

Л. В. Енджиевский  
А. В. Терешкова

# ИСТОРИЯ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ

Монография

Инженерно-строительный институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Александра Терешкова  
**История аварий и катастроф**

«Сибирский федеральный университет»

2013

УДК 624.01+624.07  
ББК 38.54

**Терешкова А. В.**

История аварий и катастроф / А. В. Терешкова — «Сибирский федеральный университет», 2013

В монографии рассмотрены описания и примеры природных катаклизмов (землетрясений, ураганов, торнадо и др.), а также антропогенных катастроф и аварий. Исследованы взаимоотношения «природа – человек» или «человек – природа». При природных катаклизмах человек в основном выступает лишь как пассивный регистратор негативных событий. При антропогенных катастрофах человек – главный фигурант события. Здесь он реализует одну из двух ипостасей: человек-созидатель и человек-разрушитель. Монография предназначена для бакалавров, студентов, магистров, аспирантов технических вузов, специалистов в области прогнозирования негативных природных и антропогенных событий, аспирантов, изучающих вопросы безопасности. Может быть полезна всем интересующимся данной проблематикой. Цель авторов – вызвать у читателей интерес к проблеме. Возможно, в последующем это явится побудительным мотивом к их самосовершенствованию в части своевременного прогнозирования и недопущения негативных антропогенных событий.

УДК 624.01+624.07

ББК 38.54

© Терешкова А. В., 2013  
© Сибирский федеральный университет, 2013

# Содержание

Введение	5
1. Основные понятия, определения, классификации аварий и катастроф	6
1.1. Проблемы антропогенных аварий – главный фактор безопасности	8
1.2. Градостроительные проблемы и безопасность строительного комплекса	15
1.3. Классификация катастроф и аварий	19
2. Землетрясения	21
2.1. Обобщенные сведения о землетрясениях	22
2.2. Последствия землетрясений	27
2.3. Наиболее сейсмические районы России	32
2.4. Примеры землетрясений	34
Конец ознакомительного фрагмента.	43

# Л. В. Енджиевский, А. В. Терешкова

## История аварий и катастроф

### Введение

В монографии представлено описание известных на сегодняшний день природных явлений – землетрясений, ураганов, торнадо, цунами, селей, оползней, эрозий почв, природных пожаров и других (гл. 1–6), негативно с высокой энергетической активностью влияющих на среду обитания всего живого на планете Земля.

На конкретных примерах проиллюстрирована эволюция этих явлений и их взаимоотношений с человеком.

Последний наряду с формальной регистрацией природных катаклизмов, что подтверждено историческими примерами из далекого прошлого, вырабатывает, хотя бы на подсознательном уровне, способы ослабления негативных последствий этих природных катастроф.

Однако глобальных результатов по управлению природными катаклизмами мировое сообщество, включая и научное, к настоящему времени не имеет. Более того, активная роль научной общественности, подталкиваемой постоянно возрастающими потребностями всего сообщества, порой приводит к порождению новых катастроф и аварий, активным творцом которых становится человек.

В гл. 7 – 17 рассматриваются примеры таких аварий в многоотраслевых сферах человеческой деятельности и различных средствах функционирования, созданных человеком уникальных сооружений и сложных технических систем.

Представление в едином формате различных по типам чрезвычайных событий позволяет по-новому оценить роль человека во взаимоотношениях «человек-природа». С одной стороны, он выступает как человек-созидатель, гениально познающий законы природы и успешно проникающий в ее среду, с другой – человек-разрушитель, результаты деятельности которого приводят к антропогенным авариям и катастрофам.

С целью более четкого понимания события, особенно природного характера, его разрушительного воздействия, длительности, повторяемости и специфики последствий в гл. 1–6 приводятся упрощенные общетеоретические сведения о событиях. При этом преследуется цель не глубокого познания события, а лишь его обобщенного представления для возможной оценки собственной безопасности и риска.

Некоторые из примеров должны восприниматься как исторические факты, другие – служить опытом для изменения среды обитания, третьи – отражать конкретные уроки человеческой беспечности, негативного легковесного отношения к технике безопасности, чрезмерного преклонения перед «русским авось» и др.

Рядовой читатель этой книги в конце ознакомления с ней может сделать вывод: его влияние, как и всего человечества, на возникновение и развитие природных катастроф в настоящее время ничтожно мало; в отношениях с антропогенными катастрофами и авариями он главный активный фигурант, от него всецело зависит то, быть или не быть соответствующим катаклизмам.

# 1. Основные понятия, определения, классификации аварий и катастроф

**Катастрофа** – событие с несчастными трагическими последствиями [1], обусловленное внезапным изменением внешних условий и воздействий, вызывающее негативные изменения среды обитания, разрушение различных строительных и других объектов, возбуждающее возникновение новых катастрофических событий с негативными воздействиями и угрозами для жизни людей, порой превышающими соответствующие проявления от первоначального (исходного) события.

**Авария** – выход из строя, повреждение какого-нибудь механизма, машины, устройства во время работы, движения [1]. Авария есть конкретное следствие катастрофы; следствие отклонения от нормального технического режима; локальное разрушение, обусловленное ошибками проектирования, накопленными в процессе создания и эксплуатации дефектами и другими факторами [2].

В историческом плане катастрофы и аварии были, есть и будут. Однако масштабность их негативного проявления постоянно будет изменяться: с одной стороны, уменьшаться ввиду того, что человеческое сообщество развивается, «умнеет», накапливает опыт прогнозирования природных катаклизмов и учит упреждающе реагировать на них, с другой – увеличиваться также по причине интеллектуального развития. Проникая в глубины Вселенной и на микроуровне в структуру и физические свойства материи, человеческое сообщество создает гигантские сооружения и технические средства для интенсивного «выкачивания» природных ресурсов, развивает технологии синтеза новых материалов и целенаправленного разделения их атомов, а при возникновении каких-либо технологических нарушений весь этот накопленный ресурс превратится в источник новых, теперь уже антропогенных, катастроф и аварий.

Человечество, как утверждал ранее Вернадский, стало главной геологообразующей средой на Земле в XX в. Достигло оно этого как ростом своей численности, так и ростом и реализацией своих достижений и потребностей. Последние особенно быстро изменяют уклад жизни и влияют на ход эволюционного развития Земли. Диапазон такого воздействия весьма широк: от искусственного энерговыделения, по мощности сравнимого с природными явлениями, до перманентного ухудшения почвы, растительности, атмосферы, воды. Необходимо осознать опасность антропогенного влияния человечества на природу и огромную ответственность, стоящую перед ним. Решить эти проблемы человечество может лишь опираясь на науку, которая и должна определить пути перехода на устойчивое развитие человеческого общества на Земле.

Таким образом, причинами возникновения катастроф могут быть природные явления и антропогенные, спровоцированные активной деятельностью людей.

**Природные явления** – землетрясения, извержения вулканов, цунами, наводнения, сели, снежные лавины, ураганы, торнадо, смерчи и др.

**Антропогенные** – разрушения гидротехнических сооружений; взрывы на атомных электростанциях, хранилищах отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и ядерно-технологических центрах, на складах боеприпасов; разрывы нефте- и газопроводов, резервуаров; катастрофические аварии на море и других видах транспорта; аварии в авиации и в космической отрасли на земле и в космосе; пожары и др.

По данным Международной федерации Красного Креста и Красного Полумесяца, на конец прошлого столетия:

- зарегистрировано более 150 тыс. смертей ежегодно, из них 95 % – по причинам природных катастроф, 5 % – по вине человека, незнанию, преступной халатности, самоуверенности и расчетов на «русское авось»;

- около 130 млн человек ежегодно остается без крова и имущества.

Научно-технический прогресс приводит к увеличению гибели людей, материального ущерба и существенному ухудшению среды обитания.

Частичные повреждения или обрушения зданий в процессе строительства и эксплуатации происходили и происходят во всем мире, во всех странах. Меняются только причины и характер ситуаций. С развитием науки, с разработкой новых конструкций и конструктивных схем зданий и сооружений возникают новые требования к их расчету, проектированию, изготовлению и монтажу. Возникают и новые, раньше не известные в практике строительства просчеты и ошибки и, как следствие, аварийные ситуации.

## 1.1. Проблемы антропогенных аварий – главный фактор безопасности

Указанные проблемы в различном наполнении должны затрагивать все территории земного шара. Мы же здесь для упрощения понимания сосредоточимся лишь на ограниченном числе региональных проблем безопасности Красноярского края [3].

Главное управление совместно с Управлением Енисейского округа Госгортехнадзора России, органами Госпожнадзора, центрами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора проводят планирование мероприятий по недопущению возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Базовые положения системы управления безопасностью на федеральном уровне определены Законом Российской Федерации от 28 декабря 2010 г. № 390 «О безопасности» и Указом Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.».

**Безопасность** – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства.

### Основные направления по защите населения в условиях чрезвычайных ситуаций

Основные направления по защите населения в условиях чрезвычайных ситуаций:

- инженерная защита;
- организация оповещения рабочих, служащих и местного населения прилегающих к аварийному объему территорий о возникшей чрезвычайной ситуации;
- проведение эвакуационных мероприятий.

**Инженерная защита населения** направлена на обеспечение выживаемости и жизнедеятельности населения в условиях чрезвычайных ситуаций [3]. Одним из путей решения задачи защиты производительных сил страны и населения является создание в населенных пунктах различных типов защитных сооружений, предназначенных для укрытия людей. В Красноярском крае на протяжении многих лет велась планомерная работа по наращиванию средств коллективной защиты. В настоящее время основная проблема заключается в прекращении строительства объектов гражданской обороны. Негативные тенденции в экономике и социальной сфере привели к тому, что начиная с 1992 г. строительство и ввод в эксплуатацию защитных сооружений как для населения, так и для работающих смен предприятий практически прекратились, хотя на территории края имеются объекты, где не решены вопросы защиты персонала.

Другая проблема связана с сохранностью имеющегося фонда защитных сооружений, их готовностью к приему укрываемых.

**Эвакуационные мероприятия** по вывозу и выводу населения и размещению его в загородной зоне являются одним из основных способов защиты населения от современных средств поражения.

Для непосредственной организации и проведения эвакуационных мероприятий решением начальника гражданской обороны (ГО) – губернатора края – созданы эвакуационные органы, которые работают во взаимодействии с Главным управлением, управлениями по делам ГО и ЧС городов и районов края и службами гражданской обороны.

Внутриведомственными инструкциями предусмотрен перечень мероприятий по предупреждению аварий на потенциально опасных объектах.

