходимой информации МЧС и/или его региональные подразделения организуют вертолетный облет или объезд на автомашинах эпицентральной зоны и телефонный опрос глав администраций и своих представителей в более удаленных от эпицентра населенных пунктах. К этой работе могут быть привлечены сейсмологи, геологи, экологи, строители, медики и другие специалисты, необходимые в конкретных условиях.

Во ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций Федерального центра науки и высоких технологий создана ТИС "Экстремум" (занявшая первое место в мире в своем классе), позволяющая в случае возникновения разрушительного землетрясения в любой точке земного шара уже через 2 ч определить возможные человеческие потери, количество сил и средств, необходимых для жизнеобеспечения пострадавшего населения. ГИС "Экстремум" находится на круглосуточном дежурстве и обеспечивает информацией правительства 22 стран Европейского сообщества- Созданная в федеральном центре территориально распределенная система приема и обработки авиационно-космической информации охватывает весь Евроазиатский континент. Полученную от ГИС "Экстремум" информацию используют в первую очередь для предварительной оценки общего масштаба сейсмической катастрофы.

2. Выявление и уточнение количества пострадавших и оставшихся без крова жителей для организации их медицинского обслуживания, обеспечения продуктами питания, жильем, одеждой. Количество и состав бригад для выполнения этой работы определяют йа основании информации, полученной от ГИС "Экстремум" или при обзорном обследовании, однако оказывать первую медицинскую помощь нужно немедленно, в предельно сжатые сроки, не ожидая пребытия спасателей. Уже через 1 ч после землетрясения 40 % общего числа людей, получивших тяжелые травмы и не получивших первой медицинской помощи, относятся к безвозвратным потерям, через 3 ч — 60 %, через 6 ч ~ 95 %.

3. Обследование и оценка состояния объектов жизнеобеспечения населения (вода, электроэнергия, канализация, газ, очистные сооружения, средства связи, дороги) на предмет их безаварийного функционирования и при необходимости подготовки мероприятий по их быстрому восстановлению. В этом и последующих случаях может производиться оперативное и детальное обследование. Оперативное обследование — визуальный осмотр и опрос специалистов с целью оценки возможности безаварийного, в том числе временного, функционирования конкретного объекта без ремонта. Детальное обследование производится в случае серьезного повреждения объекта или его части. При этом составляется анкета (паспорт), подробно описывается характер повреждения с приложением схем, эскизов, результатов замеров, фотоматериалов и другой документации, необходимой для разработки проекта восстановления, усиления или принятия другого решения.

4. Обследование и оценка состояния жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений на предмет возможности их безаварийной эксплуатации.

5.Обследование, оценка и документирование повреждений конкретных зданий и сооружений с целью частичного или полного возмещения ущерба их владельцам страховыми компаниями или государством.

1. Обследование, оценка и документирование повреждений зданий и сооружений с целью составления проектов и смет на их восстановление и ремонт или принятия решения о сносе.
2. Выявление на основе анализа проведенных обследований наиболее удачных и неудачных конструктивных и планировочных решений зданий и сооружений, наиболее хорошо и плохо показавших себя строительных материалов с целью последующей корректировки соответствующих стандартов.
3. Оценка общего экономического ущерба, связанного с факто произошедшего землетрясения: повреждение и разрушение зданий; ранение и гибель людей; жизнеобеспечение пострадавшего населения; спад деловой активности (промышленное производство, торговля, туризм, общественные мероприятия и др.); охрана общественного порядка; восстановление разрушенного хозяйства; лечение и реабилитация пострадавших и т. д. [30].
4. Количественная оценка сотрясаемости на всей территории, где землетрясение ощущалось людьми или проявилось в виде реакций зданий, сооружений, предметов или земной поверхности, с целью составления карты изосейст, уточнения параметров землетрясения, геодинамического режима района и положения сейсмогенерирующих разломов, совершенствования карт общего и детального сейсмического районирования, проверки и совершенствования методов прогноза землетрясений, решения других научных и практических задач, в том числе в рамках международного сотрудничества.

