

Кофф Г.Л. Гусев А.А. Козьменко С.Н.

**Экономическая оценка  
последствий  
катастрофических землетрясений**



Москва 1996

*Научно-практическое издание*

Кофф Григорий Львович  
Гусев Андрей Александрович  
Козьменко Сергей Николаевич

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ПОСЛЕДСТВИЙ  
КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Под научной редакцией  
профессора Полтавцева С. И.

Гарнитура Times ET  
Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. Тираж 1000 экз.  
Компьютерный набор  
и подготовка оригинал-макета Козьменко С. Н.

Российская Академия наук

**Институт литосферы**

Международная Академия  
информатизации  
Отделение Геозкологической  
информатизации

**Институт проблем рынка**

Академия естественных наук  
Российской Федерации

*Кофф Г. Л.  
Гусев А. А.  
Козьменко С. Н.*

**Экономическая оценка  
последствий  
катастрофических землетрясений**

Под научной редакцией  
профессора Полтавцева С. И.

Москва 1996

Авторы: Г. Л. Кофф, А. А. Гусев, С. Н. Козьменко

Рецензенты: д. э. н., профессор О. Ф. Балацкий  
д. э. н., профессор Л. Г. Мельник  
Сумский государственный университет  
Украина

Кофф Г. Л., Гусев А. А., Козьменко С. Н. Экономическая оценка последствий катастрофических землетрясений. / Под научн. ред. Полтавцева С. И. — М.: \_\_\_\_\_, 1996. — 202 с.

Анализируются основные последствия катастрофических ситуаций на примере Нефтегорского и Шикотанского землетрясений. Предлагаются подходы и раскрываются методы оценки прямого и косвенного экономического ущерба от катастрофических землетрясений. Рассматривается проблема оценки косвенного экономического ущерба от развития каскадных эффектов в связи с циклическостью межотраслевых связей. Применительно к землетрясениям анализируются различные теории риска и проблемы страхования.

Для специалистов в области экономики природопользования и природоохраны, сейсмостойкого проектирования и строительства, архитектуры, спасения и жизнеобеспечения людей и др.



## Экономические оценки косвенных эффектов (вступительная статья)

---

К глубокому сожалению, на сегодняшний день обстоятельства сложились таким образом, что широкий круг ученых и специалистов практически всех отраслей знаний, в том числе и занимающихся вопросами оценки последствий негативного воздействия природных и антропогенных факторов на экономику, оказался практически в информационном вакууме. Дороговизна редакционно-издательской деятельности и скудность финансирования научных изысканий, сделали науку сферой приложения интересов лишь узкого круга лиц, а результаты исследований — доступными только для отдельных заказчиков или общающихся между собой специалистов. Чрезвычайно редким явлением стали и научные симпозиумы, конференции, совещания. Такова безрадостная картина научной жизни не только в России, но и в Украине, и других государствах бывшего Советского Союза.

В этих условиях авторы (Кофф Г. Л. — д. г.-м. н., профессор, зав. лабораторией Института литосферы РАН; Гусев А. А. — д. э. н., профессор, директор научного направления Института проблем рынка РАН; Козьменко С. Н. — к. э. н., ст. научн. сотрудник Института проблем рынка РАН) смогли не только осуществить ряд исследований по анализу сейсмического риска и последствий чрезвычайных ситуаций (в первую очередь землетрясений), по экономической оценке прямых и косвенных последствий этих землетрясений, но и, что особенно важно, опубликовать результаты своей работы.

Предлагаемую книгу трудно, без определенной степени условности, отнести к какой-то определенной области знаний, ибо она впитала в себя исследования по геологии, экономике, экологии, математике, геодезии, статистике и многих других научных дисциплин.

Вряд ли кто-то будет отрицать возрастание значимости природы для производства и жизнедеятельности человека. Эта зависимость с каждым годом не только не уменьшается, но и становится шире и глубже. Конечно, в какой-то степени сегодняшний человек физически более защищен от возможных катаклизмов природы. Те стихийные бедствия, которые раньше могли принести

смерть от голода и холода, сегодня значительно смягчены благодаря техническим достижениям. Однако, одновременно с ростом сложности техносферы увеличивается уязвимость технических систем и урбанизированных территорий от различных факторов и прежде всего от природных. Налицо парадокс: чем больше люди пытаются избежать зависимости от природы, тем больше попадают в нее.

Природа и стихия, умноженные на ошибки, допускаемые человеком в хозяйственной деятельности, ставят вопрос о потенциальной возможности глобальной катастрофы. Специальные исследования показывают, что во многих случаях стихийно-разрушительные процессы в окружающей природной среде обусловлены не только необузданными силами стихии. Часто их появление и вредное воздействие на окружающую среду, обуславливается антропогенным влиянием производительных сил на экологическое равновесие между отдельными компонентами природы.

Воздействие человека на природу, создание тех или иных хозяйственных объектов зачастую осуществлялось и осуществляется без достаточных научных обоснований, с нарушением технологических процессов рационального использования природных ресурсов. Это объясняется пренебрежением к силам природы, потребительским отношением к природным ресурсам, частнособственническими и ведомственными интересами, нехваткой средств на природоохрану. Все это способствует активизации и усилению стихийных явлений, возникновению чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф. Кроме того, стихийные явления вследствие грубого нарушения технологических процессов, бесхозяйственности, недостаточной научной проработки, бесхозяйственности, нарушения должностных инструкций и прочих факторов перерастают в чрезвычайные ситуации техногенного характера: аварии на транспорте, электро-энергетических системах, коммунальных системах жизнеобеспечения; пожары; взрывы и выбросы опасных химических веществ и пр. Примеров вышесказанному огромное множество. Взять хотя бы случай с печально известным Нефтегорским землетрясением 28 мая 1995 г. Только ущерб от разрушения жилых зданий в Нефтегорске превысил 230 млрд руб. (в ценах на 01.06.95), в то время как усиление зданий до 7 баллов (без выселения жильцов) обошлось бы в 100 млрд. руб., а повышение сейсмостойкости еще в процессе возведения зданий обошлось бы всего на 4-5% больше стоимости строительства несейсмостойких зданий.

К тому же, слабая сейсмостойкость зданий привела к гибели 1989 человек и ранениям более 400 человек, и это при численности населения города около 3000 человек.



В Нефтегорске были полностью разрушены 17 несейсмостойких крупноблочных зданий, построенных в 60-х годах, и хорошо сохранились 4 сейсмостойких здания, возведенные в 1979-1983 гг. и рассчитанные на 7 баллов (по шкале MSK-64).

Таким образом, очевидным является тот факт, что чрезвычайные ситуации наносят домохозяйствам, фирмам и государствам серьезный социальный и экономический ущерб. Наличие ущерба признается всеми грамотными людьми, а некоторыми специалистами предпринимались и попытки оценки величины этого ущерба. При этом практически всеми признается так же возможное деление экономического ущерба на прямой и косвенный; всеми понимается, что оценивается, как правило, только та часть ущерба, которая может быть отнесена к прямому. Понимается так же отсутствие единой концепции оценки экономического ущерба, единого методического подхода к его расчету. Деление ущерба на прямой и косвенный производится произвольно, исходя из уровня знаний специалистов, осуществляющих соответствующие оценки и расчеты.

С удовлетворением хочется отметить, что данная книга существенно выделяется из иных работ, посвященных проблеме оценки побочных эффектов (переливов) в экономике, в частности, негативных последствий стихийных бедствий и антропогенных нарушений окружающей среды.

В первой главе авторы пытаются (что им вполне удастся) внести ясность в терминологию рассматриваемой проблемы.

В общем виде под экономическим ущербом от нежелательного действия природного характера или антропогенного действия (бездействия) предлагается понимать убытки, опосредованные в следующих формах: потеря материальных благ или их потребительских свойств, созданных прошлым трудом; потеря (недополучение) потенциальных материальных благ или потребительских свойств при понесенных затратах; недополучение ожидаемого результата при неосуществленных затратах или потеря естественных природных благ; дополнительные затраты на компенсацию понесенных потерь; нерациональное использование наличных материальных и финансовых ресурсов.

К прямому экономическому ущербу от какого-то действия (в рассматриваемом случае — от подземных сейсмических толчков) относятся выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно этим действием в данное время и в данном конкретном месте. Это — единовременные затраты, направленные на проведение спасательных работ; затраты по эвакуации, временному размещению, переселению людей из зоны бедствия, оказанию им срочной медицинской помощи; единовремен-

менные выплаты пострадавшим и их семьям; стоимость разрушенных или нарушенных природных ресурсов; величину остаточной стоимости всего движимого и недвижимого имущества: жилищного фонда, коммунально-бытовой инфраструктуры, коммуникаций, товаров и нереализованной продукции, основных и оборотных фондов предприятий всех форм собственности.

К косвенному экономическому ущербу от какого-то действия отнесены вынужденные затраты, потери, убытки, обусловленные вторичными эффектами (действиями или бездействиями, порожденными первичным действием) природного, техногенного или социального характера. Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через длительный, от момента первичного действия, отрезок времени; он не имеет четко выраженной территориальной принадлежности и носит, по большей части, так называемый каскадный эффект, т. е. вторичные действия (бездействия) порождают следующую серию действий (бездействий) и, соответственно, косвенных ущербов.

Весьма полезным для читателя может оказаться экскурс в историю формирования теории экономического ущерба, критический анализ существующих методик и рекомендаций по оценке ущерба.

В книге характеризуются основные признаки катастрофических землетрясений, она насыщена богатым статистическим материалом, иллюстрирующим характер развития и последствия землетрясений последних лет, приводятся примеры из зарубежных публикаций.

К достоинствам книги следует так же отнести исследование социально-экономического и сейсмического положения Сахалинской области, на примере которой производится попытка комплексной экономической оценки последствий землетрясения, определения прямого и косвенного ущербов по основным реципиентам и элементам экономической системы. Естественно, говорить о завершенности данной задачи было бы неправильно в силу ее изначальной грандиозности и масштабности, что становится вполне ясным после прочтения данной книги. Но сама постановка проблемы, изучение и расчет отдельных составляющих экономического ущерба от землетрясений являются, если не основополагающими, то, по крайней мере, выступают в качестве отправных для проведения дальнейших исследований в этом направлении.

Весьма интересна глава, посвященная исследованию подходов к определению косвенного экономического ущерба от развития каскадных эффектов и от потерь продукции в связи с цикличностью межотраслевых связей. Проблема состоит в том, что в результате землетрясения может быть разрушен производственный



объект, потери продукции которого являются основой для развития каскада косвенных потерь. Этот каскад образуется в связи со сложным характером межотраслевых потоков промежуточной продукции в народном хозяйстве, направленных на выпуск конечной продукции. Существует процесс последовательного наслоения косвенных потерь, имеющий вид "ветвящегося дерева". Например, потери электроэнергии при разрушении крупной электростанции сказываются на недовыпуске продукции в других отраслях народного хозяйства (руды, чугуна, стали и т. д.). В свою очередь, это обстоятельство отрицательно влияет на последующие межотраслевые потоки.

Гармонично влетает в общую канву книги и служит ее логическим завершением глава "Некоторые положения теории риска применительно к землетрясениям, оценка сейсмического риска территорий и вопросы страхования". Риск реализуется через ущерб, приобретая конкретные и измеримые формы. Риск и ущерб связаны с преобразующей природу деятельностью человека. Наибольший социальный и экономический ущербы проявляются через риски еще не исследованные человеком, через риски, причины проявления которых еще не раскрыты. К таким рискам относят и риск от землетрясений.

Весьма интересен материал, посвященный вопросам оценки сейсмического риска, вероятностной оценке ожидаемого количества людей, жизнь которых подвергается опасности из-за разрушения зданий от землетрясения, вероятностной оценке поражающего действия землетрясения и нахождения людей в зоне риска, вопросам страхования от землетрясения.

По мнению авторов, в высокосейсмичных районах целесообразно страховать профессиональную ответственность лиц, причастных к планировке территорий, определению их сейсмичности, проектированию и возведению зданий и сооружений, соблюдению условий хранения сильнодействующих ядовитых веществ, соблюдению условий пожаробезопасности.

Дальнейшее развитие страхования от землетрясения должно включать компенсации за причиненный косвенный ущерб, в том числе потери, вызванные остановкой производства после землетрясения, недопоставками продукции и пр.

Данная книга является серьезным вкладом в развитие теории и практики оценивания побочных эффектов функционирования экономических систем. По сути она является первым серьезным исследованием в части оценки косвенных потерь катастрофических событий. Книга может быть полезной специалистам различных областей знаний: в частности, занимающимся вопросами рационального природопользования и природоохраны, решающим

проблемы сейсмостойкого строительства, инженерной геологии, спасения и жизнеобеспечения людей и пр.; экономистам, геологам, геодезистам, управленцам, архитекторам, страховщикам, научным сотрудникам, студентам различных специальностей.

*д. э. н., профессор Балацкий О. Ф.*  
*д. э. н., профессор Мельник Л. Г.*

*Сумский государственный университет,  
Украина*

## Предисловие

Любые катастрофы всегда привлекали внимание обывателя в силу своей непредсказуемости, таинственности, поражающей грандиозности и ужасающих последствий. Немалый интерес вызывают они и у специалистов различных областей научных знаний. Для бизнесмена, собственника, экономиста и менеджера катастрофы представляют интерес как носители потенциального убытка (ущерба) осуществляемой ими деятельности и принадлежащему им имуществу. Их интересует вероятность возникновения катастроф, причины, возможности и способы предупреждения самих катастроф либо локализации их последствий, методы и правила оценки понесенных потерь и прочее. В научном плане интересны эти вопросы и для нас. Именно на них мы попытались ответить в данной монографии, обратившись к наиболее масштабным катастрофическим ситуациям — землетрясениям.

В соответствии с замыслом авторов монография состоит из семи глав, каждая из которых может рассматриваться как самостоятельное научное исследование и, в то же время, является неотъемлемой частью целого.