Например, на *химически опасных объектах* должны быть предусмотрены:

- решение вопросов организации и поддержания в постоянной готовности системы оповещения рабочих и служащих объекта и проживающего вблизи населения об опасности поражения активно-химическими и опасными веществами (АХОВ) и порядок доведения до них установленных сигналов оповещения путем создания локальных систем оповещения;

- согласование с руководством гражданской обороны города (района) вопросов использования формирований других объектов и средств оповещения в случае необходимости, порядка представления донесений о возникновении очагов заражения;

- обучение личного состава формирований объекта выполнению специальных работ по ликвидации очагов заражения;

- накопление индивидуальных средств защиты (промышленных, гражданских и изолирующих противогазов, средств защиты кожи) для обеспечения рабочих и служащих объекта, хранение и поддержание средств защиты в постоянной готовности;

- создание запасов средств для дегазации (нейтрализации АХОВ);

- оборудование емкостей, коммуникаций и производственных установок с АХОВ автоматическими и ручными устройствами, предотвращающими утечку АХОВ в случае аварии.

На *взрывоопасных объектах* необходимо обеспечить:

- прогнозирование возможных чрезвычайных ситуаций на основе анализа статистики возникновения их в течение определенного времени и состояния объекта;

- разработку организационно-технических мероприятий, направленных на повышение устойчивости и безаварийности работ, быструю ликвидацию аварий и катастроф с учетом конкретных особенностей каждого предприятия;

- проверку состояния технологического оборудования и вентиляционных систем объектов, условий складирования хранения и транспортировки взрывопожароопасных веществ и материалов, разработку мер по защите рабочих и служащих объектов и населения, проживающего вблизи взрывопожароопасных объектов, организацию обучения способам защиты и оказания первой медицинской помощи;

- подготовку сил и средств гражданских организаций к ликвидации последствий аварий и катастроф.

**Мониторинг состояния природной среды и потенциально опасных объектов**, оценка и прогнозирование возможностей возникновения ЧС, опасных процессов в техносфере осуществляется с использованием системы аварийного контроля, дежурно-диспетчерских служб промышленных объектов, а также краевой сети наблюдения и лабораторного контроля.

**Деятельность Главного управления ГОЧС края** по предупреждению техногенных чрезвычайных ситуаций, проведению мероприятий по подготовке к ликвидации чрезвычайных ситуаций не ограничивается организацией и проведением мероприятий на существующих производствах, транспортных коммуникациях, в жилищно-коммунальном хозяйстве. Главное управление рассматривает и планирует эти мероприятия еще на стадии сбора исходных данных и проектирования строительства объектов промышленности и социально-бытового назначения.

Промышленность, энергетика, транспорт, строительство и коммунальное хозяйство, другие отрасли экономики представляют собой сложнейшие комплексы инженерно-технических систем, сооружений и сетей, многие из которых работают в напряженном режиме и могут стать источником непосредственной опасности либо способствовать развитию вторичных поражающих факторов. В этих условиях резко возрастает значимость превентивных мер по подготовке к защите населения и территорий от возможных чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени, в число которых входят инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению ЧС.

## **Основные угрозы и виды чрезвычайных ситуаций на территории Красноярского края**

Особенности географического положения, природные и социальные условия, уровень развития промышленности и сельского хозяйства определили специфическую картину угроз на территории Красноярского края. Насыщенность сырьевыми ресурсами, значительные площади сельскохозяйственных земель, низкая плотность населения и его однородность, удаленность от государственных границ исключают военные угрозы, угрозы межнациональных и социальных конфликтов. На этом фоне основные угрозы связаны с чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. На территории Красноярского края возможно возникновение следующих основных видов чрезвычайных ситуаций [3]:

1. Транспортные аварии (аварии на автодорогах, авиационные катастрофы, аварии пассажирских и грузовых судов речного и морского флота, на магистральных нефте- и газопроводах, транспорте с выбросом опасных химических, радиоактивных, биологических веществ и т.д.).

2. Пожары, взрывы, внезапные обрушения зданий и сооружений на промышленных и сельскохозяйственных объектах, в том числе на объектах, использующих радиационные источники.

3. Аварии с выбросом радиоактивных веществ на объектах ядерного цикла.

4. Аварии с выбросом химически опасных веществ и опасных биологических веществ на предприятиях.

5. Аварии на очистных сооружениях.

В табл. 1.1 представлены некоторые характеристики основных видов чрезвычайных ситуаций, отмечаемых на территории Красноярского края. Как видно из таблицы, наиболее масштабными по территории и потерям являются наводнения и лесные пожары. Наиболее высокие уровни рисков как техногенных, так и природных ЧС приходятся на южные, наиболее населенные и промышленно развитые районы края. Серьезную угрозу также представляют аварии на транспорте и в промышленности. В табл. 1.2 приводятся основные потенциально опасные промышленные объекты на территории края. Большинство объектов расположено в крупных городах (Красноярск, Ачинск, Канск, Минусинск).

Таблица 1.1

### **Характеристика основных видов чрезвычайных ситуаций**

Вид чрезвычайной ситуации	Районы возникновения	Интенсивность событий в год	Средний годовой ущерб, млн руб.
Наводнения	Таймырский и Эвенкийский АО, Казачинский, Канский, Курагинский, Каратузский, Ермаковский, Енисейский	0,25 – 0,3	120 – 170
Снежные лавины	Курагинский, Саянский	0,1	> 1,0
Ураганные ветры	Таймырский АО, южные районы	0,2	> 10
Землетрясения	Южные районы	0,2	–
Лесные пожары	Центральные районы, Эвенкийский АО	Свыше 1 000	20 – 30
Аварии на транспорте	Транссибирская магистраль, Ачинск, Боготол, Канск, Красноярск, Заозерный, Иланск, Минусинск	2 – 5	< 0,1
Аварии на взрывопожароопасных и химически опасных объектах	Ачинск, Енисейск, Канск, Красноярск, Минусинск	3 – 7	> 1,0
Аварии систем жизнеобеспечения	Ачинск, Боготол, Енисейск, Лесосибирск, Красноярск, Канск, Заозерный, Иланск, Минусинск	3 – 5	10 – 20
Пожары на промышленных объектах и в населенных пунктах	То же	100 – 150	> 10
Аварии на объектах ядерного цикла	Красноярск	Не оценивались	Не оценивались

В Красноярском крае в двух городах расположены радиационно опасные объекты, возникновение ЧС на которых может вызвать радиоактивное заражение местности за пределами санитарно-защитных зон этих предприятий:

- г. Железногорск – с действующим производством по хранению ОЯТ;
- г. Дудинка – стоянка ледоколов «Таймыр», «Вайгач», лихтеровоза «Севморпуть» с действующими ядерными энергетическими установками (ЯЭУ).

Таблица 1.2

**Основные потенциально опасные промышленные объекты**

Наименование	Место расположения	Характер опасности, количество веществ	Размер зоны и потери
АО «Сибэласт»	Красноярск	Каучуки, химическое сырье, масла Всего – 3 830 т	Территория завода. Число пострадавших – 2 500 человек
Красноярский завод СК, «Сивинит»	Красноярск	Бутадиен, нитрил-акриловая кислота, аммиак, сероуглерод. Всего – 3 975 т	Опасная зона – 600 м территории заводов. Число пострадавших – 1 500 человек
АО «Сибэлектросталь»	Красноярск	Пропан-бутан – 300 м <sup>3</sup>	Опасная зона – 1 000 м. Число пострадавших – 23 450 человек
ТЭЦ-1, 2, 3	Красноярск	Уголь – 2 070 тыс. т, мазут – 3 000 т	Опасная зона – 300 м. Число пострадавших – 550 человек
Нефтебаза	Красноярск	Бензин – 10 300 т, дизельное топливо (ДТ) – 11 т	Опасная зона – 150 м
Надеждинский металлургический завод, нефтебаза	Норильск	Метан, бутан, пропан – 24 млн м <sup>3</sup> /мес., бензин, ДТ, керосин	Территория завода
Нефтебаза	Ачинск	Горючесмазочные материалы (ГСМ) – 9 850 т	Территория нефтебазы
Ачинский нефтеперерабатывающий завод (НПЗ). Нефтебаза	Ачинск	Сырая нефть – тыс. м <sup>3</sup> , бензин – тыс. м <sup>3</sup> , бутан – м <sup>3</sup> , пропан – м <sup>3</sup> , пиломатериалы – 10 тыс. м <sup>3</sup>	Территория завода, склада. Число пострадавших – 2 500 человек
Газонаполнительные станции	Красноярск, Канск	Сжиженный газ – 2 400 м <sup>3</sup>	Территории станций. Число пострадавших – 4 922 человек
Абалаковский участок спецгрузов	Лесосибирск	Взрывные материалы (ВМ) – 5 тыс. т	Территория предприятия. Безвозвратные потери – 3 460 человек
Железнодорожные станции	Красноярск, Ачинск, Боготол, Иланский, Канск	∑ ВМ – 250 т	Территория предприятий. Число пострадавших – 87 900 человек

При аварии на Горно-химическом комбинате (г. Железногорск) с выбросом радиоактивных веществ возможно образование зоны радиоактивного заражения территории Березовского, Емельяновского, Сухобузимского районов, городов Железногорск и Сосновоборск.

Особое значение в условиях края имеет угроза катастрофического затопления при разрушении и прорыве плотин гидроузлов: Красноярской, Саяно-Шушенской, Братской и Усть-Илимской ГЭС. В зону катастрофического затопления попадает 7 городов (Дивногорск, Красноярск, Сосновоборск, Енисейск, Лесосибирск, Минусинск, Железногорск), 17 сельских районов и до 145 населенных пунктов.

*Производственный потенциал, состояние основных фондов тесно взаимосвязаны с вопросами безопасности техногенной сферы.*

На территории Красноярского края действует более 2 200 предприятий, эксплуатирующих потенциально опасные объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и способные в случае аварии привести к возникновению ЧС техногенного характера.

Наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают горнодобывающие (включая угольные) предприятия, объекты химической и нефтехимической промышленности, нефтеперерабатывающего комплекса, металлургические производства и предприятия тепловой энергетики.

Источником загрязнения окружающей среды являются и хранилища отходов рудообогащения. Общий объем отходов рудообогащения в хвостохранилищах в настоящее время составляет 160,3 млн м<sup>3</sup>, химические элементы которых неконтролируемо участвуют в биогеохимических круговоротах. Только на золотодобывающих предприятиях Северо-Енисейского района в течение года образуются около 1 млн т отвалов с отходами 1 – 2 класса токсичности. Основная масса опасных промышленных отходов размещена в специально отведенных местах. Общая площадь мест хранения отходов производства составляет 2 680 га. Кроме того, под техногенные отвалы, терриконы, шлакозолоотвалы общим объемом 390 млн м<sup>3</sup> отчуждено 2 180 га земель. За последние десятилетия на территории Красноярского края накоплены огромные объемы промышленных отходов, общая масса которых продолжает интенсивно нарастать.

*Проблемы безопасности, особенно экологической и обусловленные крупными авариями на производствах, усугубляются приватизацией и сменой собственника.*

Психология «временщиков»: главное – сиюминутная прибыль, а проблемы безопасности вне их интересов и компетенций. По вине таких собственников происходит нарастание числа аварий. Причины: использование выработавшего свой ресурс оборудования на промышленных предприятиях, нехватка средств на своевременную модернизацию, пренебрежение нормами и правилами технологических процессов, низкая производственная и исполнительская дисциплина технического персонала и многое-многое другое.