10.Детальное (поквартальное) обследование реакции зданий, сооружений, людей и предметов в пределах застроенных территорий с целью уточнения существующих или составления новых карт сейсмического микрорайонирования, совершенствования методики СМР.

Все виды обследований должны быть проведены быстро, так как информация теряется с каждым днем, а объективные результаты обследования чрезвычайно важны как для принятия срочных мер по ликвидации последствий землетрясения, так и для практического и научного использования в дальнейшем.

Достоверность и качество информации зависят, в частности, от квалификации и степени подготовленности обследователей, обеспечении их необходимой документацией, транспортом, средствами связи. Обследователи должны знать также правила техники безопасности. Необходимо учитывать, что поврежденные здания могут частично или полностью самопроизвольно разрушиться, особенно при наличии повторных толчков; сейсмодеформации (оползни, обвалы, камнепады, лавины и др.) могут возникать не только в момент землетрясения, но и несколько позже.

Ниже рассматриваются методы получения макросейсмической информации, используемой для решения задач общей и инженерной сейсмологии.

2.2 Обследование и оценка распределения макросейсмического эффекта в пределах всего макросейсмического поля

Макросейсмическая информация — ценнейший материал как для развития общей и инженерной сейсмологии, так и для решения практических задач, связанных с хозяйственным освоением и " застройкой территорий. Сбор объективных макросейсмических данных, особенно по сильным землетрясениям задача государственной важности. Поэтому сразу после сильного землетрясения одна из государственных организаций, имеющая на это полномочия (например, специализированный отдел одного из институтов РАН или МЧС), создает штаб для организации макросейсмических обследований. К работе могут привлекаться сотрудники академических и научно-исследовательских институтов, вузов, проектных и других организаций (сейсмологи, геологи, строители), имеющие опыт проведения макросейсмических обследований или прошедшие специальное обучение.

Штаб формирует бригады для проведения обследований (по 2-4 чел. каждая в зависимости от поставленных задач), разрабатывает схемы маршрутов каждой бригады, указывает населенные пункты, подлежащие обследованию, обеспечивает обследователей транспортом, необходимой документацией (карты, командировочные удостоверения, полномочия на получение информации у административных органов и населения и др.), организует телефонный опрос для получения сведений о проявлении землетрясения в удаленных от эпицентра населенных пунктах, получает, обрабатывает и анализирует (совместно с обследователями) поступающую информацию.

Для макросейсмического обследования крупных городов с целью составления в будущем или уточнения существующих карт СМР могут создаваться отдельные (автономные) группы обследователей, состоящие, главным образом, из специалистов строительного профиля, однако штаб осуществляет общее методическое руководство, получает и использует собранную ими информацию.

В первую очередь обследуется эпицентральная зона, так как здесь информация теряется очень быстро (разрушаются дома, не подлежащие ремонту, убираются завалы, нивелируются и засыпаются сейсмодислокации и т. д.). В этот момент важно получить при возможности первичные видео- и фотоматериалы с указанием их точного адреса.

Общее количество участников обследования зависит от масштабов стихийного бедствия и работ, которые им предстоит выполнить. Например, при Дагестанском землетрясении 1970 г. макро-сейсмическое обследование проводили 22 чел. (в разные промежутки времени от 8 до 14 чел. одновременно), не считая бригад, выполнявших поквартальное обследование территории г. Махачкалы. Обследование проходило по маршрутам, общая протяженность которых составила 5 тыс. км, и при посещении 250 населенных пунктов. По 150 населенным пунктам сведения были получены путем опросов. Общая площадь, по которой были собраны данные для составления карты изосейст, составила 432,5 тыс. км2, в том числе площадь зон (тыс. км2): 7 баллов— 3,5; 6 баллов — 12; 5 баллов — 37; 4 балла — 380.

До настоящего времени нет единой общепризнанной методики проведения макросейсмических обследований больших площадей. Наиболее часто используют традиционное (обзорное) обследование, дифференциально-статистический и статистический методы определения балльности.