Некоторые разделы написаны нами в соавторстве с рядом специалистов: глава 1 — к. э. н. Семенов Б. А.; глава 2 — к. т. н., доц. Ларионов В. И., Цымбал М. Н.; глава 3 — к. г.-м. н. Чеснокова И. В., Саньков В. Н.; глава 5 — к. ф.-м. н. Волкова Л. В., к. э. н. Гусева И. Г.; глава 6 — д. т. н. Шахрамьян М. А., Козьменко О. В.

Компьютерный набор и подготовка оригинал-макета осуществлены Козьменко С. Н.

Надеемся, что книга окажется полезной как для специалистов, так и для широкого круга читателей, проявляющих интерес к тем или иным проблемам прикладной экономики, в особенности, экономики природопользования.

*Г. Л. Кофф  
А. А. Гусев  
С. Н. Козьменко*



---

---

### Основные дефиниции проблемы экономической оценки негативных последствий чрезвычайных ситуаций

Землетрясения как природные явления, наряду с антропогенными воздействиями на окружающую природную среду, приводят к существенным негативным последствиям в экономике государств, фирм и домохозяйств. Исследования последствий землетрясений имеют давние корни, а макросейсмическая информация стала появляться с первых осознанных попыток человека анализировать происходящие в окружающей его среде обитания явления, связанные с колебаниями земной поверхности. По мере углубления опыта и знаний стали различать причины этих колебаний, основной среди которых были землетрясения. Изучение сейсмических явлений шло, прежде всего, посредством изучения их последствий, которые получали какую-то абсолютную оценку, сопоставлялись с предыдущими событиями и служили уроком на будущее.

Накопление макросейсмических и инструментальных данных наряду с совершенствованием методических основ построения сейсмической шкалы позволяют постоянно расширять круг задач по изучению эффектов землетрясений. В настоящее время к ним относятся оценка уровня последствий происшедших землетрясений и прогноз параметров колебаний грунта при ожидаемых землетрясениях.

Важность учета воздействий природных и социальных факторов на экономическое развитие была особо отмечена на Конференции ООН по устойчивому развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Методы оценки экономических воздействий от природных и антропогенных воздействий могут быть по отдельным позициям сложными. Примеры экспериментальных оценок экономического ущерба от землетрясений показывают, что игнорировать их при рассмотрении перспектив социально-экономического развития невозможно. Поэтому рекомендации Конференции ООН в Рио-де-Жанейро целесообразно распространить на паритет социальных и экономических ценностей, расширив сферу соци-

альных ценностей осуществлением надежных сейсмостойких мероприятий или однонаправленных с этими мероприятиями замещающих решений. Поскольку наши города продолжают развиваться и расширяться, увеличивая занимаемую территорию, то возрастает вероятность "прямого попадания" землетрясения. В связи с этим необходимо учитывать такие риски и находить пути их сокращения посредством модификации условий строительства на потенциально опасных участках, повышенного внимания к проектированию и модернизации объектов промышленности, сельского хозяйства, транспорта, жилищно-коммунального хозяйства и т. д.

В качестве иллюстрации значительности социальных и экономических последствий от землетрясений приведем несколько примеров.

За последние десятилетия землетрясения вызвали огромный ущерб и немалые человеческие жертвы. Хорошо знакомы случаи, когда из-за недоучета сейсмической опасности сильные землетрясения явились для многих районов неожиданными и привели к огромным потерям. Известно, что предельно сжатые сроки выполнения спасательных работ вносят важнейший вклад в увеличение числа спасенных людей, так как уже через час после землетрясения 40% от общего числа людей, получивших тяжелые травматические повреждения, относятся к безвозвратным потерям, через 3 часа — 60%, а через 6 часов — 95%. Эти данные убедительно свидетельствуют о необходимости оптимального использования сил и средств спасения населения при разрушительном землетрясении.

Так, при Спитакском землетрясении в Армении 7 декабря 1988 г. в течение первых дней из-под завалов было извлечено свыше 5000 человек, оставшихся в живых. Всего в эпицентральной зоне за первую неделю работ по ликвидации последствий землетрясения было спасено около 15000 человек. Эта цифра могла быть значительно большей, хотя спасением было занято свыше 70 тыс. спасателей из разных стран, что свидетельствует о сравнительно низкой эффективности этих работ, плохо обеспеченных соответствующими средствами.

В результате землетрясения в Нортридже прямой ущерб только "системе жизнеобеспечения", под которой понимается система коммунальных коммуникаций и транспорта, превысил \$ 2 млрд. При этом данная величина отражает только затраты на ремонт поврежденных коммуникаций. А прогнозная оценка косвенного ущерба составляет на порядок большую величину\*. Кроме того необходимо иметь в виду, что землетрясение в Нортридже

\* Ronald T. Eguchi. Mitigating Risks to Lifelines Through Natural Hazard Reduction and Mitigation, EQE International, Inc., 1995.

было средней мощности. Общий прямой ущерб (только затраты на ремонт) от трех землетрясений — Сан Фернандо (1971 г.), Лома Приета (1989 г.), Нортридж (1994 г.) — составил \$ 29 млрд. (в ценах 1994 г.). И это значительно меньше последствий землетрясения в Кобе. Сравнение прямого и косвенного ущерба в результате повреждения нефтепроводов в сейсмической зоне Нового Мадрида показало, что прямой ущерб составил только 2,3% от суммы учтенного прямого и косвенного\*.

Только прямой экономический ущерб от разрушения жилых зданий в результате землетрясения в Нефтегорске (25.05.95) превысил 230 млрд. руб. (в ценах на 01.06.95) по их остаточной стоимости, в то время как усиление зданий до 7 баллов (без выселения жильцов) обошлось бы в 100 млрд. руб., а повышение сейсмостойкости еще в процессе возведения зданий составило бы 4-5% от стоимости строительства несейсмичных зданий. Число погибших в результате землетрясения — 1989 человек, раненых — более 400 человек (при общей численности населения поселка около 3000 человек)\*\*.

Приведенные примеры показывают важность оценки сейсмического риска, разработки методологии и методических подходов для экономической оценки ущерба от землетрясений, в особенности косвенного. Это необходимо для своевременного принятия эффективных превентивных мер, избрания верных решений в части компенсации понесенных убытков, развития системы страхования и пр.

В качестве обеспечивающих мер целесообразно совершенствование стандартов сейсмостойкости, нормативных и законодательных актов, а так же развитие научных исследований по прогнозированию и оценке риска землетрясений.

Начиная рассмотрение проблемы экономической оценки последствий чрезвычайных ситуаций и, в частности, последствий землетрясений, необходимо, в первую очередь, обратиться к терминологии, основным определениям и понятиям, как уже утвердившимся, так и еще не завоевавшим признания у теоретиков и практиков.

---

\* Ronald T. Eguchi. Mitigating Risks to Lifelines Through Natural Hazard Reduction and Mitigation, EQE International, Inc., 1995.

\*\* Кофф Г. Л., Чеснокова И. Д. Оценка сейсмического риска и вопросы страхования от землетрясений.// Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг./ Сб. трудов, вып. 1. — М.: МАИ, ИЛСАН, 1995. — С. 58-64.



В связи с тем, что исследуемая проблема имеет междисциплинарный характер и на сегодняшний день практически не разработана, специалисты сталкиваются с проблемами, обусловленными различными смысловыми оттенками, казалось бы, однозначно трактуемых терминов и понятий или расплывчатостью формулировок еще неустоявшихся терминов и понятий.

Изучение проблемы экономической оценки негативных последствий чрезвычайных ситуаций невозможно без исследования ее центральной, основополагающей категории — экономического ущерба.

В первую очередь, необходимо уточнить понятия "вред", "ущерб", "урон", "убытки", "потери". В ряде инструктивно-методических документов, в научной литературе эти понятия рассматриваются как синонимы, следуют по тексту друг за другом и одно из них обычно берется в скобки. Правомерно ли это? Если подходить формально, на уровне бытовой лексики, то да. Из толковых словарей следует, что в русском языке указанные понятия трактуются как равнозначные, одно из них, как правило, определяется через другое.

Однако, при переводе общераспространенного (бытового) смыслового содержания данных понятий в сферу профессиональной терминологии легко заметить существующие между ними различия.

Так, в юриспруденции чаще употребляется понятия "вред", "ущерб". Главной отличительной особенностью правовых норм от других, является наличие в них санкций, т. е. "юридической ответственности" за нарушение, неисполнение или ненадлежащее исполнение норм права. В результате противоправного деяния наступают определенные последствия — причинение вреда, нанесение ущерба. Ущерб может быть материальным и моральным.

Понятиями "убыток" и "ущерб" пользуются в страховании. Под убытком понимается подлежащий возмещению страховщиком ущерб, причиненный объекту страхования в результате страхового случая. Под ущербом — потери страхователя в денежной форме в результате реализации страхового риска. Причины ущерба могут быть результатом стихийных бедствий, судебных издержек и арбитражных сборов, списания безнадежных долгов, порчи и недостачи товарно-материальных ценностей и готовой продукции и других причин. Заявленные страхователем претензии по ущербу принимаются страховщиком, если они возникли в результате страхового случая.

Ликвидация убытков осуществляется путем проведения комплекса мероприятий страховщика по установлению причин, фактов и обстоятельств страхового случая и выплате страхового воз-

мещения. При этом рекомендуется различать страховой случай и страховое событие. Под страховым событием понимается потенциально возможное причинение ущерба объекту страхования. Реализованная гипотетическая возможность причинения ущерба объекту страхования будет означать страховой случай. Последствия страхового случая выражаются в полном уничтожении или частичном повреждении объекта страхования. Не относятся к страховым случаям события, которые хотя и причинили ущерб, но не противоречат нормальному технологическому циклу в процессе производства.

При землетрясениях в ущерб страхователя обычно включается стоимость погибшего имущества по страховой оценке, стоимость поврежденного имущества, стоимость работ по спасению поврежденного имущества (из суммы ущерба исключается стоимость строительных материалов, годных для восстановительных работ). Методика страхования на случай смерти и потери здоровья в результате землетрясения в России не разработана вообще.

Особо следует рассмотреть исследуемые понятия применительно к экологическому праву, проблемам экологии и экономики.

Вред, причиняемый окружающей среде, согласно основам природоресурсового права, подразделяется на экономический и экологический.

Специфика экологического ущерба заключается в чрезвычайно широком содержании, многообразии проявлений. Основанием ответственности за экологический ущерб является нарушение соответствующего правового обязательства. Однако в конкретных ситуациях практически невозможно определить точные границы таких обязательств и материальные последствия их нарушения. Квалификация противоправности деяния, установление характера и размеров ущерба, идентификация причинителей ущерба, вопрос выбора санкций, формы и размеров материальной компенсации ущерба во многом зависят от конкретной экологической ситуации. Специфика экологического ущерба состоит в том, что он, как правило, не может быть адекватно измерен с помощью категорий материального ущерба или иных правовых конструкций.

Поэтому, к примеру, в деятельности Комиссии международного права экологический ущерб рассматривается главным образом как результат тяжкого нарушения международно-правового обязательства, имеющего основополагающее значение для жизненно важных интересов международного сообщества.

Однако, для повседневной практики характерны латентные правонарушения, выражающиеся в незначительном загрязнении

окружающей среды, которые суммируясь на самом деле и представляют главную опасность для человечества.

Таким образом, возмещению подлежит только экономический вред, т.е. тот который может быть выражен в экономических единицах. Говорить о возмещении экологического вреда не имеет смысла, в виду невозможности его измерения. Именно поэтому в экономической практике целесообразно использовать понятие "экономический ущерб от нарушения природной среды", как более точно отражающее экономическую сторону проблемы. В юридической же практике, затрагивающей сферу экологического права, вероятно, следует применять общее понятие "вред" или термин "юридически значимый ущерб", т. е. тот, который причиняется в результате противоправного действия.

Соотношение величин экологического вреда, экономического ущерба от нарушения окружающей среды и юридически значимого ущерба выглядит примерно следующим образом: юридически значимый ущерб плюс нормативный ущерб (формируемый нарушениями в пределах допускаемых правовыми нормами) равен общему экономическому ущербу; общий экономический ущерб плюс неучтенную прибыль (вследствие методических и технических несовершенств или невозможности ее выражения в стоимостных показателях) равен экологическому вреду.

Под, например, противоправным загрязнением окружающей среды в практике управления природопользованием обычно подразумевается превышения краткосрочных, максимально разовых нормативов допустимого воздействия в результате аварийных и залповых выбросов, либо выброс загрязняющих веществ без оформленного в установленном порядке разрешения. Возмещение ущерба, причиненного противоправным загрязнением, производится судебными органами, как правило, в порядке искового делопроизводства. Официально утвержденный приказом Минприроды РФ от 27 июня 1994 г. N200 "Временный порядок" предписывает оценку размеров компенсации ущерба от аварийного загрязнения окружающей среды производить на базе действующих нормативно-методических документов, кадастровых оценок природных ресурсов и т.д., в исключительных ситуациях, экспертно.

В дальнейшем в рамках настоящей работы мы будем оперировать с категорией экономического ущерба.

*В общем виде под экономическим ущербом от нежелательного действия природного характера или антропогенного действия (бездействия) будем понимать убытки, опосредованные в следующих формах: потеря материальных благ или их потребительских свойств, созданных прошлым трудом; потеря (недополучение) по-*



*тенциальных материальных благ или потребительских свойств при понесенных затратах; недополучение ожидаемого результата при неосуществленных затратах или потеря естественных природных благ; дополнительные затраты на компенсацию понесенных потерь; иррациональное использование наличных материальных и финансовых ресурсов.*

Прежде чем приступить к рассмотрению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций, от землетрясений в частности, постараемся, насколько это возможно в рамках данной работы, раскрыть сущность самого понятия “экономического ущерба” и показать как оно из обывденной терминологии перешло в разряд экономических терминов и показателей, используемых в хозяйственных отношениях.

Исторически сложилось таким образом, что “экономический ущерб” как экономическая категория и показатель, применяемый в хозяйственной деятельности, сначала утвердился в сфере экономики природопользования, конкретно, в части оценки последствий загрязнения окружающей природной среды. Поэтому ретроспективное исследование процесса становления категории “экономического ущерба”, естественно, будет содержать в основном анализ работ посвященных методологии, методикам и расчетам экономического ущерба от нарушения окружающей среды, в особенности, от загрязнения атмосферного воздуха.