Среди этого «другого» еще одна практически не звучавшая до сих пор тема. В настоящее время стремительно выросло количество фирм, предлагающих свои услуги по экспертной оценке безопасности промышленных объектов. Масса морально и физически устаревшего производства при острой необходимости его дальнейшей эксплуатации (а иначе как выживать сегодня многочисленным городкам, образованным много лет назад для обслуживания одного промышленного монстра, как обеспечить занятость населения, социально-экономическое существование региона?) требует от администрации предприятий хотя бы какой-то видимости соблюдения норм безопасности.

Бывают причины и менее уважительные. Недавно на одном «старом» химическом заводе произошло массовое отравление работающего персонала из-за беспредельно завышенной загазованности вредными парами. Причем согласно требованиям правил безопасности во всех цехах предприятия были установлены специальные импортные датчики, фиксирующие малейшее присутствие в воздухе опасного газа. Но они не подняли тревогу, потому что администрация предприятия, не желая расставаться с прибылью, приказала их выключить.

К основным причинам возникновения аварийных ситуаций, промышленных аварий и катастроф относятся:

- недопустимый, прогрессирующий износ средств производства, особенно технологического оборудования, транспортных средств и основных производственных фондов, превышающий в некоторых отраслях экономики 90 %;
- нарушение правил техники безопасности и технической эксплуатации промышленных производств;
- снижение качества сырья и продукции;

- недостаточная надежность систем обеспечения промышленной безопасности в горной промышленности, на транспорте, в энергетике, сельском хозяйстве;
- снижение уровня ведомственного контроля над выполнением правил и норм по вопросам, связанным с промышленной безопасностью;
- низкая культура производств, слабая технологическая дисциплина, снижение компетенции и ответственности, уход высококвалифицированных и даже уникальных специалистов из вредных и потенциально опасных производств в коммерческие непромышленные сферы;
- увеличение масштабов использования взрывоопасных, пожароопасных, химически активных, радиационных и биологически опасных веществ, производств и технологий, особенно во вновь образованных малых и совместных предприятиях;
- изношенность коммуникационных систем;
- недостаточность и несогласованность превентивных мероприятий (профилактики) по предупреждению и предотвращению вредных производственных воздействий, промышленных аварий и катастроф;
- нерациональное размещение на территории городов Красноярского региона вредных производств и потенциально опасных объектов, просчеты в их проектировании, строительстве и модернизации высокорисковых предприятий;
- отсутствие законодательной и нормативно-правовой базы в вопросах промышленно-техногенной безопасности, разработанной и принятой на региональном уровне;
- потеря или неквалифицированное управление частью собственности предприятий, в первую очередь системами обеспечения безопасности жизнедеятельности, со стороны новых владельцев;
- снижение инвестирования в сферу промышленной безопасности;
- понижение общего уровня образования, фундаментальных и прикладных научных исследований в сфере обеспечения промышленной безопасности;
- значительное сокращение расходов на научные и опытно-конструкторские работы по созданию и закупке специальных технологий промышленной безопасности, а также средств жизнеобеспечения.

Вместе с тем следует отметить, что безопасность как свойство и объективный показатель деятельности промышленных предприятий не планируется, не нормируется и не прогнозируется в большинстве случаев. До настоящего времени отсутствуют объективные методы оценки обоснованных критериев работоспособности промышленных предприятий и сооружений, не исследованы общие закономерности и конкретные механизмы развития социально и экологически опасных ситуаций в районах строительства и эксплуатации производственных объектов.

## 1.2. Градостроительные проблемы и безопасность строительного комплекса

Безопасность градостроительства – основа безопасности населения городов.

Современный город превратился в сложную техническую систему (СТС). При этом он стал носителем как достоинств, так и негативных факторов, влияющих на безопасность его населения и окружающей среды [3]. Город является также структуроформирующим ядром территориальных систем, играя роль фокуса тяготения населения, транспорта, информации и т. п.

**Региональный аспект** безопасности связан со спецификой экономико-географической ситуации, которой характеризуется Восточная Сибирь в целом и Красноярский край в частности. В первую очередь это большие размеры территории, неравномерность ее освоения, низкая плотность заселения. Условия неравномерности расселения определяют региональную систему населенных мест как «очаговую», отражая тем самым ее моноцентрический характер. Моноцентризм достаточно устойчива. Так, на 1 января 2000 г. в Красноярском крае проживало 3 038,9 тыс. чел. Доля городского населения составляла 74,4 %. Из них насчитывалось, тыс. человек: в Красноярске – 877,8; Норильске – 238,9; Ачинске – 123,7; Канске – 107,5; Минусинске – 75,7; Дудинке – 31,5; Енисейске – 21,6.

**Антропогенные факторы** связаны с конкретной созидательной деятельностью людей и в условиях Сибирского региона характеризуются масштабностью и глобальностью поставленных задач, решение которых осуществлялось экстенсивными методами. Огромные территории и богатейшие ресурсы обусловили приоритет затратным технологиям. Так, экстенсивный характер градостроительной деятельности подтверждается уменьшением посевных площадей, сокращением лесных массивов и последовательным увеличением ареалов техногенного использования территорий. В результате активной деятельности человека произошли серьезные изменения окружающей среды, которые повлияли на различные стороны жизни населения. Налицо возрастание противоречий в вещественных, энергетических, информационных, культурных связях общества с природой.

На протяжении последних лет жизнедеятельности рассмотренные факторы сибирских городов проявили свою специфику особо отчетливо, усилив дисбаланс их развития. Вследствие этого вопросы комфортного и безопасного проживания обострились. Комплекс проблем, характеризующих ситуацию, представлен на рис. 1.1. Сложилось так, что в городской застройке находятся вредные производства, склады горючего, ядохимикатов, ТЭЦ, котельные и пр., что недопустимо в принципе. Такая ситуация требует проведения анализа и выработки мер безопасности, вплоть до выноса объектов за черту города.



Рис. 1.1. Комплекс проблем и факторы безопасного градостроительства

В качестве мер защиты необходим комплексный подход к вопросам градостроительной экологии с анализом развития города через призму воздействия на окружающую среду и условия существования человека (рис. 1.2).

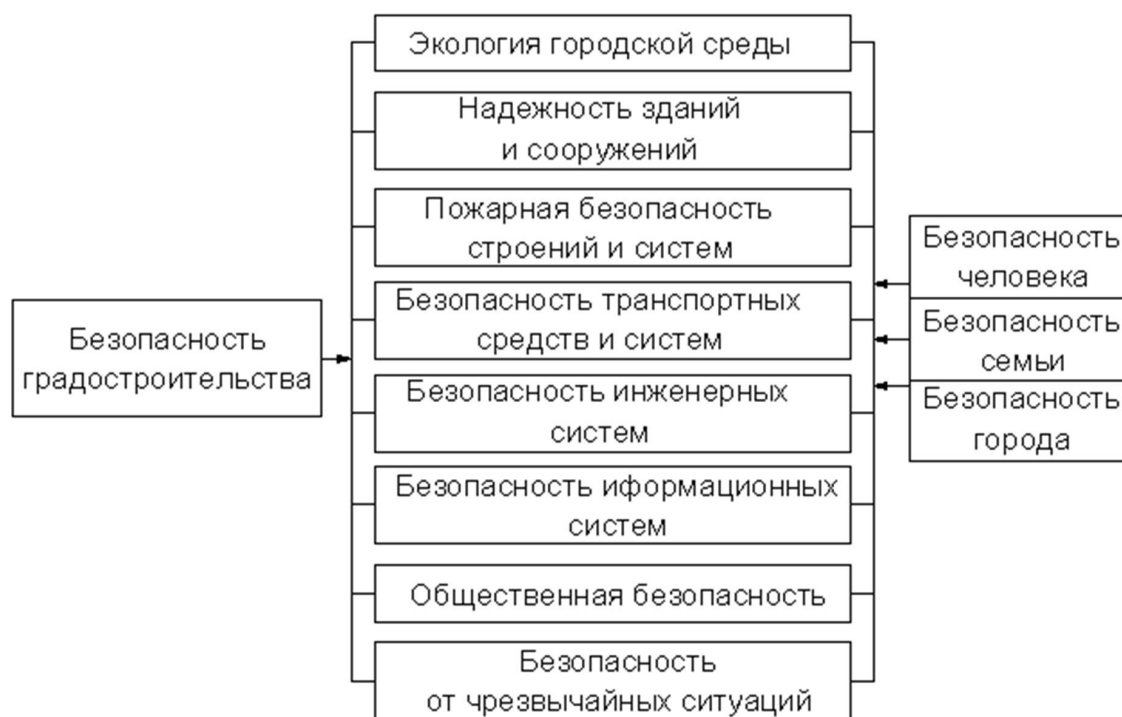


Рис. 1.2. Составные элементы безопасности

**Жилищный фонд Красноярского края** можно условно разделить на пять основных групп:

1. Старые здания и сооружения, построенные в XIX – начале XX вв., – менее 5 %.
2. Постройки 20 – 50-х гг. – около 25 %.
3. Массовое крупнопанельное строительство 60 – 80-х гг. – 35 %.
4. Дома улучшенной планировки – 32 %.
5. Индивидуальное (элитное) жилье – около 3 % (с тенденцией увеличения).

**Формирование промышленных комплексов и строительство промышленных зданий и сооружений** в регионе происходило импульсивно:

- в начале XX в. было обусловлено строительством Транссибирской магистрали;
- 50-х гг. – началом Великой Отечественной войны и эвакуацией заводов из западных районов страны;
- 60 – 80-х гг. – интенсивным развитием цветной металлургии, энергетического, машиностроительного, химического комплексов.

Наиболее негативное влияние на инфраструктуру г. Красноярска оказал второй период. Ситуация начала Великой Отечественной войны не позволяла с достаточной обоснованностью осуществлять выбор и инженерно-, гидро- и геологические обоснования площадки под строительство промышленных объектов и их конструктивных решений.

Определяющим условием обеспечения безопасности и надежности зданий и сооружений является правильный и всесторонний учет природных и климатических воздействий. Однако в связи с недостаточной изученностью отдельные районы Красноярского края на картах районирования территории страны по климатическим характеристикам представлены схематично.

Согласно нормативной карте ОСР–97 «Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации» южные районы Красноярского края, а также соседние республики Хакасия и Тыва расположены в зоне Саянских сейсмических разломов и примыкают к Байкальской рифтовой зоне. Для этих регионов существует высокая вероятность землетрясений силой 6 – 8 баллов. В сейсмически активной зоне Красноярского края располагаются более 300 опасных промышленных объектов: химические производства, хранилища химически опас-

ных веществ, ядерные промышленные и военные объекты, гидроэлектростанции, предприятия топливно-энергетического комплекса и др.