Обзорное обследование состоит в осмотре строений, беседе с жителями, выделении в ходе этой работы на основе интуиции и опыта обследователя наиболее характерных признаков поведения людей, повреждения зданий, сейсмодислокации. Наибольшее значение при слабых толчках придается таким признакам, как раскачивание предметов, ощущение землетрясения всем населением или его частью, пробуждение спящих, движение и падение предметов; при более сильных толчках основой для оценки становятся типичные (наиболее распространенные в данном населенном пункте) повреждения хорошо известных обследователю видов зданий. При такой методике работы документация на обследованные здания не заполняется, подсчет относительного числа зданий с той или иной степенью повреждения обычно не производится. Первичный материал представляется в произвольной форме — от указания только балла до описания повреждений в домах и цитат из рассказов очевидцев. Недостатками метода являются: отказ от фиксации количественных характеристик реакции людей, зданий, предметов; трудность контроля качества обследования; невозможность оценки точности; трудность формализации информации для компьютерной обработки. Несомненное преимущество метода для опытного наблюдателя—довольно высокая скорость обследования. Метод можно рекомендовать для оценки сотрясаемости в удаленных от эпицентра зонах и при предварительном (оперативном) осмотре территорий.

Дифференциально-статистический метод, предложенный И.В.Ананьиным, основан на применении шкалы М8К-64 к данным официальной статистики, получаемым от администраций населенных пунктов, с выборочным контролем на местности. Точность метода зависит от достоверности и качества контроля данных. Градации официальной статистики обычно не соответствуют градациям шкалы МЗК-64 (см. прил. 4 или табл. 11.1), что затрудняет привязку полученной информации к макросейсмической шкале и ее обработку. Как правило, в административных документах здания подразделяют по категориям: "Не повреждено", "Требует текущего ремонта", "Требует капитального ремонта", "Не подлежит восстановлению". В худшем случае выделяют категории: "Не повреждено", "Повреждено", "Разрушено". При этом под категорией "Разрушено" часто понимается не физическое разрушение, а непригодность здания для жилья или работы. Учитывая эти обстоятельства, для использования данных официальной статистики требуются их критический анализ и выборочная проверка на местности. Такую работу быстро и качественно могут выполнить лишь опытные специалисты. Для более надежной привязки данных официальной статистики составлена таблица перехода от относительного числа поврежденных и разрушенных зданий к средней степени повреждения с последующим переходом от средней степени повреждения к балльности Статистический метод определения балльности был разработан Н.В. Шебалиным как развитие принципов, заложенных в шкалу I М8К-64. Согласно этой шкале, при анализе повреждений учитывается относительное число зданий с двумя наибольшими степенями повреждения. В описываемой методике в отличие от этого строится полное распределение числа зданий по всем степеням повреждения. При небольшом числе построек в населенном пункте обследуют все здания, в противном случае — выборочно, причем выборка должна осуществляться так, чтобы избежать систематической ошибки (при естественном желании осмотреть наиболее поврежденные здания).

Таблица 2.1. Шкала повреждения зданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Степень повреждения d | Структурные повреждения (повреждения материала и ненесущих конструкций)  | Конструктивные повреждения (повреждения несущих конструкций) |
| 0 | Отсутствие видимых повреждений. Допускается осыпание чешуек побелки.  | Отсутствие повреждений |
| 1 | Слабые повреждения:тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусочков штукатурки; вскрытие швов между панелями и в разделки печей, дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах | Отсутствие повреждений |
| 2 | Значительные повреждения: падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, повреждения карнизов, фронтонов, труб, материала кровли  | Слабые повреждения: тонкие трещины в несущих конструкциях, незначительные деформации стыков панелей и узлов каркаса |
| 3 | Разрушения: обвалы перегородок, карнизов, фронтонов, труб, оград | Значительные повреждения: сквозные трещины в несущих блоках, значительные деформации каркаса, вывалы отдельных кирпичей |
| 4 | Не фиксируются | Разрушения: проломы в несущих стенах, обрушения частей здания, нарушение связей между частями здания |
| 5 | Не фиксируются | Обвалы: Обрушение здания в целом или полное обрушение двух-трёх стен и крыши |