Поднимая вопрос о методологии определения экономического ущерба, прежде всего следует исходить из его стохастического характера, вследствие чего величина ущерба может определяться лишь с той или иной степенью вероятности. Главной трудностью практического определения величины экономического ущерба является несовпадение по месту и времени возникновения негативных последствий того или иного действия (бездействия), что, в первую очередь, относится к экологическим последствиям. Таким образом, критерий определенности и достоверности оценок экономического ущерба определяется уровнем наших знаний о причинно-следственных связях в системе “общество-природа”.

Современный уровень развития науки позволяет в общих чертах разработать методологию оценки экономического ущерба в рамках тех последствий, которые могут быть однозначно детерминированы. Неопределенность при расчетах ни в коей мере не может служить основанием для отказа от исчисления экологических издержек и их учета в хозяйственной деятельности. Стохастический характер экономического ущерба отнюдь не является свойством, присущим только этой категории общественно-необходимых издержек. Подобные свойства присущи и некоторым дру-



гим чрезвычайно важным экономическим показателем, как-то экономические оценки природных ресурсов, показатели эффективности капитальных вложений и пр.

Одной из актуальных проблем экономики природопользования в настоящее время является углубление и совершенствование теоретических принципов определения побочных эффектов или, как их еще называют, переливов. Под переливами понимается ситуация, когда некоторые выгоды или издержки, связанные с производством или потреблением товаров (работ, услуг) "перемещаются" к третьим сторонам, т. е. к сторонам, не являющимся непосредственными участниками рассматриваемого конкретного процесса. Побочными эффектами переливы называют потому, что они представляют собой выгоды или потери, выпадающие на долю индивида или группы, не являющимися участниками рыночной сделки.

Если производство или потребление товара порождает некомпенсируемые издержки у какой-то третьей стороны возникают издержки перелива, наиболее очевидными из которых являются издержки перелива связанные с загрязнением окружающей среды.

Одно из первых определений ущерба применительно к загрязнению атмосферы было дано в 1971 г. В. Т. Халдеевым\*. Под ущербом, причиняемым народному хозяйству промышленными предприятиями он подразумевал дополнительные затраты, необходимые для ликвидации негативных социально-экономических последствий загрязнения воздушного бассейна, выраженные в стоимостной форме.

Данное определение, с высоты прошедших лет и сегодняшних представлений об экономическом ущербе, имеет две неточности. Во-первых, ликвидация каких бы то ни было последствий антропогенного воздействия возможна лишь при условии нейтрализации самого источника загрязнения. В противном случае речь может идти лишь о компенсации отрицательных последствий загрязнения атмосферы. Это обстоятельство в определении не отмечено. Во-вторых, стоимостная оценка отрицательных последствий загрязнения окружающей среды, т. е. фактически имеющих место потерь, уже сама по себе может выступать как величина экономического ущерба. В этом случае определение дополнительных затрат на ликвидацию (компенсацию) экономических потерь от загрязнения атмосферы теряет смысл. Кроме того, определение носит слишком общий характер, ибо не ясно, что же все таки счи-

\* Халдеев В. Т. Расчет ущерба, наносимого сельскому хозяйству выбросами в атмосферу химическим комбинатом // Растения и промышленная среда. — Киев: Наукова думка. 1971. — С. 116-120.

тать стоимостной формой отрицательных социально-экономических последствий загрязнения и каким образом их ликвидировать (компенсировать). Например, при потере фирмой сельскохозяйственной продукции вследствие загрязнения воздушного бассейна на сумму, компенсацию можно осуществить за счет дополнительных инвестиций в производство других, причем более рентабельных, видов продукции. Это компенсирует стоимостные потери, но не восполнит возникший натуральный дефицит. Таким образом, говоря о дополнительных затратах на возмещение отрицательных последствий загрязнения, необходимо иметь в виду натурально-вещественный состав потерь.

Основной вклад в развитие теории экономического ущерба, особенно — экономического ущерба от загрязнения атмосферы, принадлежит Балацкому О. Ф.\*

В своих ранних работах Балацкий О. Ф. под экономическим ущербом понимал фактические или возможные потери, урон, отрицательные изменения природы, живых существ, которые возникают от каких-либо действий, воздержания от них, наступления событий и их комбинаций, выраженные в стоимостной форме.

В последующих работах автор трактует экономический ущерб от загрязнения окружающей среды как выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Относительно приведенных определений экономического ущерба, опыт же, учитывая накопленный к настоящему моменту опыт, в том числе и работы самого О. Ф. Балацкого, можно сделать следующие замечания. При оценке экономического ущерба исходя из рассматриваемых определений, вероятно, предполагается, что последствия негативного воздействия загрязнителей на население и объекты народного хозяйства уже наступили и могут быть зафиксированы. Однако во втором определении наравне с фактически имеющимися место убытками к экономическому ущербу предлагается относить возможные последствия загрязнения, т. е. те, которые еще не наступили. На наш взгляд, это не совсем вер-

\* Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Яковлев А. Ф. Экономика и качество окружающей природной Среды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 190 с.; Балацкий О. Ф. Экономика чистого воздуха. — К.: Наукова думка, 1979. — 296 с.; Балацкий О. Ф. Экономика защиты воздушного бассейна. — Харьков: Вища школа, Изд-во Харьк. ун-та, 1976. — 100 с.; Балацкий О. Ф., Панасовский Ю. В., Чупис А. В. Экономика и организация охраняемых природных территорий. — М.: Агропромиздат, 1989. — 192 с. и др.



но, поскольку в этом случае речь должна идти не об оценке, а о прогнозировании экономического ущерба.

Как следует из второго определения экономического ущерба его составляющими являются две альтернативные формы издержек — затраты на компенсацию убытков и собственно убытков. В тех случаях, когда дополнительными затратами не удастся до конца компенсировать отрицательные последствия загрязнения, предлагается величину ущерба исчислять по сумме двух отмеченных форм его проявления. Такая неоднозначная количественная оценка одного и того же качественного явления не способствует повышению роли экономического ущерба в системе показателей эффективности производства. Например, затраты на компенсацию потерь сельскохозяйственной продукции могут в несколько раз превосходить стоимость потерянной продукции.

Большинство определений экономического ущерба, встречающихся в литературе, в той или иной части сходны с приведенными выше формулировками О. Ф. Балацкого. Так И. Я. Блехцин под ущербом в общем виде понимает фактические или возможные потери, возникающие в результате негативных изменений вследствие антропогенного воздействия\*.

А. А. Вейхером экономический ущерб трактуется как бесполезная утрата уже созданных материальных благ или недополучение их при уже понесенных затратах\*\*. Здесь наравне с традиционными для многих формулировок прямыми фактическими потерями предложена новая форма проявления экономического ущерба — потеря того, что еще не произведено, но могло бы быть произведенным. Эта форма ущерба часто именуется «упущенной выгодой».

А. Н. Алымов отмечает, что эколого-экономический ущерб отражает возможные народнохозяйственные потери от природопользования и представляет собой сумму дополнительных затрат на воспроизводство и восстановление отдельных видов ресурсов в данном регионе до уровня, предшествовавшего осуществлению природоохранных мероприятий\*\*\*. Это определение вписывается в

\* Блехцин И. Я., Минеев В. А. Производительные силы СССР и окружающая Среда: (проблемы и опыт исследования). — М.: Мысль, 1981. — 214 с.

\*\* Вейхер В. В. Виды экономических событий, связанных с изменениями природной среды // Экономические проблемы управления качеством городской среды / Тез. докл. Всесоюз. совещ., 2-3 декабря 1976 г. — М., 1976. — С. 154-157.

\*\*\* Алымов А. Н. Развитие производительных сил и охрана окружающей среды. — Киев, 1979. — 256 с.

подходы к трактовке экономического ущерба как дополнительных приведенных затрат, вызванных воздействием загрязненной среды на реципиентов. Однако в других публикациях<sup>6</sup> этим же автором экономический ущерб отождествляется с полными народнохозяйственными издержками, которые на самом деле превышают размер ущерба на величину затрат на природоохранные мероприятия.

Оригинальный подход к трактовке экономического ущерба предлагается Л. А. Белашовым, Л. Я. Милениной и др. Под экономическим ущербом они понимают минимальную сумму затрат живого и овеществленного труда, необходимую для поддержания неизменными уровня производства и условий проживания населения в зоне загрязнения, а при неизбежности их снижения или ухудшения — для развития производства продукции и услуг в объеме, обеспечивающем полное предупреждение возможных негативных последствий<sup>7</sup>. Из изложенного следует, что экономический ущерб авторы рассматривают в виде непосредственного и сопутствующего. Непосредственный ущерб отражает затраты живого и овеществленного труда в подразделениях материального производства и непродуцированной сферы. Сопутствующий ущерб характеризует потери, лежащие за пределами указанных подразделений. Такая дифференциация потерь не имеет, на наш взгляд, принципиального значения, поскольку и те и другие в конечном счете по смыслу соответствуют дополнительным приведенным затратам, обусловленным воздействием загрязненной среды на реципиентов.

Заслуживает определенного внимания так же трактовка экономического ущерба, предложенная В. В. Немченко. По его мнению, под эколого-экономическим ущербом следует понимать разность между совокупным общественным продуктом, который мог бы быть получен на основе рационального природопользования, и фактически полученным при существующем состоянии окружающей среды и уровне использования природных ресурсов. В данном определении экономический ущерб по форме близок к понятию упущенной выгоды. Эта формулировка, скорее, носит теоретический характер, поскольку на практике вряд ли возможно достоверно установить, какой объем совокупного общественного продукта (валового национального продукта, национального дохода) был бы произведен в случае отсутствия загрязнения окружающей среды.

<sup>6</sup> Алымов А. Н. Производительные силы: проблемы развития и размещения. — М.: Экономика, 1981. — 288 с.

<sup>7</sup> Белашов Л. А., Миленина Л. Я., Серов А. М. и др. Планирование и стимулирование рационального природопользования. / Под ред. Л. А. Белашова. — Киев: Наукова думка, 1982. — 252 с.



Несколько иную, но близкую и довольно удачную, трактовку предложили сотрудники ЦЭМИ (Федоренко Н. П., Гофман К. Г., Гусев А. А.)<sup>\*</sup>. В указанной работе экономический ущерб в общем виде трактуется ими как дополнительные затраты, возникающие в народном хозяйстве и у населения, вследствие повышенного загрязнения окружающей среды сверх такого ее состояния, при котором не возникают негативные последствия от воздействия загрязнителей, при современном уровне знаний об отрицательных последствиях, выраженных в стоимостной форме. Там же дается некоторое уточнение: под экономическим ущербом подразумевается минимально необходимая сумма приведенных затрат на предотвращение воздействия загрязненной среды на реципиентов и затрат, вызываемых этим воздействием. Характерной особенностью этой трактовки экономического ущерба на тот период времени является то, что его составной частью предлагается считать дополнительные затраты на предотвращение воздействия загрязнителей на реципиентов (строительство высоких дымовых труб, создание санитарно-защитных зон, кондиционирование воздуха в рабочих помещениях и т. п.), а так же затраты, имеющие место не только в госсекторе, но и у населения.

Последнее определение принято в качестве "официального", поскольку оно вошло во "Временную типовую методику определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды", одобренной постановлением Госплана СССР и Президиума АН СССР в 1983 г. Как следует из этих формулировок, выраженные в стоимостном виде фактические убытки не являются составной частью экономического ущерба. Приведенные же затраты, обусловленные негативным воздействием загрязнителей на реципиентов, по смыслу являются теми же затратами на компенсацию понесенных убытков.

Встречается подход, ранее выглядевший весьма предпочтительно, согласно которому экономический ущерб определяется по снижению рентной экономической оценки природного ресурса. В основном этот подход применялся при стоимостной оценке потерь вследствие экологических нарушений в сельском и лесном хозяйствах, рекреационных ресурсах, особо-охраняемых природных территориях.

---

<sup>\*</sup> Социалистическое природопользование: Экономические и социальные аспекты/ Под ред. Н. Н. Некрасова, Е. Матева. — М.: Экономика; София: Партиздат, 1980. — 216 с.

Как правило, мы имеем дело с ущербом от установившегося загрязнения, который формируется в течение достаточно длительного промежутка времени и оценивается в годовом измерении. Причем, если на протяжении года не было превышений лимитов выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, то с юридической точки зрения этот ущерб квалифицируется как общественно нормальный.

Однако возможна и другая ситуация, когда в результате резкого, но достаточно краткосрочного ухудшения экологической обстановки могут произойти очевидные негативные изменения в респираторах: скачкообразное возрастание заболеваемости населения болезнями узкой нозологической группы, внезапное усыхание зеленых насаждений в пределах населенных пунктов, гибель сельскохозяйственных культур и т. д. Эти количественные и качественные потери являются следствием аварийных или залповых выбросов (сбросов) вредных веществ на предприятиях, что квалифицируется как экологическое правонарушение. Согласно действующему законодательству, эти потери должны быть полностью возмещены причинителем вреда, как правило, в порядке искового делопроизводства.

Методические отличия в оценке общественно нормального и юридически значимого ущерба заключаются в различных подходах к учету периода экспозиции загрязнителей. В первом случае в качестве базовой принята годовая экспозиция, во втором случае — суточная, часовая.

Для оценки юридически значимого ущерба принципиальным моментом является правовая квалификация субъектов, которым причинен вред. Здесь возможны два варианта: юридическое и физическое лицо. Необходимость такой дифференциации обусловлена тем, что методы количественной оценки и формы компенсации вреда юридическим и физическим лицам различны.

Важным классификационным признаком экономического ущерба является иерархический или организационно-хозяйственный уровень его локализации. Известно, что экономическая оценка одних и тех же натуральных потерь может осуществляться на нескольких уровнях. Например, последствия временной нетрудоспособности можно оценивать, во-первых, с позиций самого заболевшего, во-вторых, с позиций предприятия, где он работает, в-третьих, с позиций народного хозяйства в целом. При этом каждому уровню свойственны свои экономические критерии и натурально-вещественный состав потерь.