### 1.3. Классификация катастроф и аварий

Катастрофы, как правило, классифицируются по признакам природных проявлений – землетрясения, цунами, ураганы, сели и др. Что касается аварий, с учетом большого многообразия инженерных сооружений с существенными отличиями по материалам, условиям эксплуатации и другим особенностям создать единую системную классификацию, очевидно, невозможно.

Даже для более узкой задачи – классификации строительных объектов – подход у разных авторов различный.

Так, Ф. Д. Дмитриев выделяет в качестве главных факторов, являющихся причинами аварий, стихийные силы природы, несовершенство инженерно-технических знаний, социально-экономические условия, присущие капиталистическому обществу [4]; Мак-Кейг – невежество, экономию, небрежность, стихийное бедствие [5]; А. И. Кикин – силовые воздействия, механические, физические и химические воздействия [6]; И. А. Мизюмский – ошибки проектирования, дефекты, возникающие в процессе производства работ; эксплуатации, недостаточную изученность условий работы и свойств материалов [7].

В книге [8] приведена классификация металлических конструкций по восьми причинам аварий:

1. Снег и непродуманная его очистка, наледи, производственная пыль; несоответствие фактических весов конструкций запроектированным; ветер; крановая нагрузка; динамическое воздействие нагрузки; температурные воздействия.

2. Перегрузка; отсутствие надлежащей развязки сжатых поясов; недостаточное количество или несвоевременная расстановка связей (постоянных и временных); большая гибкость элементов, эксцентричное приложение нагрузки; нарушение проекта производства работ (ППР); наличие вмятин и погнутостей; податливость монтажных стыков; несвоевременная или неправильная анкеровка опор; температурные деформации при неудачном закреплении связей; недостаточная толщина в листовых конструкциях; искажение геометрической формы (в резервуарах, балках и подобных конструкциях); неудачное крепление оттяжек, вант; следствие неудачной строповки при монтаже; включение в проект новых инженерных решений без достаточной экспериментальной проверки; ошибки в расчетах, в чертежах.

3. Хрупкое разрушение в результате применения хладноломких сталей и конструктивных форм элементов с пониженной хладостойкостью; хрупкое разрушение сварных швов; замена одних профилей другими; недостаточная прочность, жесткость и устойчивость; неудачный выбор расчетной схемы (несоответствие действительной работе конструкций); несоответствие чертежей, выполненных в стадиях *конструкции металлические* (КМ) и *конструкции металлические и детализовка* (КМД); наличие концентраторов напряжений; примитивный приближенный расчет конструкций; неудачное конструктивное решение главным образом узлов сопряжений; занижение расчетной нагрузки по сравнению с реальной; недооценка жесткости узлов, внецентренное приращение элементов; невыполнение требований ремонтпригодности; низкая квалификация исполнителей; отсутствие авторского и технического надзора.

4. Ошибки при выполнении сварки в зимнее время; строповке; неправильный порядок наложения сварных швов; некачественная сварка; дефекты хранения и транспортировки конструкций; дефекты укладки сборных железобетонных плит покрытия; неправильная временная расчалка конструкций; отступление от ППР; монтаж конструкций главным образом до приемки нулевого цикла; неверный выбор способа и порядка монтажа; повторная склепка и т. п.; применение некачественных материалов; низкое качество изготовления конструкций, монтажа; недооценка монтажных нагрузок; несвоевременная постановка связей жесткости; изгиб косынок в плоскости наименьшей жесткости при небрежном выполнении монтажа; устройство

не предусмотренных проектом отверстий и пазов; невыполнение требований ремонтпригодности, ввод в эксплуатацию конструкций (зданий и сооружений) с существенными недостатками.

5. Подвеска к конструкциям различного вида дополнительного оборудования; отсутствие периодического осмотра состояния конструкций; перегрузка снегом, производственной пылью; коррозия стали; ошибки, допущенные при реконструкции сооружений и усилении конструкций; увеличение нагрузки без усиления конструкций, без регулирования в них напряжений; отсутствие защиты конструкций, работающих в агрессивных средах; устройство не предусмотренных проектом отверстий и лазов.

6. Усталостные разрушения; разрушения от старения; вибродинамическое действие кранов, подвижного состава и т. п.

7. Неравномерная осадка сооружения, железобетонных колонн под стальные подкрановые балки; дефекты в кирпичной кладке, на которую опираются металлоконструкции; потеря устойчивости основания; неравномерное промораживание грунта; наличие перекошенных закладных частей; пучение грунта; замачивание лессовидных грунтов; дефектность инженерно-геологических изысканий.

8. Различные обвалы, взрывы, подмыв фундаментов, обрушения, вышележащих конструкций, удары и т. п.; аварии, вызванные сейсмическими воздействиями, ураганными ветрами и наводнениями.

Исследования аварий привели к выводу о том, что к наиболее типичным сочетаниям основных причин аварий относятся потеря устойчивости и перегрузка независимо от того, в результате чего они произошли.

Необходимо отметить, что некоторые условности в определениях, принятых в классификации, всегда неизбежны. Отметим, что аварии, как правило, вызваны не одной причиной, а их сочетанием.

## 2. Землетрясения

*Землетрясение* – подземные толчки и колебания земной поверхности, возникшие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний. Интенсивность землетрясений оценивается в сейсмических баллах или определяется величиной магнитуды.

В СССР использовалась 12-балльная сейсмическая шкала (ГОСТ 6249–52) и шкала MSK-64 – шкала Рихтера [2]. *Сейсмический балл* – условная единица интенсивности землетрясения на поверхности земли. *Шкала Рихтера* – сейсмическая шкала магнитуд, основанная на оценке энергии сейсмических волн. Соотношение между магнитудой землетрясения по шкале Рихтера и его силой в эпицентре по 12-балльной шкале зависит от глубины очага. Шкала предложена в 1935 г. американским сейсмологом Ч. Рихтером.

## 2.1. Обобщенные сведения о землетрясениях

Распределение землетрясений территориально неравномерно. Оно определяется перемещением и взаимодействием литосферных плит.

Известны два главных сейсмических пояса: Тихоокеанский, охватывающий кольцо берега Тихого океана и выделяющий до 80 % всей сейсмической энергии, и Средиземноморский.

При землетрясениях движение грунта носит волновой характер. Волны трех типов распространяются с различными скоростями: продольные, поперечные и поверхностные. Колебания грунта в сейсмических волнах возбуждают колебания зданий и сооружений, вызывая в них инерционные силы. При недостаточной прочности (сейсмостойкости) конструкций происходят их повреждения различной степени или разрушения.

Сейсмическая опасность при землетрясениях определяется как интенсивными колебаниями грунта, так и вторичными факторами, к которым относятся: лавины, оползни, обвалы, опускание (просадка) и перекосы земной поверхности, разжижение грунта, наводнения при разрушении и прорыве плотин и защитных дамб, а также пожары.

Землетрясения могут быть вызваны естественными причинами (главным образом тектоническими процессами) или (иногда) искусственными процессами (взрывы, заполнение водохранилищ, обрушение подземных полостей горных выработок). Небольшие толчки могут быть обусловлены подъемом лавы при вулканических извержениях.

Землетрясения принадлежат к самым разрушительным природным силам. Самое могучее землетрясение может быть в десятки тысяч раз мощнее атомной бомбы, сброшенной на Хиросиму в 1945 г.

Сильные землетрясения носят катастрофический характер, уступая по числу жертв только тайфунам и значительно опережая извержения вулканов. Большинство землетрясений длится лишь несколько секунд, но в отдельных случаях продолжительность подземных толчков превышает минуту. К примеру, землетрясение 1906 г. в Сан-Франциско длилось всего 40 с (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Разрушения зданий под воздействием землетрясения 1906 г. в Сан-Франциско

Для облегчения понимания сложных динамических процессов, происходящих при землетрясениях, приведем данные, характеризующие количественные показатели сейсмических воздействий на здания, сооружения и систему жизнеобеспечения в городах и населенных пунктах.

Наиболее частая причина землетрясения – чрезмерные внутренние напряжения и разрушения пород. Потенциальная энергия, накопленная при упругих деформациях породы, при разрушении (разломе) переходит в кинетическую, возбуждая сейсмические волны в грунте.

Место разрушения породы называют *гипоцентром*, или *очагом землетрясения*. В зависимости от глубины  $H$  очага землетрясения подразделяют на нормальные (при глубине 0–70 км), промежуточные (70–300 км) и глубоководные (более 300 км).

Проекция гипоцентра на земную поверхность называется *эпицентром*, а расстояние от эпицентра до некоторой точки земной поверхности – *эпицентральной расстоянием*  $R$ .

Интенсивность сейсмических воздействий на различные объекты зависит от *гипоцентрального расстояния*:

$$C = \sqrt{H^2 + R^2} . \quad (2.1)$$

С увеличением расстояния  $C$  интенсивность уменьшается. Зону поверхности грунта в радиусе  $R < H$  считают эпицентральной. В ней преобладают колебания грунта вертикального направления. По мере удаления от эпицентра усиливается влияние горизонтальной компоненты колебаний, представляющей наибольшую опасность для зданий.

Классификация землетрясений по величине и мощности очага по Рихтеру ведется по шкале магнитуд (табл. 2.1). Для бытового представления характеристик землетрясений в тех-

нических источниках приводится схематизированная описательная шкала в варианте MSK–64 (табл. 2.2).

Таблица 2.1  
**Шкала Рихтера, характеризующая величину землетрясений**

Магнитуда землетрясения	Характеристика
0	Наиболее слабое землетрясение, которое может быть зарегистрировано с помощью приборов
2,5 – 3,0	Ощущается вблизи эпицентра. Ежегодно регистрируется около 100 000 таких землетрясений
4,5	Вблизи эпицентра могут наблюдаться небольшие повреждения
5	Приблизительно соответствует энергии одной атомной бомбы
6	В ограниченной области может вызвать значительный ущерб. Ежегодно таких землетрясений происходит около 100
7	Начиная с этого уровня землетрясения считаются сильными

Таблица 2.2  
**Схематизированная классификация землетрясений по шкале Рихтера в варианте MSK–64**

Балл	Наименование землетрясения	Краткая характеристика
1	Незаметное	Отмечается только сейсмическими приборами
2	Очень слабое	Ощущается отдельными людьми, находящимися в состоянии полного покоя
3	Слабое	Ощущается лишь небольшой частью населения
4	Умеренное	Распознается по легкому дребезжанию и колебанию предметов посуды, скрипу дверей и стен
5	Довольно сильное	Общее сотрясение зданий, колебание мебели. Трещины в штукатурке, пробуждение спящих
6	Сильное	Ощущается всеми. Картины падают со стен. Откалываются куски штукатурки, легкое повреждение зданий
7	Очень сильное	Трещины в стенах каменных домов. Антисейсмические и деревянные постройки остаются невредимыми
8	Разрушительное	Трещины на склонах и сырой почве. Памятники сдвигаются с места и опрокидываются. Дома сильно повреждаются
9	Опустошительное	Сильное повреждение и разрушение каменных домов
10	Уничтожающее	Крупные трещины в почве. Оползни и обвалы. Разрушение каменных построек, искривление рельсов
11	Катастрофы	Широкие трещины в земле, многочисленные оползни и обвалы. Каменные дома сильно разрушаются
12	Сильная катастрофа	Изменения в почве достигают огромных размеров. Многочисленные обвалы, оползни. Возникновение водопадов, подпруд на озерах, отклонение течения рек. Разрушаются все сооружения

**Магнитуда землетрясения**  $M$  – безразмерная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызванных землетрясением, которая находится в пределах от 0,0 до 9,0.