Можно использовать два приема: во-первых, на плане населенного пункта наметить заранее подлежащие обследованию здания, выбранные по некоторому принципу (например, каждое пятое здание или все угловые на каждом перекрестке плюс несколько зданий внутри квартала и т. п.); во-вторых, обследовать здания группами, т. е. обследовав несколько зданий подряд, миновать некоторое расстояние и опять обследовать подряд несколько зданий. В каждом населенном пункте желательно обследовать не менее 10 (лучше около 30) зданий основных типов. Если территория населенного пункта отчетливо разделяется на несколько участков с разным рельефом или различными инженерно-геологическими условиями, обследования производят для каждого участка раздельно; В ходе работы каждому обследованному зданию присваивают определенную степень повреждения. Для ускорения работ и обеспечения сохранности первичной документации можно использовать специальные карточки, в которых фиксируется эта информация. В процессе обработки полученной информации для каждого типа зданий вычисляют приведенную (среднюю) степень повреждения dcp (dcp A, dcp Б, dcp В):

dcp =∑djnj/∑nj,

где nj— число обследованных зданий данного типа (А, Б или В), имеющих степень повреждения dj.

Переход от средней степени повреждения dcpк балльности I осуществляется по специальной таблице или графику (рис. 2.1). Метод позволяет выполнять разновременный сбор и обработку макросейсмической информации, в том числе с использованием вычислительной техники; оценить точность полученных результатов (табл. 2.2);

Таблица2.2. Средняя степень повреждения dср при преобладании крайних значений степени повреждения

|  |  |
| --- | --- |
| Значения d  | Процент зданий без повреждений (или с максимальными повреждениями) |
| 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 98 |
| d=0 | 0,3 | 0,1 | -0.1 | -0,4 | -0,6 | -0,9 |
| d=5 | 4,7 | 4,9 | 5,1 | 5,4 | 5,7 | 5,9 |

Первичный итог всей работы — карта изосейст. Для ее составления результаты оценки интенсивности в обследованных (в том числе опросным методом) населенных пунктах наносят на карту. В случае несовпадения оценок в пунктах, обследованных двумя или более наблюдателями, окончательная оценка балльности принимается после совместного обсуждения и анализа первичного материала. Изосейсты проводят как сглаженные кривые, огибающие зоны размещения пунктов с данной балльностью. Сглаживанием изосейсте придается упрощенная форма овальной (по возможности всюду выпуклой) кривой с плавно меняющейся кривизной. При необходимости форма изосейсты может быть и более сложной, однако повышение порядка линии должно быть обосновано достаточно большим числом пунктов с известной балльностью. Число "чужих" пунктов (т. е. пунктов, не соответствующих проведенным изосейстам) не должно превышать 10 % от числа пунктов данного

Рис. 11.1. Соотношения между интенсивностью I (баллы) по шкале МSК-64 и средней степенью повреждения dcp; 1-для зданий типа А; 2 — то же, типа Б; 3 — то же, типа В балла, причем число "чужих" пактов внутри и вне данной изосейсты должно быть примерно равным.

Площадью изосейсты i-го балла (при вычислении глубины очага землетрясения и др.) считается площадь, оконтуренная этой изосейстой, включая шгощади более высоких баллов. Площадью зоны i-го балла (при расчете плотности обследования, экономических подсчетах и т. п.) считается площадь между i-й и i +1 изосейстами.

После завершения работ весь фактический материал передается в архив для дальнейшего использования в научно-производственной деятельности и, в частности, для уточнения сейсмической опасности на подвергшейся сотрясениям территории.

В настоящее время имеется компьютерная программа, позволяющая в течение короткого времени обрабатывать полученную от обследователей информацию о макросейсмических последствиях землетрясения и выдавать результат в виде карты изосейст для оперативного использования. Достоинство программы — возможность поэтапного уточнения карты по мере поступления новой макро-сейсмической информации.