Выделяют три основных уровня оценки экономического ущерба: народнохозяйственный (национальный, государственный,



правительственный), хозяйственный (коммерческий, фирмы, предприятия) и субъектно-индивидуальный (домохозяйства).

По локализационному признаку экономический ущерб от загрязнения того или иного компонента окружающей среды делится на совокупный и реципиентный (секторный). Совокупный ущерб характеризует суммарную величину потерь без дифференциации его на локальные составляющие. По совокупным оценкам невозможно судить о натурально-стоимостной структуре экономических потерь. Реципиентный (секторный) ущерб наоборот раскрывает перечень загрязняемых объектов, их структуру и виды потерь. Совокупный ущерб определяется калькуляцией реципиентных ущербов. В свою очередь реципиентные ущербы по признаку однородности объектов и элементов, воспринимающих экологическую нагрузку, могут делиться на базовые и комплексные. Комплексные реципиентные ущербы состоят из определенного набора базовых ущербов. Примером базового ущерба является ущерб в связи с ухудшением здоровья населения, примером комплексного — ущерб жилищно-коммунальному хозяйству.

В эколого-экономических расчетах имеет место дифференциация ущерба на прямой и косвенный. Причем, единых общепринятых критериев отнесенных убытков к прямым или косвенным не существует. Чаще всего группировка потерь производится по признаку учета причинно-следственных связей между временем и местом происхождения экологически опасных событий (например, выбросов или сбросов загрязняющих веществ) и наступившими в этой связи последствиями. Характерно, что прямой ущерб обычно может оцениваться непосредственной постатейной калькуляцией всех составляющих потерь. Особенно важна дифференциация убытков на прямые и косвенные в случае причинения конкретному субъекту юридически значимого ущерба.

Однако, когда речь идет о правомерном, установившемся загрязнении окружающей среды, распределить убытки на прямые и косвенные по признаку учета причинно-следственных связей не всегда представляется возможным. Более надежным группировочным признаком в случае правомерного загрязнения нам представляется воспроизводственный фактор.

Фактический (расчетный) экономический ущерб, как правило, исчисляется в годовом измерении и выражается в ценах и расчетах предыдущего года. Такое "запаздывание" объясняется спецификой статистической отчетности. Следовательно, годовой лаг в эколого-экономических расчетах должен считаться нормальным и приниматься в качестве базового. Аналогичную продолжительность имеет народнохозяйственный воспроизводственный цикл.



Валовый национальный продукт, в состав которого входит национальный доход, создается в течение года. Однако, в процессе его производства участвуют ресурсы, созданные прошлым трудом и перераспределенные через государственный и местные бюджеты, а также создается материальная база для потребления и накопления будущих периодов. Другими словами, в текущей хозяйственной деятельности всегда присутствуют "элементы" прошлого, настоящего и будущего труда. В свою очередь, ущерб, причиняемый народному хозяйству в результате загрязнения окружающей среды, не ограничивается только потерями текущего года. Он определенным образом связан с потерей или нерациональным использованием результатов прошлого труда и обуславливает будущие потери. Этот процесс станет более понятным при рассмотрении натурально-стоимостного состава и форм опосредования экономического ущерба.

Исходя из вышесказанного, под прямым ущербом зачастую предлагается понимать потери, возникающие в народном хозяйстве в текущем воспроизводственном цикле и выражающие в виде ухудшения соответствующих показателей социально-экономического развития по годовым итогам. Все остальные виды потерь относят к косвенным, т. е. непосредственно не влияющим на результаты работы народного хозяйства в текущем году.

Вместе с тем, следует учитывать, что предложенный подход к дифференциации ущерба на прямой и косвенный в известной степени условный, поскольку одни и те же потери могут опосредоваться в различных формах.

Значительное место в разработке теории экономического ущерба принадлежит проблеме обоснования критериев потерь. В зависимости от того какие категории используются для характеристики результата производства в различные времена на различных иерархических уровнях экономической ущерб может выступать в виде потерь валового общественного продукта, конечного общественного продукта, национального дохода, дохода и прибыли, личного дохода и т. д.

В качестве основного критерия экономического ущерба на народнохозяйственном уровне следует считать потери национального дохода, на уровне фирмы — рост затрат на производство продукции (оказание услуг, выполнение работ), на уровне домохозяйства — потеря дохода и рост затрат.

Исследования натурально-стоимостного состава экономического ущерба на различных уровнях свидетельствуют о необходимости (в зависимости от решаемых задач) расширения круга критериев натуральных показателей потерь.

Это наглядно подтверждается при рассмотрении экономического ущерба, причиняемого промышленным предприятиям в результате загрязнения атмосферы.

В общем виде воздействие загрязненной среды на элементы основных производственных фондов приводит к ухудшению их функционального состояния и сокращению срока службы. В результате общество теряет некоторую часть продукции, которая могла бы быть произведена на этом оборудовании. Стало быть, основным критерием потерь в данном случае является недопроизводство национального дохода. Однако, многие авторы в составе экономического ущерба промышленности выделяют такую составляющую, как потери ценных компонентов (сырья, топлива, продукции) с отходящими газами. Если за время сверхнормативных простоев оборудования теряется только чистая продукция, то в случае уноса ценных компонентов для общества безвозвратно теряются результаты прошлого труда. Поэтому критерием ущерба здесь в большей мере служат потери валовой продукции.

Другая составляющая ущерба промышленности формируется вследствие сокращения срока службы активной части основных фондов. Его стоимостным содержанием в этом случае являются потери не только чистой продукции, но и той части амортизационных отчислений, которая направляется на полное восстановление (реновацию) основных фондов. Поскольку реновационный фонд наряду с частью чистой продукции служит источником капитальных вложений, а так же учитывая общественную важность этих потерь, правомерно использование в качестве критерия экономического ущерба величины чистой продукции.

Экономический ущерб от загрязнения атмосферы, как известно, является комплексной величиной, состоящей из суммы реципиентных (локальных, секторных) ущербов. Большинство экономистов к основным типам реципиентов относят следующие: население, объекты жилищно-коммунального и бытового хозяйства, сельскохозяйственные угодья и животные, лесные ресурсы и, уже упоминавшиеся ранее, основные фонды промышленности. Во "Временной типовой методике..." к указанным реципиентам добавлены рекреационные и лечебно-курортные ресурсы.

Для получения более полной картины экономического ущерба дадим характеристику видовой и стоимостной структуры каждой составляющей потерь, входящих в него.

#### ***Население.***

Вещественным проявлением экономического ущерба населению является ухудшение состояния его здоровья в результате загрязнения воздушного бассейна. Повышение уровня заболеваемости



ти населения вызывает в экономике следующие дополнительные затраты и потери; на лечение и медицинское обслуживание населения, заболевшего вследствие загрязнения окружающей среды; недопроизводство национального дохода (потери чистой продукции) в связи со снижением производительности труда и временной утратой трудоспособности; выплаты пособий по временной нетрудоспособности и т. п. (Балацкий О. Ф.). Вторая составляющая экономического ущерба в связи с повышенной заболеваемостью населения большинством экономистов трактуется не как прямые потери, а как дополнительные затраты на компенсацию потерь национального дохода или чистой продукции, что методически является более правильным. Вместе с тем существующие методы количественной оценки этих последствий загрязнения основаны на учете упущенной выгоды, т. е. той продукции, которая могла бы быть произведена при отсутствии загрязнения. В свою очередь, упущенная выгода обычно оценивается на базе фактически достигнутой производительности труда, а не той, которая могла бы быть. Поскольку затраты на компенсацию потерь равны стоимости потерь лишь в частных случаях, вторая составляющая ущерба населению в формулировке Балацкого О. Ф. в большей степени соответствует реальным возможностям его экономической оценки.

#### *Жилищно-коммунальное хозяйство.*

Экономический ущерб жилищно-коммунальному хозяйству в связи с загрязнением атмосферы выражается в виде приведенных затрат на дополнительные услуги коммунально бытового хозяйства в загрязненной среде. Выделяют так же дополнительные затраты на уборку санитарной территории города от выпадающей пыли, содержание основных фондов жилищного хозяйства и городского общественного транспорта, замену усохших зеленых насаждений, дополнительную очистку и подготовку питьевой воды, содержание речного транспорта и др. Последние две составляющие связаны с загрязнением водных ресурсов. Дополнительные затраты на коммунально-бытовые услуги могут иметь место во всех секторах и на всех уровнях национальной экономики.

#### *Сельское хозяйство.*

Экономический ущерб сельскому хозяйству определяется по величине затрат на компенсацию количественных и качественных потерь продукции из-за снижения продуктивности угодий. Предлагается так же рассматривать экономический ущерб сельскому хозяйству как сумму потерь от изъятия земель из оборота вследствие их загрязнения, от недобора продукции растениеводства и животноводства.

Наиболее принципиальным и дискуссионным моментом при оценке ущерба сельскому хозяйству является обоснование критерия, служащего для перевода натуральных потерь в стоимостные. В условиях плановой экономической системы предлагалось использовать для этого закупочные цены. При этом не исключается возможность применения в расчетах ущерба розничных цен, дополнительных приведенных затрат на компенсацию потерянной продукции. В зависимости от применяемого показателя в значительной степени изменяется и смысл экономического ущерба. Так, если экономический ущерб трактуется как фактические потери продукции или снижение ее качества, действительно, могут использоваться закупочные или розничные цены. Причем в первом случае величина ущерба в основном характеризует потери конкретного хозяйства, во втором случае — потери на уровне национальной экономики.

#### *Лесное хозяйство.*

Экономический ущерб лесному хозяйству в соответствии с рекомендациями "Временной типовой методики..." определяется как дополнительные приведенные затраты на компенсацию количественных и качественных потерь продукции в связи со снижением функционального состояния лесных ресурсов. В других источниках этот реципиентный ущерб определяется суммой потерь товарной продукции лесного хозяйства и дополнительных затрат, обусловленных воздействием загрязненной атмосферы на лесные ресурсы. Естественно-вещественным содержанием ущерба согласно работам специалистов СумГУ\* являются: снижение годового естественного прироста древесины на корню, гибель лесных насаждений, выращивание молодняка лесных культур взамен усохших, проведение дополнительных санитарных рубок. Рядом экономистов предлагается в состав экономического ущерба лесным ресурсам, кроме названных статей, предлагается так же учитывать потери вследствие снижения производительности угодий по продукции побочного и прижизненного пользования, а так же последствия снижения средозащитных, рекреационных и оздоровительных функций леса. Здесь так же налицо суммирование стоимостной оценки прямых потерь (товарная продукция лесного хозяйства) и дополнительных затрат на их компенсацию (лесовосстановительные работы), что не является бесспорным.

#### *Основные фонды промышленности.*

\* Балацкий О. Ф. Экономика чистого воздуха. — К.: Наукова думка, 1979. — 296 с.; Балацкий О. Ф. Экономика защиты воздушного бассейна. — Харьков: Вища школа, Изд-во Харьк. ун-та, 1976. — 100 с.



Методология оценки экономического ущерба промышленности до настоящего времени разработана не в полной мере. Во "Временной типовой методике..." размер ущерба промышленности определяется по дополнительным затратам на компенсацию потерь промышленной продукции из-за воздействия загрязнителей на основные промышленно-производственные фонды. В работах Балацкого О. Ф. ущерб промышленности определяется как сумма дополнительных капитальных вложений и эксплуатационных затрат, связанных с повышенным износом основных промышленно-производственных, находящихся в условиях загрязненной среды, потерь ценных компонентов с атмосферными выбросами и экономических последствий повышенной текучести кадров вследствие загрязнения воздушного бассейна. Анализ, имеющихся по этому вопросу, публикаций свидетельствует, что несколько лучше разработаны теоретические принципы определения ущерба в связи с коррозией и ускоренным износом элементов основных фондов. Однако единства в подходах к выбору критериев оценки и форм проявления ущерба среди экономистов отсутствует. Значительно хуже разработаны принципы расчета издержек в связи с повышенной текучестью кадров и потерь ценных компонентов с отходящими выбросами. Кроме того, необходимо учитывать, что указанные виды потерь далеко не полностью исчерпывают все негативные изменения, происходящие в загрязнении атмосферного воздуха.

Таким образом, анализ видového и стоимостного состава комплексного ущерба от загрязнения воздушного бассейна свидетельствует о том, что дать однозначное определение категории экономического ущерба весьма затруднительно. Несмотря на различное понимание этой категории, накопленный объем знаний и практических исследований в общих чертах позволяет определить экономическую оценку отрицательных изменений в результате нарушения экологического равновесия.

Анализ категории экономического ущерба будет неполным, если при этом не рассматривать механизм его формирования. Экономические последствия загрязнения воздуха проявляются под действием объективных ущербообразующих факторов. Эти факторы классифицируют по трем основным группам: факторы влияния; факторы восприятия; факторы состояния\*.

---

\* Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Яковлев А. Ф. Экономика и качество окружающей природной Среды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 190 с.

К факторам влияния относятся масса выбросов и концентрация вредных веществ в атмосфере, токсичность (агрессивность) ингредиентов, структура выбросов.

Факторы восприятия характеризуются структурой и численностью реципиентов, оказавшихся в зоне загрязнения, т. е. плотностью населения, количеством объектов жилищно-коммунального хозяйства, размером сельскохозяйственных площадей и лесных угодий, стоимостью основных фондов.

Факторы состояния непосредственно определяют величину потерь в расчете на единичную численность реципиентов. В зависимости от способа их измерения они могут выражаться в натуральных и стоимостных показателях. К первой подгруппе факторов состояния относятся: уровень заболеваемости населения, количество дополнительно вывозимого уличного смета, численность уехавших зеленых насаждений, урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность скота и т. д. В стоимостную подгруппу факторов состояния входят: затраты на лечение населения, объем производимой чистой продукции, размер дневного пособия по временной нетрудоспособности, затраты на содержание элементов городского хозяйства, затраты на возделывание сельскохозяйственных культур, стоимость ремонта и обслуживания основных производственных фондов и т. д.