Проявления землетрясений в тех или иных районах называют **сейсмичностью**.

Количественные показатели сейсмичности включают интенсивность, или магнитуду, и повторяемость, причем повторяемость (частота) снижается с увеличением магнитуды [9]. Магнитуда может быть определена через амплитуду  $Z$ , мкм, поверхностной волны и рас- $m$  стояние  $R$ , км, до эпицентра землетрясения по формуле

$$M = \lg Z_m + 1,321 \cdot \lg R. \quad (2.2)$$

Излучаемая в очаге землетрясения энергия  $E$ , эрг, связана с магнитудой по формуле

$$\lg E = aM + b, \quad (2.3)$$

где для сильных землетрясений  $a = 1,5$ ;  $b = 11,8$ ; для слабых –  $a = 1,8$ ;  $b = 11$ .

Например, при землетрясении с  $M = 5,5$  по шкале Рихтера  $E = 10^{20}$  эрг.

Сильные землетрясения могут ощущаться на расстоянии тысячи километров и более. Так в асейсмичной Москве время от времени наблюдаются толчки интенсивностью до 3 баллов, служащие «эхом» катастрофических карпатских землетрясений в горах Вранча в Румынии; эти же землетрясения в близкой к Румынии Молдавии ощущаются как 7–8 – балльные.

Продолжительность землетрясений различна, часто число подземных толчков образует рой землетрясений, включающих предшествующие (форшоки) и последующие (афтешоки) толчки.

Интенсивность землетрясения (сейсмическая интенсивность, или балльность) характеризует силу землетрясения, которая зависит от расстояния, убывая от эпицентра к периферии.

Интенсивность сотрясений на конкретной площадке строительства по 12-балльной шкале может быть определена в зависимости от магнитуды землетрясения  $M$ , расстояния  $R$  до эпицентра, глубины очага  $H$ , км, и региональных констант  $a_3, b_3 > c_3$  по формуле

$$J = a_3 + b_3 M - c_3 \lg \sqrt{R^2 + H^2}, \quad (2.4)$$

причем для России константы имеют значения  $a_3 = 3$ ;  $b_3 = 1,5$ ;  $c_3 = 3,5$ .

Сейсмический риск определяют с учетом сотрясений расчетной интенсивности от всех очагов вблизи площадки расположения объекта.

В нормах [10] расчетная сейсмичность фиксируется картой сейсмического районирования с указанными балльностями сотрясений.

Деление территории по степени потенциальной сейсмической опасности входит в задачу сейсмического районирования. Оно основано на использовании исторических данных (о повторяемости сейсмических событий, их силе) и инструментальных наблюдений за землетрясениями, геолого-географическом картировании и сведениях о движении земной коры.

Постоянные наблюдения за землетрясениями осуществляются сейсмической службой, в структуре которой функционирует сеть сейсмических станций, охватывающая весь земной шар. Создание такой сети станций начиналось в 1896 г. [11]. В 1915 г. таких станций было уже 60. Современная мировая сеть насчитывает более 2 000 стационарных сейсмических станций, данные которых систематически публикуются в сейсмологических бюллетенях и каталогах. Кроме стационарных станций используются экспедиционные сейсмографы, в том числе устанавливаемые на дне океанов. Экспедиционные сейсмографы засылались также на Луну, Марс и Венеру.

Изучением землетрясений занимается сейсмология. Волны, возникающие при землетрясениях, используются также для изучения внутреннего строения Земли, достижения в этой области послужили основой для развития методов сейсмической разведки. Наблюдения за землетрясениями ведутся с древнейших времен (начиная с I в. до н. э.). Во многих странах мира большое количество ученых проводят комплексные исследования по данной проблеме, однако до настоящего времени нет научно обоснованных достоверных методик по конкретному долгосрочному предсказанию места и времени будущих землетрясений.

## 2.2. Последствия землетрясений

Землетрясение можно рассматривать как многофакторное явление, оставляющее за собой многогранный след. И пока человечество не научилось предсказывать время и место возникновения землетрясения, оно не сможет эффективно им управлять и использовать энергетические ресурсы этого явления. В данной ситуации в памяти человечества откладываются лишь негативные проявления землетрясений. К ним следует отнести: природно-экологические, социально-экономические, природно-антропогенные.

Наиболее изучены и наглядно отражают сейсмическую опасность социально-экономические потери. За последние десятилетия учтенные экономические потери от землетрясений возросли на порядок и достигают около 200 млрд долл. за десятилетия. Если в предшествующее десятилетие в эпицентральной зоне, например, 8-балльного землетрясения средний убыток в расчете на одного жителя составлял 1,5 тыс. долл., то теперь он достигает более 30 тыс. долл. Естественно, что с повышением балльности (и магнитуды) возрастают площади пораженных территорий, а следовательно, и ущерб.

Число жертв землетрясений на земном шаре увеличивается. За последние 50 лет от них на Земле погибли 4,5 млн человек, т. е. ежегодно землетрясения уносят в среднем 9 тыс. человеческих жизней. Однако в период 1947–1976 гг. средние потери составляли 28 тыс. человек в год. С точки зрения как экологических, так и социальных последствий не менее важен и тот факт, что число раненых (включая тяжелораненых) обычно во много раз превышает число погибших, а число оставшихся бездомными превышает количество прямых жертв на порядок и более. Так, в зонах полного разрушения зданий (зоны 8 баллов и выше) количество жертв может составлять 1–20 %, а раненых – 30–80 %.

**Воздействие сейсмических явлений на население** включает как прямой социальный (гибель людей, их травматизм, потеря крова в условиях нарушения систем жизнедеятельности и т. п.), так и косвенный социальный ущерб, тяжесть которого зависит от размеров прямого и обусловлена резким на фоне материальных потерь изменением морально-психологической обстановки, спешным перемещением больших масс людей, нарушением социальных связей и социального статуса, сокращением трудоспособности и падением эффективности труда оставшихся в живых, частью отвлеченных от привычной индивидуальной и общественной деятельности. Сильное землетрясение, особенно в больших городах и в густонаселенных районах, неизбежно ведет к дезорганизации жизнедеятельности на тот или иной срок.

В рамках **экологических проблем** сильные землетрясения вызывают вторичные последствия. Из них отметим (на фоне повреждения и гибели ландшафтных и культурных памятников и нарушения среды обитания) возникновение эпидемий, рост заболеваемости и нарушение воспроизводства населения, сокращение пищевой базы (гибель запасов, потеря скота, вывод из строя или ухудшение качества сельскохозяйственных угодий), неблагоприятные изменения ландшафтных условий (например, оголение горных склонов, заваливание долин, гидрологические и гидрогеологические изменения), ухудшение качества атмосферного воздуха из-за туч поднятой пыли и появления аэрозольных частиц в результате пожаров, снижение качества воды, а также качества и емкости рекреационно-оздоровительных ресурсов.

**Воздействие сильных землетрясений на природную среду** (геологическую среду, ландшафтную оболочку) может быть весьма разнообразным и значительным, хотя в большинстве случаев ареал (зона) изменений не превышает 100–200 км.

Среди прямых, наиболее выразительных и значимых воздействий выделим следующие:

1) геологические, гидрологические и гидрогеологические, геофизические, геохимические, атмосферные, биологические;

2) природно-техногенные последствия, сказывающиеся на природной среде охваченного землетрясением района в результате нарушения (разрушения) искусственно созданных сооружений (объектов). Сюда можно отнести:

- пожары на объектах антропогенной среды, ведущие к экологическим последствиям;
- прорыв водохранилищ с образованием водяного вала ниже плотин;
- разрывы нефте-, газо- и водопроводов, разлитие нефтепродуктов, утечка газа и воды;
- выбросы вредных химических и радиоактивных веществ в окружающую среду вследствие повреждения производственных объектов, коммуникаций, хранилищ;
- нарушение надежности и безопасного функционирования военно-промышленных и военно-оборонительных систем, спровоцированные взрывы боеприпасов.

Приведенный список последствий землетрясений не полон, особенно в отношении отдаленных, часть из них нам еще неизвестна. Но и среди перечисленных некоторые не имеют пока достаточно определенных количественных характеристик и, соответственно, не могут быть оценены по степени опасности и объему причиняемого ущерба с необходимой полнотой и надежностью.

Лучше других известны геологические признаки, для которых в настоящее время можно привести количественные характеристики в соотношении с силой землетрясений. Представление о размерах очагов (в проекции на земную поверхность) для землетрясений различной силы дают табл. 2.3 и 2.4.

Размеры очагов землетрясений примерно определяют и ареалы разрушительных последствий. Эти ареалы могут охватывать площади в сотни и тысячи, а при самых сильных землетрясениях – в десятки тысяч квадратных километров.

Таблица 2.3

**Размеры очагов землетрясений**

Магнитуда	Размеры очага, км	
	длина	ширина
5,0	11	6
6,5	25	18
7,0	50	30
7,5	100	35
8,0	200	50

Таблица 2.4

**Зоны различной интенсивности сейсмических воздействий**

Регион	Площадь, тыс. км <sup>2</sup> , при интенсивности в баллах			
	6	7	8	9 и более
Алтай и Саяны	330	176	98	17
Восточная Сибирь	738	820	187	182
Якутия и район Магадана	903	233	124	–
Чукотка	1 141	26	–	–
Камчатка и Командорские острова	48	63	53	41
Курильские острова	–	–	–	16
Сахалин	30	469	–	–
Приморье	155	3	–	–
Крым	11	–	1	–

Многочисленные и существенные нарушения ландшафтной среды (и, конечно, биосферы) не могут не повлечь за собой нарушений экологических условий на этих и прилегающих площадях. Наиболее значимые и легко выявляемые выражаются в уничтожении растительного покрова, местообитания животных (а подчас и их самих, равно как и людей), в нарушениях традиционных местообитаний и наземных миграционных путей, изменении водного режима, перераспределении водных запасов, ухудшении качества кормовых угодий и т. д.

**Последствия сейсмического воздействия на здания и сооружения** определяются, кроме интенсивности (балльности) землетрясения, типом здания, конструктивным решением и используемыми строительными материалами.

Анализ последствий землетрясений показывает, что здания различной конструкции получают следующие повреждения, если сейсмическое воздействие превышает расчетные (для зданий, запроектированных с учетом требований [9]) или здания не имели антисейсмических усилений.