При оценке проявившейся сейсмичности и построении карты изосейст необходимо учитывать некоторые особенности, не вошедшие в явном виде в шкалу М5К-64:

в пересеченной и холмистой местностях амплитуды колебаний, а следовательно, и интенсивность сотрясений возрастают с высотой и с увеличением крутизны склонов;

на границах негоризонтальных неоднородностей и тектонических нарушений, в том числе под толщами нескольких сотен метров, интенсивность может резко возрасти;

в многоэтажных зданиях реакции зданий, людей и предметов на верхних этажах сильнее, чем на первом;

в зданиях одного типа и этажности степень повреждения может зависеть от вида междуэтажного перекрытия (деревянное, сборное или монолитное железобетонное) и кровли.

При оценке балльности обзорным методом по данным о наиболее значительных разрушениях, приуроченных часто к неблагоприятным геологическим структурам или инженерно-геологическим условиям, интенсивность сейсмического воздействия по отношению к средним грунтовым условиям может оказаться завышенной, что приведет к искажению карты изосейст.

2.3 Детальное (поквартальное) макросейсмическое обследование застроенных территорий

Идея поквартального обследования территории города после сильного землетрясения и составления на этой основе карты сейсмического микрорайонирования была выдвинута и осуществлена на примере г. Ашхабада СВ. Медведевым [20].

Основой для оценки балльности по повреждениям зданий является их классификация по степеням повреждения d— объективным независимым характеристикам состояния. Изданий после сейсмического воздействия. Распределение числа поврежденных зданий по степеням повреждения с достаточной точностью может считаться нормальным, одни пользоваться градациями шкалы М8К-64. На этой основе был разработан и применен метод статистической обработки макросейсмических данных, собранных на территории города [11].

На фиксированной площадке

землетрясение гравитационный обвал макросейсмический

dcp=∑d/n,

где d — степени повреждения отдельных зданий, принятые в шкале МSК-64,с добавлением d = 0 и введением понятий о структурных и конструктивных повреждениях (см. табл. 2.1);n—количество зданий на площадке осреднения. Все здания при этом подразделяются на типы А, Б и В, Выделяют также типы зданий, имеющих антисейсмические усиления: С7, С8, С9 рассчитанные соответственно на 7, 8 и 9 баллов.

Сбор и обработку макросейсмических данных можно проводить несколькими способами. Один из них — сбор информации равномерно на всей территории. В этом случае при обработке макросейсмических данных значение dср (для каждого типа зданий отдельно) вычисляют для заранее намеченных площадок осреднения с присвоением центру площадки вычисленной средней степени повреждения. Смещая площадки (с частичным перекрытием), обследованную территорию покрывают сеткой, каждому из узлов которой присваивается соответствующее значение dср, а затем проводят изолинии dcp, Чем меньше размер площадки и больше степень перекрытия, тем "гуще" сетка.

Вычисление dcp можно вести с постоянной детальностью (площадка постоянных размеров) и с постоянной точностью (число зданий сохраняется, а размер площадки меняется). Практически удобнее (без использования компьютерных программ) метод постоянной детальности; постоянной же точности следует добиваться равномерным распределением по площади объектов наблюдения. Пока недостаточно изучен вопрос об оптимальных величинах площадки и шага осреднения. Очевидно, что с увеличением размеров площадки растет ошибка, связанная с влиянием инженерно-геологических условий; при малых площадках сказывается влияние недостаточного числа объектов наблюдения. При компьютерной обработке данных в программу следует включать оптимальные параметры. Можно рекомендовать увеличение площадки и шага осреднения при однородных грунтах и их уменьшение при частой смене инженерно-геологических условий.

В качестве примера отметим, что обработка макросейсмического материала по г. Махачкала производилась на топографической основе масштаба 1:5000; вся территория разбивалась на квадратные площадки со стороной 200 м (площадь 0,04 км2); шаг скользящего осреднения (расстояния между центрами соседних площадок после очередного смещения) был принят равным 100 м; на одну площадку приходилось примерно 10 зданий [11].

В том случае, если на территории города преобладают однотипные здания, инженерно-геологические условия известны, а возможности сбора информации ограничены, можно воспользоваться "кустовым" способом. На нескольких участках с различными инженерно-геологическими условиями обследуют подряд определенное количество зданий (например, 15—20 на каждом участке) и вычисляют dср для каждого участка. Это значение распространяют на всю территорию с аналогичными инженерно-геологическими условиями.