Не трудно заметить, что экономический ущерб формируется только в тех случаях, когда одновременно проявляется действие всех трех групп ущербобразующих факторов. Их анализ позволяет, например, частично ответить на вопрос — почему одинаковые по массе и составу выбросы в различных внешних условиях причиняют неадекватный ущерб.

Представляется необходимым несколько дополнить предложенную выше классификацию ущербобразующих факторов еще двумя группами: внутренние факторы; внешние факторы.

*Внутренние факторы* оказывают решающее влияние на характер диффузии загрязнителей в атмосфере. Они зависят от технического уровня конкретного производства, характера технологического процесса, качества перерабатываемого сырья и энергоносителей на предприятии-загрязнителе, геометрических и технологических характеристик источников выбросов, расположения предприятия.

*Внешние факторы* определяются природными, метео-климатическими, топографическими, социально-экономическими, гигиеническими и другими региональными характеристиками. Эти факторы связаны функциональной или корреляционной зависимостью с показателями экономического ущерба, причиняемого реципиентам в данном районе, так как описывающие их парамет-



ры сравнительно постоянны для конкретного промежутка времени. Фиксирование внешних ущербообразующих факторов возможно путем введения региональных поправочных коэффициентов для каждого типа реципиентов.

При определении экономического ущерба необходимо так же учитывать многообразие форм его опосредования. По классификации Балацкого О. Ф. следует различать потенциальный, возможный, фактический, предотвращенный и ликвидированный ущерб. Под потенциальным подразумевается экономический ущерб, который реально существует, но дополнительные затраты на его ликвидацию в настоящее время не требуются. В качестве примера такого ущерба приводится неубираемая пыль, которая выпадает на дороги и тротуары в результате загрязнения атмосферы. Это определение не представляется нам достаточно корректным и бесспорным, поскольку в данном случае фактических потерь или отрицательных изменений не происходит, а дополнительные затраты, отсутствуют. Следовательно, отсутствуют признаки характерные для категории экономического ущерба.

Возможный ущерб—это экономический ущерб, который имел бы место в случае отказа от осуществления природоохранных мероприятий. По нашему мнению, потенциальный экономический ущерб и возможный экономический ущерб являются эквивалентными понятиями и подпадают под определение возможного ущерба.

Под фактическим экономическим ущербом понимаются потери, имевшие место в результате загрязнения атмосферы и подлежащие оценке в стоимостном выражении.

Предотвращенный ущерб представляет собой разницу между возможным и фактическим ущербами в определенный момент времени.

Ликвидированный ущерб может быть рассчитан как разность фактического экономического ущерба до и после осуществления природоохранных мероприятий.

Наиболее сложной и дискуссионной формой учета экономического ущерба является такая его составляющая как упущенная выгода. До недавнего времени показатели упущенной выгоды у нас в экономической практике не применялись. Под упущенной выгодой в упрощенном виде понимается недополучение планируемого результата труда при неосуществленных (вследствие загрязнения атмосферы) затратах либо потерю естественных природных благ в результате загрязнения окружающей среды. В качестве примера можно привести потерю рабочего времени в результате временной нетрудоспособности работников, потерю про-



дукции побочного пользования и рекреационной ценности лесных ресурсов.

Впервые у нас вопрос о практической оценке экономического ущерба от загрязнения воздушного бассейна был поставлен сравнительно недавно — на рубеже 60-70 гг. Как отмечалось ранее, это были первые работы не только в части оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы, но и в теории экономических ущербов вообще.

Основной вклад в развитие этой теории, разработку подходов к количественной оценке ущерба внесли коллективы ученых СумГУ (до 1993 г. — Сумский филиал ХПИ), ЦЭМИ АН СССР, Ворошиловградского (Лутанского) филиала института экономики промышленности АН УССР, Кузбасского политехнического института и др.

Выделяется два принципиальных методологических подхода к определению величины экономического ущерба: прямой счет и косвенная оценка.

Основная особенность *метода прямого счета* заключается в том, что величина экономического ущерба определяется непосредственно для конкретного объекта исследования путем прямого калькулирования различных составляющих потерь, выраженных в стоимостной форме, на основе объективных методов их выявления.

Прямой счет на практике реализуется тремя методами: контрольных районов (метод элиминирования факторов не относящихся к загрязнению), аналитических зависимостей и комбинированным.

*Метод контрольных районов* основан на сопоставлении показателей состояния реципиентов в загрязненной зоне с соответствующими показателями контрольного (условно чистого) района. В основу метода положена гипотеза согласно которой показатели состояния реципиентов, непосредственно влияющие на величину экономического ущерба, в исследуемом и контрольном районах при прочих равных условиях зависят от уровня загрязнения окружающей среды. Выбор контрольного района осуществляется таким образом чтобы показатели состояния реципиентов, не относящиеся к загрязнению (например: половозрастной состав населения, уровень медицинского обслуживания, жесткость климата, качество почв, интенсивность сельскохозяйственного производства и т. д.), были равными или близкими по значению с аналогичными показателями в исследуемом районе.

Основное теоретическое развитие метод контрольных районов, применительно к загрязнению атмосферы, получил в работах

О. Ф. Балашко, Н. Г. Чумаченко, Л. А. Белашова, давших подробное описание принципов подбора контрольного района, сбора исходной информации, последовательности расчета и выделения доли ущерба, приходящийся на конкретное предприятие.

*Метод аналитических зависимостей* основан на статистической обработке фактических данных о влиянии различных факторных признаков (включая факторы загрязнения атмосферы) на изучаемый показатель состояния реципиента. В результате получаются уравнения регрессии, характеризующие закон изменения исследуемого ущербобразующего признака в зависимости от значения факторов, определяющих его величину (включая уровень загрязнения). Например, могут быть построены зависимости уровня заболеваемости населения от показателей жесткости климата, загрязнения атмосферы, развития медицинского обслуживания, благосостояния населения и т. д. Зная численные значения указанных факторов, можно определить, какая доля заболеваемости населения обусловлена повышенным уровнем содержания вредных веществ в атмосферном воздухе. Умножив далее размер натуральных потерь на их стоимостной показатель, в общем виде рассчитывается величина экономического ущерба.

*Комбинированный метод* основан на сочетании методов контрольных районов и аналитических зависимостей. По-видимому, это наиболее точный и объективный метод количественной оценки экономического ущерба. Поскольку выбрать два достаточно одинаковых района, отличающихся только уровнем загрязнения атмосферы, довольно затруднительно, то для сравнения может быть условно чистый район, имеющий сходные с исследуемой территорией показатели состояния реципиентов. Учитывая, что зависимость между факторами влияния и факторами состояния, как правило, носит нелинейный характер, привести их к виду, достаточному для элиминирования, можно посредством регрессионного анализа. Исключив, таким образом, влияние факторов, не относящихся к загрязнению, определяется величина натуральных потерь вследствие загрязнения воздушного бассейна и их стоимостная оценка.

Естественно, что каждый из описанных методов имеет свои достоинства и определенные ограничения. Например, метод контрольных районов используется только для оценки экономического ущерба при фактическом уровне загрязнения. Изменение антропогенной нагрузки на атмосферу не вызывает адекватного изменения размера причиняемого ущерба. Метод аналитических зависимостей связан с обработкой большого массива исходной информации, хотя и позволяет достаточно оперативно оценивать экономический ущерб при изменении ущербобразующих факто-



ров. Общим недостатком методов прямого счета, ограничивающим сферу их практического применения, является чрезвычайно высокая трудоемкость расчетов. Кроме того, для их реализации, как правило, необходимо наличие высококвалифицированных исполнителей и средств вычислительной техники.

Не трудно заметить, что характерной особенностью методов прямого счета является двухэтапная схема определения ущерба. На первом этапе рассчитывается величина натуральных потерь или негативных изменений (повышение уровня заболеваемости, потери зеленых насаждений и пр.). После этого натуральный ущерб переводится в стоимостное выражение. Вторая отличительная особенность прямого счета заключается в интегральной оценке экономического ущерба в целом по населенному пункту или группе загрязняемых территорий, что не позволяет непосредственно выделить долю ущерба, причиняемого выбросами конкретного предприятия. Для решения этой задачи необходимы специальные методы исследования видовой структуры экономического ущерба, которые позволяют определить вклад каждого предприятия или точечного источника, а так же конкретного вредного вещества в суммарный экономический ущерб.

Таким образом, методы прямого счета, являясь на сегодня наиболее точными и объективными, тем не менее, в силу вышеуказанных причин, имеют весьма ограниченную сферу применения. Официальных методических рекомендаций, несмотря на наличие достаточно серьезных исследований, к настоящему моменту не имеется.

В практике решения конкретных хозяйственных задач более широкое использование получили методы косвенной (эмпирической) оценки экономического ущерба. Они основаны на принципе перенесения на частный исследуемый объект общих закономерностей ущербаобразующих факторов, которые определяют негативные изменения в окружающей среде под воздействием загрязнителей. Другими словами, косвенная оценка экономического ущерба предполагает использование системы нормативных показателей, фиксирующих зависимость негативных последствий загрязнения от основных ущербаобразующих факторов. В качестве таких обычно используются показатели удельного экономического ущерба в расчете на единичную численность реципиентов при фиксированном уровне загрязнения, которые рассчитываются на базе методов прямого счета.

Отличительной особенностью методов косвенной оценки является то, что экономический ущерб определяется не в целом по населенному пункту или региону, как при прямом счете, а для конкретного обследуемого предприятия или точечного источника.



В качестве удельных показателей в принципе могут использоваться ущерб, причиняемый народному хозяйству при сжигании единицы топлива, использовании единицы сырья, получении единицы готового продукта или производстве единицы работы, выбросе единицы вредных веществ в атмосферу, единичной концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы.

Как показывает практика, наиболее удобными в применении признаны показатели удельного ущерба в расчете на единицу валовых выбросов и единицу концентрации вредных веществ. Все разработанные к настоящему времени методики косвенной оценки ущерба в основном построены на одном из указанных принципов.

Следует иметь в виду, что в зависимости от конкретных условий поставленной задачи, требуемой точности расчета, наличия необходимой исходной информации и прочего могут иметь место формулы для оценки ущерба по валовым выбросам или приземным концентрациям.

Обоим методам присущи свои достоинства и недостатки. С точки зрения объективности получаемых результатов несомненную приоритетность имеет метод "приземных концентраций". Это объясняется тем, что размер натуральных потерь и негативных изменений определяется не массой валовых выбросов, а уровнем загрязнения атмосферы, т. е. концентрацией вредных веществ. При достаточно благоприятных условиях рассеивания примесей (например, большой высоте источника загрязнения, высокой ассимилирующей способности атмосферы и др.) даже значительное по абсолютной массе выбросы могут не создавать опасных концентраций. Причиной же возникновения ущерба является нарушение стандартов качества атмосферного воздуха, которые определяются предельно допустимыми концентрациями.

Но, с другой стороны, метод "приземных концентраций" имеет существенный недостаток, который во многом ограничивает возможность его повсеместного применения. Дело в том, что не смотря на относительную простоту расчетных формул, большие затруднения возникают при расчете приземной концентрации вредных веществ. Во-первых, расчеты требуют применения вычислительной техники. Во-вторых, для определения экономического ущерба необходимы данные о среднегодовой концентрации загрязнителей. Существующие же нормативные документы предназначены для расчета максимально разовых концентраций. Предлагаемые альтернативные подходы к оценке среднегодового уровня загрязнения по данным фактических замеров концентраций на стационарных (маршрутных) постах, а так же упрощенные методы расчета, которые можно проводить без использования вычислительной техники, существенно снижают объективность и точность

оценок ущерба. В этом случае в части точности они становятся сопоставимыми с результатами расчетов по методу "валовых выбросов"

Наиболее популярной до настоящего времени являлась, и по-прежнему остается ею, уже упоминавшаяся выше "Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды" 1983 г., в основу которой положен метод "валовых выбросов".

Кратко изложим основные положения этой методики, применительно к сегодняшнему дню.

Экономический ущерб определяется по формуле:

$$Y = \gamma f \sum_{j=1} \delta_j \sum_{i=1} a_i M_i \quad (1.1.)$$

где:  $\gamma$  — константа, численное значение которой на первый квартал 1996 г. по нашим расчетам равно 8400, руб./усл.т.;

$f$  — поправка (безразмерная), учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере;

$\delta_j$  — коэффициент (безразмерный) относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различного типа  $j$ ;

$M_i$  — масса выброса  $i$ -го вредного вещества, т./год;

$a_i$  — показатель относительной агрессивности  $i$ -го вредного вещества, усл.т./т.

Расчет площади ЗАЗ и структуры реципиентов определяется с использованием картографических материалов следующим образом.

Площадь ЗАЗ для организованных источников выбросов имеющих высоту ( $h$ ) меньше 10 м определяется как площадь круга с центром в точке расположения источника и с радиусом  $50h$ , а при большей высоте источника выброса — как площадь кольца, заключенного между окружностями с радиусами

$$r = 2\varphi h \quad \text{и} \quad r = 20\varphi h, \quad (1.2.)$$

где  $\varphi$  — безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосфере, определяемая по формуле:

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75^\circ C \quad (1.3.)$$





где:  $\bar{u}$  — среднее за рассматриваемый период времени значение скорости ветра на уровне флюгера, м/сек. При отсутствии данных принимается равным 3.

б) для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 м/сек — по формуле:

$$f = (1000 / (60 + \bar{u}h)) \cdot c \cdot y^{5/2} \cdot (4 / (1 + a)) \quad (1.4)$$

в) для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 м/сек, принимается, что  $f=10$ .

В случае отсутствия данных о дифференциации примесей по приведенному признаку, то используются следующие допущения: 1) при фактической степени очистки (улавливания) равной или более 90% применяется формула (1.4.); 2) при степени очистки равной или большей 70%, но меньше 90%; при горении жидких и газообразных топлив, не сопровождающемся быстрой конденсацией частиц — формула (1.5.); при степени очистки меньше 70%, при выбросе частиц одновременно с парами воды или других веществ, сопровождающемся быстрой конденсацией —  $f=10$ .