В каркасных зданиях преимущественно разрушаются узлы каркаса. Особенно сильные повреждения получают основания стоек и узлы соединений ригелей со стойками, если размеры последних недостаточны и они не имеют усилений в виде вутов. Отсутствие вутов в ригелях приводит к разрушению узлов и к искажению формы здания, а иногда – его обрушению.

Разрушение стоек происходит в сечении у фундаментов, реже – у ригеля. Арматура выпучивается наружу, бетон по всему сечению дробится, а стойки укорачиваются.

В малоэтажных зданиях, если стены расположены вплотную снаружи стоек каркаса и опираются на фундаментные балки, в результате соударений в стенах появляются трещины, а иногда они полностью разрушаются.

В крупнопанельных и крупноблочных зданиях наиболее ответственными являются места стыковых соединений панелей и блоков между собой и с перекрытиями. Когда связи стыковых соединений недостаточны, отмечаются случаи взаимного смещения панелей, раскрытия вертикальных стыков, отклонения панелей и даже их обрушение. Крупноблочные здания выдержали сильные землетрясения в более чем 7 баллов в Петропавловске-Камчатском в 1959 и 1971 гг., получив повреждения в виде трещин.

В зданиях с несущими каменными стенами возникают косые и X-образные трещины в простенках и глухих стенах, вертикальные трещины – в местах сопряжения продольных и поперечных стен (возможно выпадение стен наружу), трещины в местах заделки железобетонных перемычек; возможны сдвиг железобетонных перемычек, а также повреждение антисейсмического пояса.

В зданиях с несущими стенами из местных материалов (сырцовый кирпич, глиносаманные блоки и др.) разрушения носят катастрофический характер. Особо низкой устойчивостью обладают печи и дымовые трубы, разрушение которых часто вызывает пожары.

В деревянных зданиях (рубленых, сборно-щитовых, каркасно-заборных) повреждения стен при землетрясениях незначительны. Характерные повреждения в рубленых домах – щели в углах, в то время как каркасно-щитовые здания повреждаются более сильно. В каркасно-заборных домах из-за перекоса короткие бревна выходят из пазов и во многих домах наблюдается выпадение стен.

Наиболее существенные повреждения деревянных домов происходят при сдвиге по цоколю. Конструкции зданий можно расположить по убывающей сейсмостойкости в такой последовательности: каркасные, крупнопанельные, деревянные рубленые и сборно-щитовые, с несущими каменными стенами, со стенами из местных материалов.

Общее воздействие землетрясений различной балльности на поверхность земли и некоторые инженерные сооружения:

*6 баллов.* На сырых грунтах возможны видимые трещины шириной до 1 см, в горных районах отдельные случаи оползней. Возможны изменения дебита источников и уровня воды в колодцах;

*7 баллов.* В отдельных случаях оползни проезжей части дорог на крутых склонах и трещины на дорогах. Нарушения стыков трубопроводов. Возможны изменения дебита источников и уровня воды в колодцах. Иногда возникают новые или пропадают существующие источники воды. Отдельные случаи оползней на песчаных или гравелистых берегах рек;

*8 баллов.* Небольшие оползни на крутых откосах выемок и насыпей дорог, трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров. Возможно возникновение новых водоемов. Во многих случаях изменяются дебит источников и уровень воды в колодцах. Иногда пересохшие колодцы наполняются водой или существующие иссякают;

*9 баллов.* Значительные повреждения берегов искусственных водоемов, разрывы частей подземных трубопроводов. В отдельных случаях искривление рельсов и повреждение проезжих частей дорог. На равнинах – наводнения; часто заметны наносы песка и ила. Трещины в грунтах достигают 10 см, а по склонам и берегам – свыше 10 см. Кроме того, большое количество тонких трещин в грунтах. Частые оползни грунтов, обвалы горных пород. На поверхности воды большие волны;

*10 баллов.* Опасные повреждения плотин и дамб. Серьезные повреждения мостов. Искривление железнодорожных рельсов. Разрывы или искривления подземных трубопроводов. Дорожные покрытия и асфальт образуют волнообразную поверхность. Трещины в грунте шириной несколько десятков сантиметров и в некоторых случаях до одного метра. Параллельно руслам водных потоков появляются широкие разрывы. Осыпание рыхлых пород с крутых склонов. Возможны большие оползни на берегах рек и крутых морских побережьях. В прибрежных районах перемещаются песчаные и илистые массы. Выплескивание воды в каналах, озерах, реках. Возникновение новых озер;

*11 баллов.* Серьезные повреждения мостов, плотин и железнодорожных путей. Шосейные дороги приходят в негодность. Разрушение подземных трубопроводов. Значительные деформации почвы в виде широких трещин, разрывов и перемещений в вертикальном и горизонтальном направлениях. Многочисленные горные обвалы;

*12 баллов.* Изменение рельефа местности. Сильное повреждение или разрушение практически всех наземных и подземных сооружений. Радикальное изменение земной поверхности. Наблюдаются значительные трещины в грунтах с обширными вертикальными и горизонтальными перемещениями, горные обвалы и обвалы берегов рек на больших площадях. Возникают озера, а иногда водопады. Изменяются русла рек.

Реакция людей при землетрясениях, по имеющимся статистическим данным, такова: при землетрясении в 6 баллов многие люди, находящиеся в зданиях, пугаются и выбегают на улицу, некоторые теряют равновесие; при 7 баллах многие люди с трудом удерживаются на ногах; при 8 баллах – испуг и паника. Испытывают беспокойство даже водители транспортных средств; при 9 баллах наблюдается всеобщая паника.

Значительную роль играют предупреждения населения о возможных землетрясениях. Хотя надежность их прогнозирования в настоящее время невелика, однако известны примеры, когда прогноз имел реальное значение.

## 2.3. Наиболее сейсмические районы России

Первые сведения о сильных землетрясениях на территории России можно обнаружить в исторических документах XVII–XVIII вв. В качестве примеров отметим описание девятибалльного землетрясения (17 октября 1737 г.) в каталоге Камчатских землетрясений, а также каталог землетрясений на территории России, составленный в 1893 г. И. В. Мушкетовым и А. П. Орловым.

Территория Российской Федерации по сравнению с другими странами мира, расположенными в сейсмоактивных регионах, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Наиболее сейсмоактивными являются регионы Северного Кавказа, юга Сибири и Дальнего Востока, где интенсивность сейсмических сотрясений достигает 8–9 и 9–10 баллов по 12-балльной макросейсмической шкале MSK–64. Определенную угрозу представляют и 6–7-балльные зоны в густонаселенной европейской части страны.

В сейсмическом отношении территория России принадлежит Северной Евразии, сейсмичность которой обусловлена интенсивным геодинамическим взаимодействием нескольких крупных литосферных плит: Евроазиатской, Африканской, Аравийской, Индо-Австралийской, Китайской, Тихоокеанской, Северо-Американской и Охотоморской. Наиболее подвижны и, следовательно, активны границы плит, где формируются крупные сейсмогенерирующие орогенические пояса: Альпийско-Гималайский – на юго-западе; Трансазиатский – на юге; пояс Черского – на северо-востоке; и Тихоокеанский пояс – на востоке Северной Евразии. Каждый из поясов неоднороден по строению, прочностным свойствам, сейсмогеодинамике и состоит из своеобразно структурированных сейсмоактивных регионов.

В европейской части России высокой сейсмичностью характеризуется Северный Кавказ, в Сибири – Алтай, Саяны, Байкал и Забайкалье, на Дальнем Востоке – Курило-Камчатский регион и о. Сахалин. Менее активны в сейсмическом отношении Верхояно-Колымский регион, районы Приамурья, Приморья, Корякии и Чукотки, хотя и здесь возникают достаточно сильные землетрясения. Относительно невысокая сейсмичность наблюдается на равнинах Восточно-Европейской, Скифской, Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской платформ. Наряду с местной сейсмичностью на территории России ощущаются также сильные землетрясения сопредельных зарубежных регионов (Восточные Карпаты, Крым, Кавказ, Центральная Азия и др.).

Характерная особенность всех сейсмоактивных регионов – примерно одинаковая их протяженность (около 3 000 км), обусловленная размерами древних и современных зон субдукции (погружение океанической литосферы в верхнюю мантию Земли), расположенных по периферии океанов, и их орогенических реликтов на континентах. Преобладающее число очагов землетрясений сосредоточено в верхней части земной коры на глубинах до 15–20 км. Самыми глубокими (до 650 км) очагами характеризуется Курило-Камчатская зона субдукции. Землетрясения с промежуточной глубиной залегания очагов (70–300 км) действуют в Восточных Карпатах (Румыния, зона Вранча, глубина до 150 км), в Центральной Азии (Афганистан, зона Гиндукуша, глубина до 300 км), а также под Большим Кавказом и в центральной части Каспийского моря (до 100 км и глубже). Наиболее сильные из них ощущаются на территории России. Каждому региону свойственны определенная периодичность возникновения землетрясений и миграция сейсмической активизации вдоль зон разломов. Размеры (протяженность) каждого из очагов обуславливают величину магнитуды  $M$  (по Рихтеру) землетрясений. Длина разрыва пород в очагах землетрясений с  $M = 7,0$  и выше достигает десятков и сотен километров. Амплитуда смещений земной поверхности измеряется метрами.

Сейсмичность территории России удобно рассматривать по регионам, расположенным в трех основных секторах – в европейской части страны, Сибири и на Дальнем Востоке. В такой

же последовательности представлена и степень изученности сейсмичности этих территорий, основанная не только на инструментальных, но и на исторических и геологических сведениях о землетрясениях. Более или менее сопоставимы и надежны результаты наблюдений, выполненные лишь с начала XIX в., что получило отражение и в приведенном ниже изложении.

Крупнейшие сейсмические катастрофы в начале прошлого века имели место в Монгольском Алтае. К их числу относятся Хангайские землетрясения 9 и 23 июля 1905 г. Первое из них, по определению американских сейсмологов Б. Гутенберга и Ч. Рихтера, имело магнитуду  $M = 8,4$ , а сейсмический эффект в эпицентральной области составил 10–12 баллов. Магнитуда и сейсмический эффект второго землетрясения, по их же оценкам, близки к предельным величинам магнитуд и сейсмического эффекта:  $M = 8,7$  и 10–12 баллов. Оба землетрясения ощущались на огромной территории Российской Империи, на расстояниях до 2 000 км от эпицентра. В Иркутской, Томской, Енисейской губерниях и по всему Забайкалью интенсивность сотрясений достигала 6–7 баллов. Другими сильными землетрясениями на сопредельной с Россией территории Монголии были Монголо-Алтайское (1931 г.,  $M = 8,0$ , 10 баллов), Гоби-Алтайское (1957 г.,  $M = 8,2$ , 10–11 баллов) и Моготское (1967 г.,  $M = 7,8$ , 10–11 баллов).