При обработке материалов макросейсмических обследований землетрясения 1971 г. в г. Петропавловске-Камчатском в связи со сложностью инженерно-геологических условий и большим разнообразием типов и конструкций зданий территория города была разделена на участки различной конфигурации и площади. При выделении площадок осреднения основную роль играли два фактора: относительная однородность инженерно-геологических условий и наличие на площадке не менее 10 однотипных зданий.

В связи с тем что шкала повреждений (см. табл. 2.1) является открытой в крайних градациях (d-0 -отсутствие повреждений, наблюдается при любых сколь угодно слабых воздействиях, меньших некоторого предела; d= 5-полное обрушение здания, наблюдается при любых сколь угодно сильных воздействиях, больших некоторого предела), определение dср при наличии на площадке осреднения более 50 % зданий с d = 0 или d=5 производится по табл. 2.2. Отрицательные значении dcp соответствуют средним воздействиям, меньшим тех, которые соответствуют d = 0. Значения dср > 5 соответствуют средним воздействиям, большим тех, которые соответствуют dcp=5.

Переход от средней степени повреждения dср к балльности I может быть осуществлен на основе количественных характеристик процента повреждения в соответствии со шкалой МSК-64. На рис. 2.1 приводятся графики перехода от dcp к I для зданий различного типа. За стандарт следует принимать кривую 2 для зданий типа Б (кирпичные). Для зданий других типов графики требуют уточнения.

Ошибка оценки балльности складывается из ошибки определения dcp ошибки перехода от dcp к I.Первая (при Dср=1-4) при достаточных размерах выборки может быть определена с любой разумной точностью (для оценки dср с ошибкой ±0,25 необходима выборка из 10 зданий). Вторая ошибка не превышает ±0,25, но может быть уменьшена для специально исследованных зданий стандартного типа.

При преобладании зданий с d—0 желательно использовать и другие показатели шкалы МSК-64. Проведение детального макро-сейсмического обследования землетрясения 1971 г. в г. Петропавловске-Камчатском показало, что по аналогии со степенью повреждения можно ввести понятия средней степени воздействия на предметы (pcp) и средней степени воздействия на людей (lср). Используя эти величины и изложенную выше методику, по показателям рср и Iср можно получать макросейсмическую основу для СМР. Особенно важно иметь такую информацию при землетрясениях интенсивностью 4—6 баллов. Учитывая возможность многофакторного анализа с применением ЭВМ, значения рср и Icp могут быть использованы также при обследовании землетрясений и большей интенсивности.

Для уточнения карты СМР (в дополнение к макросейсмическим обследованиям) могут использоваться и инструментальные данные. Учитывая, что сейсмодеформации в породах сопровождаются изменением их физических свойств, Т.Н. Назаровым (2003) разработан метод приближенной количественной оценки сейсмичности по изменениям сейсмических и электропроводных свойств пород после сейсмического воздействия\* Эффективными для такой оценки оказались сейсморазведочные измерения, фиксирующие изменения скоростей прохождения продольных и поперечных сейсмических волн, происходящие в массиве после сильного (^ 6 баллов) сейсмического воздействия. Метод может быть использован на территориях, где проводились сейсморазведочные измерения до землетрясения.

Литература

1. Ананьев В.П., Потапов А.Л. Инженерная геология. — М.: Высшая школа, 2007.

2. Ананьев В.М., Потапов А.Л.- Основы геологии, минералогии и петрографии. — М: Высшая школа, 2005,

3. Апродов К.Л. Зоны землетрясений. — М: Мысль, 2000.

4. Ахундова С.Е. Подготовка населения к землетрясению — один из способов смягчения последствий природной катастрофы сб. "Оценка и управление природными рисками". Т. 2. — М.: КРУК, 2001

5. Белый Л.Л. Современные тектонические движения и сейсмичность. Труды Гидропроекта. Вып. 36. – М.1974.

6. Болт Б.Л. Землетрясения. — М: Мир, 1981.

7. Вегенер А. Происхождение материков и океанов. Современные проблемы естествознания. — Кн. 24. — М.- Л.: Госиздат, 1925.