Показатель относительной агрессивности  $i$ -го вредного вещества определяется относительно углекислого газа по формуле:

$$a_i = (ПДК_{сумCO} ПДК_{р,л,CO} / ПДК_{сум,i} ПДК_{р,л,i})^{1/2} =$$

$$= ((60 \text{ м}^2/\text{м}^6) / ПДК_{сум,i} ПДК_{р,л,i})^{1/2} \quad (1.6)$$

Пример рассчитанных величин коэффициентов относительной агрессивности содержится в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Наименование примеси	$A(CO)$	$A(SO_2)$
Азота двуокись, недифференцированные окислы азота	41.10	3.100
Акрилонитрил	63.20	1.920
Акролеин	120.00	2.350
Аммиак	10.40	1.500
Анилин	170.00	4.700
Ацетальдегид (уксусный альдегид)	41.60	15.800
Ацетон	5.55	0.400
Ацетофенон	76.00	52.700
Бензин, пары бензина	3.16	0.400
Бензол	11.00	0.950
Бутиленгидрат	8.50	1.300
Вяжущее хлористый (хлорэтилен)	131.40	11.500
Водород цианистый	282.00	5.750

Указанная "Временная типовая методика..." была положена в основу расчетов для экономического механизма взимания платы за загрязнение окружающей среды и сейчас применяется практически на всей территории СНГ.

Резюмируя опыт использования "Временной типовой методики..." в практической деятельности, можно констатировать, что заложенные в ней идеи сами по себе неплохи, однако уровень их реализации недостаточно высок. Методика неспособна стимулировать фирмы, загрязняющие окружающую среду, к снижению уровня загрязнения и рациональному использованию природных ресурсов. Менее существенным недостатком является, то что величина экономического ущерба, рассчитанная по методике, при выбросе в атмосферу определенной массы агрессивных газов оказывается меньше величины ущерба вследствие выброса такого же количества менее агрессивных твердых примесей. Например, при выбросе 1 тыс. тонн соответственно сернистого ангидрида и взвешенных веществ и прочих равных условиях величины ущерба от пыли примерно в 4 раза превышает аналогичный показатель по сернистому газу, хотя согласно методике рассеивания примесей средняя концентрация пыли в зоне активного загрязнения не более, чем в 2 раза выше концентрации сернистого газа. В результате такой устойчивой погрешности получается, что эффективность пылеулавливания намного превосходит эффективность подавления диоксида серы. Но это противоречит гигиеническим критериям нормирования вредных веществ в атмосфере и практическому опыту. Слабыми местами в методике так же являются отсутствие порципентной оценки экономического ущерба, игнорирование региональных ущербобразующих факторов, необоснованность принципа нормирования ЗАЗ и др.

Ряд методик по оценке экономического ущерба от нарушения природной среды, учитывающих указанные недостатки, разработаны в СумГУ. Одна из этих методик представлена в данной работе при рассмотрении косвенного экономического ущерба от землетрясений по основным реципиентам.

Такова в общих чертах картина становления теории экономического ущерба от загрязнения атмосферы, иллюстрирующая теорию экономического ущерба в целом и являющаяся ее основной и неотъемлемой частью. Справедливости ради, следует отметить, что это не только основная часть теории, но и, к сожалению, практически вся. От других видов нарушения природной среды и иных нежелательных воздействий (природных и антропогенных) концепция и теоретические основы формирования экономическо-

го ущерба либо не разработаны вообще, либо находятся в зачаточном состоянии, либо довольно безграмотны.

Используя имеющиеся сведения о показателях экономического ущерба, путях и методах его расчетов и интерпретируя их применительно к исследуемой проблеме оценки последствий землетрясений, сформулируем основные положения теории экономического ущерба от землетрясений и методических рекомендаций по расчету.

*Экономический ущерб от землетрясений* является составляющей полных издержек, сопряженных с повышенной сейсмичностью территорий. На основе вышесказанного и обеспечения эффективного решения поставленной задачи предлагается классификация ущербов и затрат, представленная на рис. 1.1.

Рассмотрим отдельные элементы приведенной классификации.

Затраты на предотвращение разрушительных действий потенциально возможных землетрясений формируются в основном из-за необходимости проектирования и строительства систем жизнеобеспечения, учитывающих риски землетрясения и, что, возможно, более важно, — пути эффективного сокращения подобных рисков посредством планирования использования земель, модификации условий строительства на потенциально опасных площадках, усиленного внимания проектированию и/или модернизации объектов.

В состав издержек, обусловленных землетрясением, входит еще один вид превентивных затрат. Это — затраты по предупреждению возможных экологических катаклизмов, причиной возникновения которых может послужить землетрясение. Это — экологические каскадные возмущения (нарушения).

В зависимости от величины и первых, и вторых превентивных затрат изменяется структура полных издержек: при увеличении превентивных затрат и повышении эффективности их использования снижаются масштабы экономического ущерба от землетрясения.

Приведенная классификация не дает представления о времени и месте формирования экономических ущербов как последствий землетрясения. Между тем именно эти два фактора должны быть положены, по-нашему мнению, в основу деления экономического ущерба на прямой и косвенный.

В отечественной и зарубежной литературе предпринимался ряд попыток ввести определения этих двух видов ущербов, но, к сожалению, особой точностью, четкостью, тем более, универсальностью они не отличаются.





Рис. 1.1.  
Схема формирования издержек, обусловленных повышенной сейсмичностью территорий

Поэтому не вдаваясь в их критический анализ и не претендуя на оригинальность постараемся для условий данной работы самостоятельно сформулировать, что мы будем понимать под прямым экономическим ущербом и что, соответственно, под косвенным ущербом от землетрясения.

*К прямому экономическому ущербу* от какого-то действия (в нашем случае — от подземных сейсмических толчков) относятся выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно этим действием в данное время и в данном конкретном месте.

*К косвенному экономическому ущербу* от какого-то действия относятся вынужденные затраты, потери, убытки, обусловленными вторичными эффектами (действиями или бездействиями, порожденными первичным действием) природного, техногенного или социального характера. Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявиться через длительный, от момента первичного действия, отрезок времени; он не имеет четко выраженной территориальной принадлежности и носит, по большей части, так называемый каскадный эффект, т. е. вторичные действия (бездействия) порождают следующую серию действий (бездействий) и, соответственно, косвенных ущербов.

Примером развития каскадного эффекта может служить следующий: землетрясение вызывает появление селей; сели приводят к оползням; оползни сопровождаются камнепадами и горными обвалами и т. д. Имеется в виду разновременный характер данного каскада. В народном хозяйстве может иметь место следующий сценарий развития каскадного эффекта: в результате разрушения электростанции и прекращения подачи электроэнергии на горнодобывающее предприятие экономика страны недополучает определенное количество руды; в результате не выплавляется какое-то количество чугуна, а это, в свою очередь, приводит к недополучению определенного количества стали и т. д.

Необходимо еще раз отметить, что единой устоявшейся классификации последствий землетрясений на сегодняшний день не имеется. Известна позиция согласно которой последствия опасных природных процессов подразделяются на три группы, обусловленные, соответственно, 1) прямым воздействием опасных процессов (повреждением или разрушением зданий, оборудования, имущества, гибелью и заболеваемостью людей), 2) вторичными техногенными и природными воздействиями, различающимися по генезису, последовательности, продолжительности, распространенности, 3) косвенными последствиями, зависящими от каскадных эффектов в экономике, объемов связей в экономической ин-

фраструктуре региона и страны, уровня резервирования экономических систем.

В зарубежной литературе наряду с прямыми убытками в результате землетрясений выделяют "функциональные повреждения" и "непрямой ущерб". При этом под "функциональными повреждениями" понимаются потери, связанные с нервным стрессом людей и нарушениями повседневной жизни, которые, в свою очередь, являются следствием отсутствия функционального порядка в городской инфраструктуре. "Непрямой ущерб" выражает потерю возможностей для ведения бизнеса, что влияет на развитие экономики. Так, примером "непрямого ущерба" может быть изменение движения финансовых ресурсов. В 1985 г. в Мексике вследствие землетрясения большинство туристов отменили заказы в отелях Акапулько, хотя в этом регионе никаких разрушительных последствий землетрясения не наблюдалось. Это явилось причиной огромных экономических потерь для людей и фирм, занятых в туристическом бизнесе. В то же время, туристы, намеревавшиеся провести свой отпуск в Акапулько, от отдыха не отказались, а провели отпуск в других регионах, которые получили, таким образом, неожиданный приток капитала.

Уже упоминавшееся землетрясение в Нортридже в 1994 г. оценивается в 2 млрд. долларов, затраченных на ремонт поврежденных коммуникаций. Прочие затраты, которые могли бы более точно отразить последствия повреждения или выведения из строя систем, такие как убытки от остановки производственного процесса вследствие нарушения коммуникаций или убытки вследствие пожара из-за нарушения водоснабжения, могли оказаться на порядок выше затрат только на ремонт, обозначены как косвенные.

Исходя из вышесказанного к прямому экономическому ущербу следует относить: единовременные затраты, направленные на проведение спасательных работ; затраты по эвакуации, временному размещению, переселению людей из зоны бедствия, оказанию им срочной медицинской помощи; единовременные выплаты пострадавшим и их семьям; стоимость разрушенных или нарушенных природных ресурсов; величину остаточной стоимости всего движимого и недвижимого имущества: жилищного фонда, коммунально-бытовой инфраструктуры, коммуникаций, товаров и нереализованной продукции, основных и оборотных фондов предприятий всех форм собственности.

Дальнейшее исследование показателей прямого и косвенного экономических ущербов производится в 3-5 главах.



### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Землетрясения — наиболее существенная из всех геологических стихий. Ежегодно в мире от землетрясений гибнет в среднем около 10000 человек. Ежегодный материальный ущерб от землетрясений по неполным данным достигает 400 млн. долларов.

Вопросы экономической оценки последствий землетрясений, оценки экологической устойчивости и сейсмического риска территорий, подверженных воздействию опасных геологических процессов, относятся к числу наиболее сложных проблем геодезии, географии, экогеологии, экономики природопользования и других научных дисциплин.

При описании последствий землетрясений в публикациях все чаще встречаются сведения о человеческих жертвах, числе разрушенных и сторевших зданий и сооружений, т. е. о понесенных убытках и ущербе.

Говоря о разрушительности землетрясения всегда имеют в виду его воздействие на искусственную среду обитания человека. В тех случаях, когда землетрясение не сопровождается заметным социально-экономическим ущербом в силу своей небольшой интенсивности или отсутствия в зоне сильных колебаний населенных мест, оно представляет лишь научный интерес для сейсмологии или для целей перспективного планирования освоения и развития региона.

Сейсмическая опасность формируется цепочкой взаимосвязанных элементов — от системы сейсмических очагов до сейсмического воздействия на город и общество и их реакции.

Первичные воздействия — подземные толчки в зависимости от интенсивности, удаления очага, свойств проводящей среды приводят к последствиям, проявляющимся в природной, природно-техногенной и техногенной системах. Сейсмическое воздействие на здание, определяемое уровнем нагрузки и спектральной кривой, проявляется мгновенно в считанные секунды и приводит

к первичным прямым последствиям — различным деформациям или разрушению здания, что является причиной гибели и травматизма людей.

Таким образом, потери людей в основном сопряжены с первичными последствиями землетрясения и зависят, в основном, от двух факторов — интенсивности землетрясения и сейсмостойкости зданий.

Огромное значение имеют сейсмические свойства грунтов.

В нормах проектирования требования по учету сейсмических свойств грунтов приведены в достаточно общем виде. Они не могут учитывать региональных особенностей, что может привести к неверному определению расчетной сейсмичности площадки. К тому же, инженерно-геологические условия в процессе хозяйственной деятельности изменяются, как правило, в худшую сторону, что отразится на сейсмическом эффекте на данной территории.

Несмотря на большое число исследований остаточных деформаций на поверхности Земли построение последовательной системы статистических оценок реакции элементов грунта и рельефа пока не представляется возможным. Информация о подобного рода явлениях ограничивается получением различного вида описаний, фотографий остаточных деформаций, измерений смещений и т.п.

Основным направлением изучения последствий сильных землетрясений является их инженерный анализ. Это обусловлено тем фактом, что размер ущерба от землетрясения определяются, в основном, повреждениями объектов техногенной среды.

Обследование зданий и сооружений сейсмоопасных районах осуществляется в соответствии с утвержденными руководствами и пособиями и в зависимости от целей работ может включать широкий круг вопросов, связанных с поведением инженерных объектов при потенциальном или произошедшем землетрясении.

Обследование зданий и сооружений, как правило, подразделяют на оперативное (предварительное) и детальное.

Источниками информации о макросейсмических характеристиках инженерных объектов служат: наружный и внутренний осмотр; оценка общего состояния зданий и их отдельных частей, распределения разрушений и повреждений в плане и по высоте; фиксация и замеры трещин и остаточных деформаций несущих и ненесущих элементов и их сопряжений; определение остаточных деформаций и просадок оснований и фундаментов; измерение динамических характеристик объектов и прочности основных несущих конструкций; установление степени повреждения объектов в

соответствии с сейсмической шкалой; выявление характера развития деформаций во времени с установкой маяков и повторным обследованием зданий (в первую очередь — расположенные на слабых грунтах) в течение 2-3 недель после землетрясения и после сильных афтершоков; составление карты повреждения зданий и сооружений для населенного пункта или его отдельных участков.

Обследование объекта сопровождается заполнением специальной карточки, составлением эскизов повреждений и картограмм трещин, привязанных к чертежам объекта, фотосъемкой его общего вида, отдельных фрагментов и характерных деталей. Заполнение карточки начинается с указания местоположения объекта (населенный пункт), года постройки и описания конструктивного и объемно-планировочного решений (для типовых зданий указывается номер серии), характера и объемов антисейсмических мероприятий.