Сахалин представляет собой северное продолжение Сахалино-Японской островной дуги и трассирует границу Охотоморской и Евразийской плит. До катастрофического Нефтегорского землетрясения (1995 г.,  $M = 7,5$ , 9–10 баллов) сейсмичность острова представлялась умеренной и до создания в 1991–1997 гг. нового комплекта карт общего сейсмического районирования территории России (ОСР–97) здесь ожидалось лишь землетрясения интенсивностью до 6–7 баллов.

Статистика чрезвычайных ситуаций за последние годы показывает, что в Российской Федерации доля землетрясений в ЧС составляет 8 %. Территория России, подверженная землетрясениям с интенсивностью более 7 баллов, составляет 20 %, около 6 % территории занимают особо опасные 8–9-балльные зоны (Камчатка, Сахалин, Северный Кавказ, Прибайкалье и Якутия). Более 20 млн россиян проживают в зонах возможных разрушительных землетрясений. Прибайкалье представляет собой один из активных сейсмических районов, особенно в южной части. Эпицентры тянутся здесь полосой вдоль тектонических депрессий, начинающихся на юго-западе впадиной оз. Хубсугул и далее проходящих по линии впадин Иркутта и Тунки, оз. Байкал, р. Баргузин. Местные землетрясения достигают иногда большой силы (Кударинское в 1903 г., Моиндинское в 1949 г.).

В последние годы резко усилилась сейсмическая активность на Дальнем Востоке. В 1993 г. зарегистрировано 36 землетрясений, в основном в районах Камчатки и Сахалина. В районе Магадана и на Верхоянском хребте известны землетрясения 7-балльной силы. На Камчатке и в полосе Курильских островов тектонические землетрясения часты и сильны; одновременно отмечаются вулканические землетрясения, т. е. крупные волны на водной поверхности океана, которые при моретрясениях с большой скоростью устремляются на низменные берега суши и могут причинить большие бедствия (например, в 1923 г. близ Усть-Камчатска). Заметные колебания ощущаются в Приморье и особенно на Сахалине, где возможны 7-балльные землетрясения. Шикотанское землетрясение 4 октября 1994 г. сопровождалось волной цунами и многочисленными повторными толчками. В зоне землетрясения на островах Малой Курильской группы возникли обвалы и оползни грунта.

В равнинных областях Сибири и европейской части России землетрясения практически отсутствуют. Лишь изредка сюда доходят в ослабленной форме колебания, возникшие в результате сильных землетрясений южных районов, или же ощущаются слабые подземные толчки карстового происхождения (в северных районах европейской части России, на Урале и в Донбассе).

## 2.4. Примеры землетрясений

Наиболее известные катастрофические землетрясения [12, 13]: Лиссабонское – 1755 г., Верненское – 1887 г. (разрушившее г. Верный, ныне Алма-Аты), землетрясение в Греции – 1870–1873 гг., Калифорнийское – 1906 г., Чилийское – 1906 г., Мессинское – 1908 г., Ново-Зеландское – 1931 г., Ашхабадское – 1948 г.

Сильнейшие землетрясения второй половины XX в. представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

### Сильнейшие землетрясения во второй половине XX в.

Дата	Местоположение эпицентра (страна, район, горная система)	Магнитуда	Сила, баллы	Примечание
1952 г., 4 ноября	Курильские острова к юго-востоку от п-ва Шипунский (СССР)	8,2	–	Катастрофическое. Цунами высотой до 18 м причинили крупные повреждения на берегах Камчатки и северной части Курильских островов
1957 г., 27 июня	Забайкалье, Муйский хребет (СССР)	7,5	9–10	Разрушения в Чите, Бодайбо и других населенных пунктах
1958 г., 6 ноября	Курильские острова к юго-востоку от о. Итуруп (СССР)	8,7	9	Цунами
1960 г., 29 февраля	Г. Агадир (Марокко)	6	11	Полностью разрушен г. Агадир; погибло 12–15 тыс. человек
1960 г., 24 апреля	Лар (Иран)	6	–	Город сильно разрушен; погибло 3 тыс. человек
1960 г., 22 мая	Район г. Консепсьон (Чили)	8,8	–	Разрушительное. Цунами достигли США, Гавайских и Курильских островов, Австралии и Японии; погибло около 10 тыс. человек
1962 г., 1 сентября	Среднеиранские горы (Иран)	7,8	–	Разрушительное. Полное разрушение населенного пункта Рудак; погибло 12 тыс. человек
1964 г., 28 марта	Залив Принс-Уильям (США)	8,6	10–11	Цунами высотой до 9 м достигли побережья Канады, США, Гавайских островов и Японии
1966 г., 25 апреля	Ташкент	5,3	8	Разрушения в центральной части города. Толчки повторялись в мае – июле 1966 г.
1970 г., 28 марта	Западная Турция	7	–	Катастрофическое. Ряд населенных пунктов превращен в развалины; погибло более 1 тыс. человек
1970 г., 14 мая	Дагестан	6,5	8	Большой ущерб нанесен населенным пунктам Буйнакского, Гумбетовского, Казбековского, Кизильюртовского и других районов

Окончание табл. 2.5

Дата	Местоположение эпицентра (страна, район, горная система)	Магнитуда	Сила, баллы	Примечание
1971 г., 9 февраля	Калифорния (США)	6,7	–	Сильнейшее за последние 40 лет землетрясение в Лос-Анджелесе
1971 г., 22 мая	Восточная Турция	6,8	–	Разрушены города Бингёль и Генч; погибло более 1 тыс. человек
1971 г., 5 октября	Японское море	7,3	–	Одно из самых сильных землетрясений в истории о. Сахалин

Для формирования полномасштабной картины негативных последствий землетрясений рассмотрим в более подробном описании отдельные из названных примеров и другие относящиеся к приближенному современному периоду.

### Катастрофа в Лиссабоне 1 ноября 1755 г

Лиссабон 1 ноября 1755 г. отмечал один из традиционных католических праздников – День всех святых. Улицы города были украшены, соборы и церкви переполнены прихожанами. После богослужения верующие намеревались пройти по улицам португальской столицы.

Однако шествие не состоялось. В 9 ч 20 мин город содрогнулся, высокие шпили церквей «закачались, словно колосья на ветру». Не успела земля успокоиться, не прошло и несколько секунд, как последовал второй, еще более мощный толчок: колокольни рухнули на крыши храмов, стены домов разваливались, погребая под собой сотни и тысячи идущих по улицам людей. Те, кому удалось спастись из этого ада, устремлялись к берегам р. Тахо и портовым причалам, надеясь найти там спасение. Но после первого толчка воды реки отступили, обнажилась вся акватория порта и стоявшие у причалов корабли завалились набок на илистом дне. Вода тут же вернулась: высокие, как дом, бурлящие валы неистово обрушились на город, швыряя на берег тяжелогруженные трехмачтовые суда, как игрушечные кораблики. Вскоре волны докатились до центра города, затопили лабиринт узких улочек – они мгновенно превратились в стремительные потоки, поглотившие все, что встречалось им на пути (рис. 2.2).

Однако это еще не вся беда. Горящие в храмах свечи попадали на пол, в жилых домах разрушились очаги и печи, вспыхнула мебель, одежда, огонь охватил бесчисленные строения. В разных кварталах города запылали пожары – все, что уцелело после землетрясения и наводнения, гибло теперь в пламени, 32 тыс. человек нашли свою смерть под обвалившимися домами, в воде и в огне.



Рис. 2.2. Последствия землетрясения в Лиссабоне

Не только Лиссабон пострадал от катастрофы. Во всей Западной и Центральной Европе земля дрожала и шатались стены. В Люксембурге рухнула казарма, погибли 500 солдат. Даже в Северной Африке не обошлось без жертв: около 10 тыс. человек остались под развалинами.

### **Катастрофа в Сан-Франциско 18 апреля 1906 г**

В 5 ч 11 мин утра 18 апреля 1906 г. окружающий Сан-Франциско мир был еще в полном порядке. Хотя на побережье Тихого океана ощущались слабые колебания, был слышен невнятный гул, напоминающий отдаленную канонаду.

Но уже в 5 ч 12 мин разразилась катастрофа. Землетрясение имело силу 8,3 балла по шкале Рихтера. Оно продолжалось неполную минуту, но этого времени хватило, чтобы превратить цветущий Сан-Франциско в груды развалин. Попадали заводские трубы, обрушились стены домов, развалились церкви, на улицах появились глубокие трещины, а гигантское облако пыли затмило солнце. Потом наступила мертвая тишина. Почти 700 человек землетрясение лишило жизни. Как это уже произошло в Лиссабоне, да и при многих других землетрясениях, на город обрушилась другая беда – огонь. Три дня бушевал огонь в разрушенном городе (рис. 2.3). Никто не гасил огонь, люди не были организованы, отсутствовала связь... Словом, все хитроумные системы защиты человека были уничтожены тридцатисекундным движением земной коры.



Рис. 2.3. Пожар после землетрясения в Сан-Франциско

К тому времени, когда вспыхнули пожары, более 75 % Сан-Франциско уже было разрушено, четыреста городских кварталов лежали в руинах.

Землетрясение разрушило водопровод, поэтому пожарные не могли как следует взяться за дело. Пожарные, чтобы отсечь охваченные бушующим пламенем части города от уцелевших, рыли траншеи, растаскивали завалы. Использовали взрывчатку, а это нередко вело к новым возгораниям. Вечером первого дня после катастрофы использовали слишком большой заряд динамита; в итоге горящие обломки обрушились на китайский квартал Чайнатаун, который выгорел полностью. Всего землетрясением и огнем были уничтожены 13 км<sup>2</sup> центральной части города, 250 тыс. человек остались без крова.

В районе Телеграф Хилл самые богатые в городе семьи итальянских иммигрантов пытались тушить пожары десятками тысяч литров вина.

Банды грабителей носились по улицам, опустошая разрушенные магазины и подчищая карманы мертвецов, лежавших вдоль водосточных канав. Захватив мародеров на месте преступления, разъяренные жители вешали их без суда и следствия на уцелевших фонарных столбах.

Джек Лондон, писавший репортажи о землетрясении для еженедельного журнала, сообщал: «Сан-Франциско умер!..»

Сан-Франциско расположен непосредственно над разломом Сан-Андреас – трещиной в земной коре, где сталкиваются две тектонические плиты и медленно, но с чудовищной силой давят друг на друга. Движение происходит оттого, что сквозь разлом Сан-Андреас расплавленная порода вырывается из земных недр, двигая при этом обе плиты в разных направлениях. Исходя из этого, сейсмологи предрекают, что в ближайшие годы или десятилетия в Сан-Франциско может произойти новое, еще более разрушительное землетрясение.

Несмотря ни на что, техники и сейсмологи разработали принципы строительства сейсмостойких домов.

После катастрофы 1906 г. Сан-Франциско был вновь отстроен на том же месте. Центральная часть четырехмиллионного города состоит почти исключительно из высотных зданий, которые считаются сейсмостойкими. Архитекторы полагают, что 48-этажная пирамида компании «Трансамерика» сможет выдержать землетрясение любой силы.