8. Геологические стихии/Б.А. Болт, УЛ. Хорн, Г.А.: Мир, 1978.

9. Гир Дж., Шах X. Зыбкая твердь. — М.: Мир, 1988.

10. Губин И.Е. Избранные труды. — Т. 1 и 2. — М.: РАН, 2003.

И. Землетрясение 14 мая 1970 года и его проявление на территории г. Махачкалы/ Н.В. Шебалин, Ю.В. Быстрицкая" РА Левкович и др. В сб. "Сейсмическое микрорайонирование г. Махачкалы". — Махачкала 1970 с. 146—159.

12. Инструкция по применению сейсморазведки (РСН-45-77). — М. 1977,

13. Карта сейсмического микрорайонирования г. Махачкалы/В.В.Попов, Г.И. Назаров, И.Л, Ревелис и др. В сб. "Сейсмическое микрорайонирование г. Махачкалы". — Махачкала, 1970.

14. Касахара К. Механика землетрясений. — М: Мир, (985.

15. Кофф Г.Ж., Гусев А.Л., Козшенко С.М. Экономическая оценка последствий катастрофических землетрясений. — М.; РЭФИА, 1996.

16. Курмаев А,М. Сейсмостойкие конструкции зданий. — Кишенев, 1989.

17. Лобацкая Р.М., Кофф Г.М. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. — М.: Наука, 1997,

18. Мартемъянов А.Ж. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах. — М.: Стройиздат, 1985.

19. Мартемъянов А.Ж, Ширин В.В. Способы восстановления зданий и сооружений, поврежденных землетрясением. — М.: Стройиздат, 1978.

20. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. — М.: Стройиздат 1962

21. Медведев С.А, Шебалин Н.В. С землетрясением можно спорить. — М: Наука, 1967.

22. Моги К. Предсказание землетрясений. — М.: Мир, 1988.

23. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений/ЦНИСК им. Кучеренко. — М., 1968.

24. Мушкетов И.Л. Физическая геология. Т. 1. Сейсмические явления. — СПб.: Экономика и финансы, 1891.

25. Мушкетов И.В., Орлов А.Н. Каталог землетрясений Российской империи.— СПб.: Записки ИРГО по обшей географии, 1893.

26. Назаров Г.Н. Методические указания по комплексным сейсмогео-логическим и инженерно-геологическим исследованиям с применением сейсморазведочных установок, — М.: ВИА, 1969.

27. Назаров Г.Н. Оледенения и геологическое развитие Земли;—М.: Недра, 1971,

28. Назаров Г.Н. Памятки ддя оценки прочностных свойств грунтов по величинам скоростей упругих волн. — М.: Стройиза^т, 1972.

29. Никонов А.Л. Землетрясения, — М.: Знание, 1984.

30. Оценка последствий чрезвычайных ситущий/Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, С.Н. Козьмснко и др. — М.: РЭФИА, 1997.

31. Оценка сейсмической опасности участков размещения ядерно- и радиационноопасиых объектов на основании геодинамических данных. РБ-019-01. — М.; Атомэнергоиздат, 2001.

32. Павлов А.И. Землетрясения. — М.: МОИП, 1904.

33. Поляков С.А. Сейсмостойкие конструкции зданий. — М.: Высшая школа, 1983.

34. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. — М.: Стройиз-дат, 1978.

35. Потапов А.Д. Экология. — М.: Высшая школа, 2004.

36. Рац М. В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. — М.: Недра, 1970.

37. Рихтер Ч.Ж. Элементарная сейсмология. — М.: Иностранная литература, 1963.

38. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. — М.: Наука, 1975.

39. Сейсмическое микрорайонирование. — М.: Наука, 1977.

40. Сейсмическое районирование территории СССР. — М.: Наука, 1980.

41. Сейсмические опасности/Отв. ред. Г.Л. Соболев//Природные опасности России. Т> 2. — М,: КРУК, 2000.

42. Сейсмическое районирование территории Российской Федерации — ОСР-97. Карта на 4 листах/Гл. ред. В.Н. Страхов и В.И. Уломов; ОИФЗ РАН. - М.: Текарт, 2000.