Далее приводится краткая характеристика отдельных частей зданий (фундаменты, стены, перекрытия и покрытие, каркас и т.п.) с оценкой качества выполненных работ. Дается характеристика инженерно-геологических условий площадки строительства и ориентация объекта.

В карточке приводятся описание и эскизы характерных повреждений конструкций, а так же их местоположение в здании (этаж, пролет, номер квартиры и т.п.). В заключение дается общая оценка степени повреждения здания или сооружения.

Используемые при обследовании инструментальные методы направлены на уточнение состояния конструкций (измерения прогибов, осадок, отклонений от вертикалей; измерение ширины раскрытия трещин; оценка плотности и качества бетона; проверка арматуры и стальных конструкций, биологических повреждений деревянных конструкций; измерение толщины защитного слоя бетона, определение диаметров и расположения арматуры; определение класса и предела прочности арматуры; испытания кирпичной кладки и т.п.)

Инструментальная регистрация динамических характеристик зданий призвана уточнить расчетные параметры для существующих объектов выявить степень деформированности как результата сейсмического воздействия, а так же оценить эффективность мероприятий по восстановлению поврежденного объекта.

Проблема оценки сейсмостойкости существующих зданий сформировалась в настоящее время как отдельное направление сейсмостойкого строительства. Разрабатываются соответствующие вычислительные процедуры, пособия и руководства, проводится



специальные научные совещания и конференции. В качестве одной из основных проблем оценки зданий выделяется тот факт, что инженеры стремятся рассматривать ее как нормальный, регламентированный нормами процесс, хотя подходы, основанные на этих положениях, не обязательно являются полезными и не всегда дают обоснованные критерии оценки.

Значительным этапом в совершенствовании методов измерения сейсмической интенсивности стала разработка шкалы MSK-64. Внутренняя согласованность и завершенность построений ее описательной части позволили изучать последствия землетрясений на качественно новом уровне.

Со временем у специалистов появились некоторые сомнения в возможности адекватной оценки силы землетрясения по макросейсмическим признакам и даже утверждения о целесообразности отказа от макросейсмической шкалы. Вышесказанное было связано, главным образом, с разрыванием массового строительства сейсмостойких зданий, повреждения которых при землетрясениях не могли служить индикатором того или иного балла, поскольку не были отражены в шкале MSK-64. Единственный путь преодоления возникших трудностей состоял в получении и накоплении достоверной статистической информации о поведении сейсмостойких сооружений в сравнении с традиционными постройками. Такая работа была выполнена по усовершенствованной методике с использованием нормального закона распределения степеней повреждений зданий и легла в основу проекта шкалы MMSK-84, которая была утверждена в последствии.

При проведении обследований результатов землетрясения и различного рода расчетов целесообразно пользоваться именно классификацией зданий, приведенной в Международной модифицированной сейсмической шкале (MMSK-86).

В соответствии с этой шкалой здания подразделяются на две группы: здания и типовые сооружения без антисейсмических мероприятий; здания и типовые сооружения с антисейсмическими мероприятиями.

Здания и типовые сооружения без антисейсмических мероприятий подразделяют на несколько типов.

*Тип А1* — местные здания. Здания со стенами из местных строительных материалов (глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из окатанного или из рваного камня на глиняном растворе и без регулярной кладки в углах и т. п.).

*Тип А2* — местные здания. Здания со стенами из самана или сырцового кирпича, с каменными, кирпичными или бетонными фундаментами; выполненные из рваного камня на известковом, цементном или сложном растворе с регулярной кладкой в углах; выполненные из пластового камня на известковом, цементном или сложном растворе; выполненные из кладки типа "мидис"; здания с деревянным каркасом с заполнением из самана или глины, с тяжелыми земляными или глиняными крышами; сплошные массивные ограды из самана или сырцового кирпича и т. п.

*Тип Б* — местные здания. Здания с деревянным каркасом с заполнителем из самана или глины и легкими перекрытиями.

*Тип Б1* — Типовые здания. Здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе; деревянные шитовые дома.

*Тип Б2* — сооружения из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе; сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни.

*Тип В* — местные здания. Деревянные дома, рубленные в "лапу" или в "обло".

*Тип В1* — типовые здания. Железобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные дома.

*Тип В2* — сооружения. Железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т. п.

Здания и типовые сооружения с антисейсмическими мероприятиями разделяют на несколько типов.

*Тип С7* — типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, шитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов.

*Тип С8* — типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 8 баллов.

*Тип С9* — типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 9 баллов.

В той же ММСК-86 предлагается следующая классификация степеней повреждения зданий.

$d=0$  — отсутствие видимых повреждений. Сотрясение здания в целом; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки.



$d=1$  — слабые повреждения. Слабые повреждения материала и неконструктивных элементов здания; тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Для ликвидации повреждений достаточен текущий ремонт здания.

$d=2$  — умеренные повреждения. Значительные повреждения материала и неконструктивных элементов здания, падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб, падение отдельных черепиц. Слабые повреждения несущих конструкций; тонкие трещины в несущих стенах, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Для ликвидации повреждений необходим капитальный ремонт здания.

$d=3$  — тяжелые повреждения. Разрушения конструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса. Возможен восстановительный ремонт здания.

$d=4$  — частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих стенах; разрывы стыков и узлов каркаса; нарушения связей между частями здания; обрушение отдельных панелей перекрытия; обрушение крупных частей здания. Здание подлежит сносу.

$d=5$  — обвалы. Обрушение несущих стен и перекрытий, полное обрушение здания с потерей его формы.

Проиллюстрируем сказанное материалами общего сейсмического районирования Сахалинской области.

Объединенным институтом физики Земли РАН, Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН, Геологическим институтом РАН, Институтом литосферы РАН и рядом других организаций была составлена карта-схема общего сейсмического районирования (масштаб 1:2500000) для острова Сахалин. Список населенных пунктов Сахалинской области расположенных в сейсмических районах с указанием принятой для них сейсмичности в баллах и повторяемости сейсмических воздействий приводится ниже в таблице 2.1.



Таблица 2.1.

Список населенных пунктов Сахалинской области, расположенных в сейсмических районах и показанных на Временной схеме сейсмического районирования 1995 г., с указанием принятой для них сейсмичности в баллах и повторяемости сейсмических воздействий.

Населенный пункт	СНиП -81	Вр. схема	Населенный пункт	СНиП -81	Вр. схема
1	2	3	1	2	3
Азо-Тимова	6	8(2)	Колесно	7(2)	9(3)
Айское	7(2)	9(2)	Комсомольское	7(2)	9(2)
Александровск-			Корсаков	7(2)	8(2)
Сахалинский	7(2)	9(3)	Костромское	7(2)	8(3)
Анива	7(2)	8(2)	Котиково	6	8(2)
Арги-Паги	6	8(2)	Коптевой	7(2)	8(2)
Архово	7(2)	9(3)	Красная Тышь	7(2)	8(2)
Арсеньевка	6	8(2)	Красногорск	7(2)	8(2)
Атласово	7(2)	8(2)	Краснополье	7(2)	9(2)
Бетлинское	6	8(2)	Красный Яр	7(2)	9(3)
Береговые Лангры	6	7(1)	Крильон	7(2)	8(2)
Большерецкенск	7(2)	8(2)	Кузнецово	7(2)	8(2)
Ботаниково	7(2)	9(2)	Лагури	7(2)	9(3)
Брянское	7(2)	8(2)	Лангери	6	8(2)
Бужоклы	7(2)	8(2)	Леонидово	7(2)	8(2)
Быков	7(2)	8(2)	Лесогорск	7(1)	9(2)
Вал	7(2)	9(2)	Лопатино	7(2)	8(2)
Вахрушев	7(2)	8(2)	Луцолово	6	7(1)
Венское	7(2)	9(2)	Люги	7(2)	7(1)
Взморье	6	8(3)	Макарова	6	8(2)
Влахту	7(2)	9(2)	Митросово	7(2)	8(2)
Владимировка	7(2)	9(3)	Мичги	7(2)	9(3)
Владимирово	6	7(1)	Михайловка	7(2)	9(3)
Воскресеновка	7(2)	8(2)	Москальво	7(2)	9(3)
Восток	7(2)	8(2)	Муравьево	7(2)	8(2)
Восточная (Макаров.)	6	8(2)	Набиль	7(2)	9(2)
Восточная (Охинский)	7(2)	9(3)	Надеждино	7(1)	9(2)
Гаромай	7(2)	9(2)	Невельск	7(2)	8(2)
Гастело	7(2)	8(2)	Некрасовка	7(2)	9(3)
Горнозаводск	7(2)	8(2)	Нефтегорск	7(2)	9(2)
Горное	7(2)	8(2)	Новиково	7(2)	8(2)
Долгинск	7(2)	8(2)	Новоалександровск	7(2)	8(2)
Дуз	7(2)	9(3)	Новое	7(2)	8(2)
Ельники	7(2)	8(2)	Новоселово	7(2)	8(3)
Загорский	7(2)	8(2)	Новые Лангры	6	7(1)
Заозерное	6	8(2)	Носовск	7(2)	9(2)
Зырянское	7(2)	8(2)	Нызово	7(2)	9(3)
Известковый	6	8(2)	Ныяво	7(2)	9(2)
Ильинский	6	8(2)	Ныш	6	9(2)
Иркир	6	8(2)	Озерный	7(2)	9(3)
Катангли	7(2)	9(2)	Озерский	7(2)	8(2)
Кириллово	7(2)	8(2)	Опор	7(2)	8(2)
Кировское	7(2)	8(2)	Орлово	7(2)	9(2)

	1	2	3		1	2	3
Оха		7(2)	9(3)	Тароний		7(2)	8(2)
Охотское		7(2)	8(2)	Тельновский		7(1)	9(2)
Палево		7(2)	8(2)	Тихая		6	8(2)
Паркати		7(2)	9(2)	Тихменово		7(2)	8(2)
Парусное		7(2)	8(2)	Томари		7(2)	8(2)
Пензинское		7(2)	8(2)	Трамбаус		7(2)	9(2)
Первомайск		6	8(2)	Троицкое		7(2)	8(2)
Перепутье		7(2)	8(2)	Трудовое		6	7(1)
Петропавловское		7(2)	8(2)	Туманово		6	8(2)
Пистьво		7(2)	9(2)	Тунгор		7(2)	9(3)
Пioneры		7(2)	8(3)	Тымовское		7(2)	8(2)
Победино		7(2)	8(2)	Углегорск		7(1)	9(2)
Погиби		6	8(2)	Углезводск		7(2)	8(2)
Поречье (Макаровский)		6	8(2)	Ударный		7(1)	9(2)
Поречье (Углегорский)		7(2)	9(2)	Фирсово		7(2)	8(3)
Порожайск		6	8(2)	Холмск		7(2)	8(2)
Правда		7(2)	8(2)	Хоз		7(2)	9(2)
Пугачево		6	8(2)	Чаплиново		7(2)	8(2)
Пятиречье		7(2)	8(2)	Чехов		7(2)	8(3)
Рощино		7(2)	8(2)	Чистай		6	7(1)
Рыбновск		6	7(1)	Шахтерск		7(1)	9(2)
Рыбное		6	7(1)	Шебунино		7(2)	8(2)
Сабо		7(2)	9(2)	Широкая Падь		7(2)	9(2)
Свободное		7(2)	8(2)	Эхаби		7(2)	9(2)
Синегорск		7(2)	8(2)	Южная Хандиса		7(2)	8(2)
Смирных		7(2)	8(2)	Южно-Сахалинск		7(2)	8(2)
Собольное		6	8(2)	Яблочный		7(2)	8(2)
Советское		7(2)	8(2)	Ясное		7(2)	8(2)
Стародубское		7(2)	8(2)	Ясноморский		7(2)	8(2)

#### Курильские острова

	1	2	3		1	2	3
Атласово		9(1)	9(1)	Матул (о-в)		9(1)	9(1)
Байхово		9(1)	9(1)	Отрадное		9(1)	9(1)
Буревестник		9(1)	9(1)	Пионер		9(1)	9(1)
Головинно		9(1)	9(1)	Распуа (о-в)		9(1)	9(1)
Кастрикум		9(1)	9(1)	Рейлово		9(1)	9(1)
Кетой (о-в)		9(1)	9(1)	Северо-Курильск		9(1)	9(1)
Крибозаводское		9(1)	9(1)	Славное		9(1)	9(1)
Курильск		9(1)	9(1)	Ушишир (о-в)		9(1)	9(1)
Малокурильское		9(1)	9(1)	Южно-Курильск		9(1)	9(1)

Цифры (1), (2), (3) в таблице соответствуют средней повторяемости воздействий один раз за 100, 1000 и 10000 лет или вероятности 0,5; 0,95 и 0,995 непревышения таких воздействий в ближайшие 50 лет.

Дальнейшее совершенствование шкалы сейсмической интенсивности идет по пути уточнения оценки балльности в зависимости от степени повреждений сооружений, особенно сейсмостойких,

а так же от уровня реакции людей, предметов быта и элементов грунта.

Следует отметить, что макросейсмическая шкала — это эмпирическая описательная шкала, обобщающая разнообразные макросейсмические эффекты без их непосредственного измерения или регистрации физическими способами. Макросейсмическая шкала позволяет дать простую оценку сейсмических эффектов, однако не может восстановить сейсмограмму. Следовательно, усовершенствованная шкала не может превращаться в точный инструмент. При этом всегда будет присутствовать существенный вклад персонального суждения в оценке интенсивности, вследствие чего личный опыт играет важную роль, а определение интенсивности должны выполняться только людьми подготовленными в этой области.

Трудности в использовании шкалы будут возрастать, так как никакая макросейсмическая шкала не может отразить всю сложность реальных движений грунта и их изменчивостью во времени, разнообразие грунтовых условий, типов зданий и иных элементов, подверженных колебанием.

Разрушительный эффект землетрясений, как уже отмечалось выше, определяется, с одной стороны, обобщенной характеристикой опасности сейсмического воздействия и, с другой стороны, характеристикой сейсмической уязвимости искусственной среды обитания в зоне ощутимых колебаний. С этих позиций возможны различные варианты реализации последствий землетрясений в зависимости от площади плейстоценовой зоны и интенсивности освоения территории этой зоны.