Наука была вынуждена признать, что не всегда можно точно предсказать время катастрофы. Тем важнее подготовиться к стихийному бедствию в сейсмически опасных районах.

В вечерний «час пик» 17 октября 1989 г. новое землетрясение нанесло удар по г. Сан-Франциско и в течение 15 с превратило многие здания в развалины, уничтожило секцию моста Бэй Бридж, разворотило целую милю шоссе-эстакады и ввергло в пожарище исторический район Марина.

Благодаря мировой телевизионной сети, показавшей бейсбольный матч, зрители в Англии и других странах увидели, как начал качаться стадион «Кэндлстик парк» и огромные трещины появились в бетонных стенах.

Когда на протяжении мили рухнула эстакада и упала на дорогу, проходившую под ней, погибли более ста человек. Десятки людей были погребены в своих автомобилях под много-тонной тяжестью обрушившегося бетона (рис. 2.4).

«Бетон расплющил их, – сказал Генри Реньера, руководитель чрезвычайной службы Окенда. – Это было похоже на поле боя. Верхнее шоссе, словно молот, ударило по нижнему, засыпая водителей внизу огромными булыжниками и автомобилями. Жертвы, оказавшиеся в ловушке под тоннами камней, отчаянно сигналили, и мы бросили туда огромное количество подъемного оборудования и кранов, надеясь спасти их. Слабеющие звуки автомобильных сирен постепенно умирали, так как разряжались аккумуляторы, но мы знали, что там находятся люди. Это была страшная картина».

Первые спасательные работы начались под упавшей секцией шоссе. Возле расплющенных автомобилей одним из первых появился рабочий бумажной фабрики. Он услышал вопли детей, доносившиеся из раздавленного красного автомобиля. Вместе с другими спасателями рабочий помог выволить из ловушки восьмилетнюю девочку Кейти, но ее шестилетний брат Джулио оказался прижатым телом своей погибшей матери.



Рис. 2.4. Обрушение эстакады после землетрясения в Сан-Франциско

Рискуя стать жертвой последующих толчков, доктор Дэн Аллен протиснулся сквозь щель и дал Джулио успокоительное лекарство. В это время детский врач Томас Беттс добирался до мальчика по автомобильной пожарной лестнице. Позже он сказал: «Я не был готов к тому, что там увидел. Мальчик был в шоке. Он только плакал и гладил лицо матери своими ручками».

Два часа напряженной работы медиков не приблизили спасение Джулио. Его правая нога была раздроблена. Врачи попытались вытащить мальчика из машины, чтобы оказать медицинскую помощь, но не смогли. Они ввели ему обезболивающее лекарство, затем с огромным трудом извлекли из машины тело погибшей матери. Только после этого врачам удалось ампутировать Джулио ногу и отправить его в больницу.

Ночью развалины освещались огнями пожаров, из раскачивающихся небоскребов, построенных без учета эффекта землетрясения, сыпались стекла и раздавались жуткие звуки сирен.

Через некоторое время разрушения были локализованы. Они коснулись главным образом старых построек, которые не могли противостоять стихии, например, секции шоссе, повлекшей самые многочисленные жертвы, было тридцать лет.

Эксперты сошлись во мнении, что разрушения в Сан-Франциско были бы еще большими, если бы не Калифорнийский строительный кодекс, введенный после 1906 г. с целью свести к минимуму ущерб от будущих катастроф и действующий до настоящего времени. Этот кодекс, дополненный уроками землетрясений 1971 г. в Сан-Фернандо и 1985 г. в Мехико, вынудил строителей обратить особое внимание на антисейсмическую устойчивость домов и сооружений.

Жители Сан-Франциско предпочитают не думать о том, что новое землетрясение может достигнуть 8,3 балла по шкале Рихтера, как это было в 1906 г. Никого не занимает исследование, проведенное Национальной океанической и атмосферной комиссией после катастрофы 1989 г., в котором утверждается, что будущее землетрясение будет в сорок раз мощнее и приведет к десяткам тысяч смертей.

Прошли годы, но в Сан-Франциско все еще ликвидируются последствия землетрясения. Вряд ли их удастся завершить в десятилетний срок. Однако жители города горды тем, что пережили бедствие, и шеголяют фаталистическим отношением к будущей возможной агрессии природы. Репортер «Сан-Франциско кроникл» Херб Коэн суммировал мнение горожан, написав после землетрясения: «Мы живем на разломе, мы живем под дамкловым мечом. И это захватывает».

### **Землетрясение в Ашхабаде 6 октября 1948 г**

Не так уж много в Ашхабаде семей, чьи родные, близкие или друзья не оказались бы под руинами рухнувшего города в страшную октябрьскую ночь 1948 г. (рис. 2.5). И все же полная картина катастрофы до сих пор не написана, многие ее обстоятельства не известны даже самим ашхабадцам.

Буквально на следующий же день после землетрясения вся связанная с ним информация была засекречена, в том числе документальный фильм, снятый по горячим следам Романом Карменом. Уникальная лента пролежала под замком тридцать лет. Это может показаться невероятным, но до середины 80-х гг. в Советском Союзе существовал запрет на публикацию любой информации о трагедии. В то же время землетрясение в Ташкенте 1966 г. освещалось подробно, *хотя ашхабадскому оно по своей разрушительной мощи уступало в тысячи раз*. До сих пор никто не дал точных сведений о количестве погибших в Ашхабаде и разные источники утверждают, что погибло от 20 до 110 тыс. человек. На естественный вопрос о том, много это или мало, Шухрад Кадыров, написавший единственное серьезное исследование, касающееся этого землетрясения, ответил так: «За десять секунд в зоне землетрясения погибло и было смертельно ранено столько же людей, сколько туркмен осталось на полях Отечественной за все годы войны». Кадыров назвал и цифру этих потерь – 35 тыс.

Туркменская трагедия разразилась в ночь с 5 на 6 октября 1948 г., в 1 ч 12 мин, когда большая часть горожан мирно спала. очевидцы так описывают события.

М. Абрамова: «Вдруг подул странный горячий ветер, потом раздался гул, и все рухнуло. Я не могла понять, что же случилось. Вначале подумалось, не атомная ли бомба взорвана. Я кинулась на улицу. Кругом развалины, мои две девочки тоже под развалинами и вместе с ними моя сестра...»



Рис. 2.5. Последствия землетрясения в Ашхабаде

К. Марутова: «Когда все обрушилось, я вместе с детьми оказалась придавленной рухнувшей стеной. Дети кричали: “Спаси нас, мамочка!”. Но я лежала рядом с ними и ничем не могла помочь. Нас откопали соседи только через пять часов. Дети были уже мертвы, а я осталась жива...»

Ю. Волобуев: «Вечером 5 октября как-то необычно жутко выли собаки, сбежали из домов кошки, но никто не обратил на это внимания. И вот среди ночи – грозный гул, грохот и треск. Земля задрожала и заколыхалась. Первое, что я подумал: опять снится война и бомбежка. Это было похоже на бомбежку. Когда я выбежал во двор, за спиной рухнул дом. Клубы взметнувшейся пыли, качающиеся деревья, падающие дома были освещены каким-то странным желтоватым светом. Затем наступил мрак. Со всех сторон раздавались крики, плач. Засветилось багряное зарево пожаров. А земля продолжала подрагивать. Я оглянулся: от дома осталась огромная груда кирпичей, палок и досок...»

Одним из очевидцев катастрофы оказался известный советский геолог академик Наливкин, приехавший в Ашхабад на совещание. Оно проходило в здании ЦК Компартии Туркмении и затянулось далеко за полночь. Позже Наливкин вспоминал: «Начали прощаться, вдруг страшный удар потряс здание. Посыпалась штукатурка, и все замолкло. Дом начал качаться. Качание дома стало ужасным... Через несколько дней мне пришлось лететь на военном самолете над городом и изучать аэрофотоснимки. Смотреть было жутко. Число человеческих жертв осталось точно не подсчитанным, но цифра была ужасающей».

Уже позже сейсмологи установили, что эпицентр страшного землетрясения находился в 25 км к юго-западу от Ашхабада. Череда вертикальных и горизонтальных толчков разрушила практически все здания в городе (рис. 2.6). Почва в зоне эпицентра сместилась на два метра к северу. Толчки были настолько сильны, что даже в районе Москвы сейсмические станции зарегистрировали смещение на полмиллиметра.

Прибывший в Ашхабад командующий Туркестанским военным округом генерал И. Петров оценил разрушения с чисто военной точки зрения. По его словам, подобное могло произойти, если бы пятьсот бомбардировщиков в течение полугода безостановочно сбрасывали на город авиабомбы.

По мнению директора Института геологии Академии наук Туркменистана О. Абекова, ашхабадское землетрясение было равносильно подземному взрыву сотен ядерных зарядов.

Над растерзанным Ашхабадом вставал тяжелый багровый рассвет, когда город потряхнуло еще раз. Толчок был значительно слабее ночного, но оказался достаточно сильным, чтобы разрушить то, что каким-то чудом уцелело после первого. Охваченные горем и ужасом ашхабадцы увидели масштабы происшедшего уже при дневном свете... (рис. 2.7). Города, в котором еще вчера проживало около 170 тыс. человек, больше не существовало.



Рис. 2.6. Разрушение зданий в г. Ашхабаде



Рис. 2.7. Последствия катастрофы в г. Ашхабаде при дневном свете

Из Ашхабада 7 октября в ЦК ВКП (б) на имя Маленкова ушла секретная депеша. В ней говорилось следующее: «Определено 6 мест захоронения. На рытье могил работало только военных 12 тыс. человек. За день собрано и свезено к местам захоронения 5 300 трупов, из них 3 тыс. не опознано...»

Писатель Атаджанов, бывший в то время редактором «Молодежной газеты», чудом спасшийся со своей женой (благодаря высоким спинкам железной кровати, которые задержали рухнувшую крышу), вспоминает: «Когда рассвело, мы увидели, что города больше нет».

### **Землетрясение на Камчатке 4 ноября 1952 г**

Камчатка – полуостров в северо-восточной части материка Евразия на территории России. В океане 4 ноября 1952 г. недалеко от южной оконечности Камчатского полуострова, Россия, произошло землетрясение в 9 баллов. На Парамушире в ночь с 4 на 5 ноября население было разбужено землетрясением. Печи разрушались, посуда и другая домашняя утварь падала с полок, выплескивалась вода из ведер. Перепуганные люди выбежали из домов. После прекращения толчков, продолжавшихся несколько минут, большая часть населения стала возвращаться в дома. Однако некоторые обратили внимание на то, что море отступило от скалистого берега на расстояние около 0,5 км. Те, кто ранее был знаком с цунами, главным образом рыбаки, бросились к горам, несмотря на спокойное море. Гораздо большие разрушения и бедствия принесло цунами, возникшее в результате этого землетрясения. Высота волн достигала 13–18 м. В результате практически полностью разрушился г. Северо-Курильск (о. Парамушир) и погибло более 2 тыс. человек [14].

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.