Под площадью ощутимых колебаний понимается условная зона, в пределах которой проявляется сейсмический эффект землетрясения.

В зависимости от глубины исследований учитываемые размеры зоны (нижняя граница балльности) могут существенно различаться. Так, для анализа социальных аспектов землетрясения представляют интерес даже трех-четыре балльные сотрясения, являющиеся "порогом" чувствительности людей. Для зданий такой границей, в большинстве случаев является интенсивность в 6 баллов. Еще выше интенсивность землетрясений при которых проявляются первые жертвы и ущерб, превышающий 1 млн. долларов, — соответственно, 8 и 8,5 баллов.

Физическая зависимость площади максимальной балльности от магнитуды ( $M$ ) и глубины очага ( $h$ ) землетрясения может быть



описана уравнением макросейсмического поля, примененным еще в 1969 г. Н. В. Шебалиным<sup>\*</sup>:

$$J = 1,5 M - 3,5 \lg h + 3,0 \quad (2.1.)$$

где:  $J$  — интенсивность в баллах.

Отсюда следует, что большие площади плейстосейстовых зон возможны не только при очагах большой или средней глубины, но и при неглубоких землетрясениях с большой магнитудой. В то же время, тяжелые последствия землетрясений в эпицентральной зоне связаны с очагами близкими к поверхности Земли. При этом магнитуда может быть незначительной (порядка 5).

Интенсивность освоения территории понимается здесь в смысле различия между двумя полярными случаями — густо- и малонаселенными районами. В известной мере эта характеристика сходна с понятием плотности населения, однако, если последняя выражается количеством людей, проживающих на единице площади, и обычно представляется весьма обобщенно для больших территорий, то характеристика интенсивности освоения предполагает определенные различия в освоенности территории не только по характеру ресурсов (региональный аспект), но и по ценности ресурсов (градостроительный аспект).

Факторы, связанные с процессом проектирования и оказывающие влияние на появление повреждений, — это недостатки в общей концепции проектирования; недостатки в осуществлении обоснованной концепции проектирования (неправильный выбор размеров, элементов, материалов т. п.); неправильная или неясная документация (чертежи или спецификация); экономическое (стоимостное) давление (выбор наименее дорогостоящего проекта, игнорирование мер защиты и, следовательно, соответствующее этому снижение надежности).

Факторы, которые связаны с процессом строительства, могут оказывать влияние на появление повреждений, — это отсутствие способов контроля за изменениями, допускаемыми на площадке; недостаточный контроль качества (слабый контроль качества материалов, отсутствие надлежащей инспекции и др.); недостатки в производстве работ и другие производственные проблемы; эконо-

---

<sup>\*</sup> Шебалин Н. В. Макросейсмическое поле и очаг сильного землетрясения. Автореферат дис. на соиск. уч. степени докт. физ.-мат. наук. — М., ИФЗ АН СССР, 1969.

мическое давление (назначение твердых цен, замена материалов, трудовые вопросы).

Факторы, которые связаны с эксплуатацией или использованием в работе и могут влиять на появление повреждений, — это непредвиденные воздействия, такие как снег, ветер, торнадо, землетрясение, пожар, взрыв и др., которые превосходят проектные значения; необоснованное изменение назначения; долговременные процессы, такие как общее ухудшение материалов, несоответствующие эксплуатация и содержание.

Причиной массовых повреждений всех зданий застройки города может стать ошибка в карте сейсмического районирования, когда она обнаруживается только после события. Например, 8 апреля и 17 мая 1976 г. в районе г. Гади в Узбекистане, который специалистами относился к 6-ти балльной зоне, произошло два разрушительных землетрясения интенсивностью 8-9 баллов. В результате первого подземного толчка тяжелые повреждения получили здания из сырцового и обыкновенного кирпича, некоторые крупнопанельные здания. После второго землетрясения многие жилые и общественные здания разрушились, город продолжал существование практически в полевых условиях.

Землетрясения сопровождаются многочисленными вторичными последствиями:

травматизм и гибель людей, дополнительная заболеваемость людей, дискомфортные условия для людей, разрушения зданий и сооружений, потери крова, потери имущества, повреждение паропроводов и других наземных коммуникаций, повреждение воздушных линий, повреждения подземных и внутридомовых коммуникаций, завал, завал дороги, затопление территории, нарушение транспортной доступности, загрязнение территории нефтепродуктами и другими веществами, гибель растительности, взрыв, пожар, нарушение системы медицинского обслуживания, нарушение работы аварийных служб, нарушение системы жизнеобеспечения.

Хотя удельные оценки их могут быть менее существенными, общей суммой ущербов от вторичных воздействий пренебрегать нельзя. Известны случаи, когда именно вторичные процессы ответственны за основную массу жертв и убытков.

Так, при землетрясении в сентябре 1923 г. большая часть жителей Токио погибла от пожара, а не от обрушения легких домиков. Землетрясение 23 января 1556 г. в провинции Шэньси сопро-



вождалось гибелью 830 тыс. человек из-за обвалов лессовых пещер.

При землетрясении 31 мая 1970 г. в Перу, на склоне горы Уаскаран, в 130 км от очага землетрясения, сотрясения расшатали скалы и лед, образовав гигантский оползень, превратившийся в каменно-ледяную лавину. Промчавшись со скоростью 200 км/час по длинной долине, лавина разрушила 2 городка, погибло 25000 человек.

При землетрясении 1971 г. в Сан-Фернандо (штат Калифорния) возникли сотни малых оползней в горах Сан-Габриэль, разрушивших дороги, дома и различные сооружения.

Отклики ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. и двух сильных 7 бальных афтершоков (9 и 24 мая) 5 июня 1966 г. вызвали проседание гребня плотины озера Яцинкуль в Средней Азии.

18 июня произошел прорыв плотины, в результате которого огромная масса воды объемом 6,5 млн. м<sup>3</sup>, разрушив центральную часть плотины, выдавив и размыв около 3 млн. м<sup>3</sup> грунта, обрушилась в долину р. Тагермеч. Прорывной паводок трансформировался через 1,5 км от завала в водокаменный сель высотой до 12 м.

В настоящее время, несмотря на то, что многие ученые отмечают значимость вторичных воздействий, общая методология оценки вторичных последствий землетрясения применительно ко всем возможным их видам не разработана.

В качестве основных принципов систематизации вторичных воздействий и последствий землетрясений предлагаются: генезис, последовательность, направленность, продолжительность, распространенность, что иллюстрируется данными таблицы 2.2.

Таблица 2.2.

Основные показатели систематизации вторичных последствий землетрясения

<i>Основные принципы систематизации</i>	<i>Воздействия</i>	<i>Последствия</i>
1	2	3
По генезису	Природные	Природные Природно-техноген. Техногенные Социальные
	Техногенные	Природно-техноген. Техногенные Социальные



1	2	3
По последовательности возникновения	В момент подземных толчков В течение 2-3 часов после подземных толчков Спустя 3 часа после подземных толчков	Первичные (первого уровня) Вторичные (второго уровня) Третичные (третьего уровня)
По направленности	Непосредственные Опосредованные	Прямые Косвенные
По продолжительности проявления	В момент воздейств. В течение 2-3 часов после воздействия До конца ликвидации последствий	Мгновенные Кратковременные Длительные
По интенсивности	Допустимые Ликвидируемые Катастрофические	Обратимые Трудно-обратимые Необратимые
По характеру распространения		Локальные Линейные Площадные

По генезису все вторичные воздействия и их последствия можно объединить в две группы: природные и техногенные, хотя последствия при этом могут быть природными, природно-техногенными, техногенными, социальными.

К первой группе относятся природные процессы, сопутствующие землетрясениям: цунами, снежные лавины, оползни, обвалы, сели, трещинообразование и сдвиги грунта. Их воздействие обусловлено, с одной стороны, потенциальной возможностью возникновения в зависимости от исходного состояния объекта и погодных условий (дожди, таяние снега, ледников и т. д.), с другой — интенсивностью землетрясения и характером грунтов.

Особого внимания заслуживает оценка косвенного экономического ущерба от развития в результате землетрясения различных природных процессов, имеющих вторичный характер (по

принятой классификации). Проиллюстрируем это на примерах, приводимых Н. А. Алексеевым\*.

Так, внезапные обвалы в молодых горных районах Средней Азии происходят преимущественно под влиянием землетрясений. Сарезское землетрясение силой 9 баллов, происшедшее в феврале 1911 года, сопровождалось колоссальным горным обвалом. Свыше 2,2 млрд. кубометров горной массы было сброшено с правого берега реки Мургаб в месте впадения в нее Усойдары и перегородило долину. Обвал образовал плотину высотой 600-700 метров, шириной 4 км, длиной более 6 км и озеро на высоте 3229 метров над уровнем моря. Объем озера — 17-18 кубических км, площадь зеркала — 86,5 квадратных км, длина — 75 км, ширина — до 3,4 км, средняя глубина — 190 метров. Под завалом был погребен небольшой кишлак, а под водой скрылся кишлак Сарез.

Иногда наблюдается совместное воздействие нескольких видов стихийных явлений на другой вид. Например, катастрофическое землетрясение силой 8 баллов и выпавшие ливневые осадки в 900 мм и более не вызвали оползня в районе Золотого пляжа в Крыму. А добавление интенсивной абразии (с ноября 1968 по январь 1969 года было размыто 20500 кубометров) и значительное увлажнение оползневых масс с повышением уровня грунтовых вод на 4-6 метров привели к резкому увеличениюдвигающихся напряжений и снижению коэффициента устойчивости нижней части оползневого тела на 20%. Таким образом, произошло катастрофическое смещение на юго-восточном склоне горы Могаби (Южный берег Крыма).

Схематически каскадность развития стихийных явлений представлена на рис. 2.1.

Разработка методических рекомендаций по оценке экономического ущерба от каждого из указанных на схеме стихийных явлений представляет собой серьезное научное исследование и выходит за рамки данной работы, поэтому здесь не рассматривается.

Таким образом, природные последствия землетрясений связаны с сейсмогенным развитием и интенсификацией экзогенных процессов, главным образом склоновых оползней, обвалов и селей.

Выделяют основные и дополнительные (производные), а также постоянные, медленно изменяющиеся и быстро изменяющиеся факторы развития.

\* Алексеев Н. А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. — М.: Мысль, 1988. — 254 с.

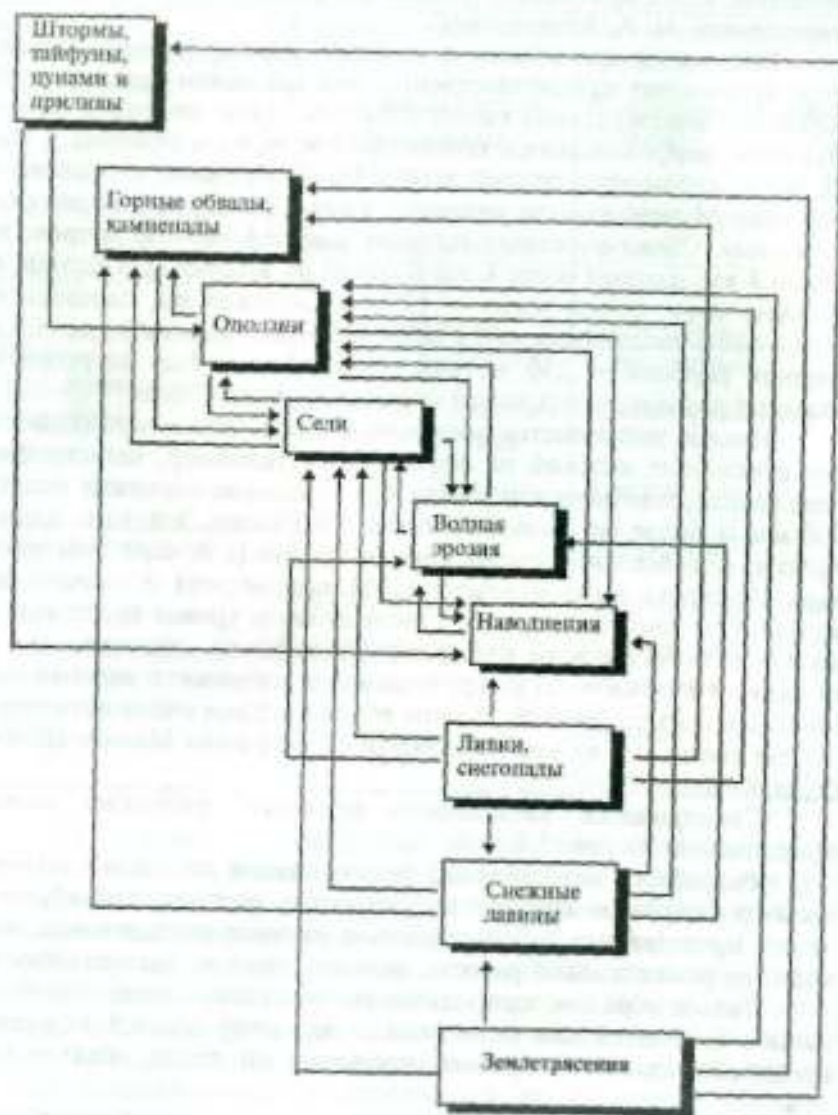


Рис. 2.1.  
 Схема развития каскадного взаимодействия  
 стихийных явлений



К числу постоянных факторов, обуславливающих тип процесса и его пространственную "привязку" относятся геолого-структурные и производные от них геоморфологические условия. Чаще всего эти условия на региональном и локальном уровнях одинаково благоприятны как для генерирования землетрясений, так и для развития склоновых процессов — первичного или вторичного (в связи с землетрясением).

В той или иной степени землетрясения могут влиять не только на слоновые, но и на другие экзогенные процессы, что иллюстрируется данными таблицы 2.3.

Таблица 2.3.

Возможные виды влияния землетрясений на экзогенные процессы

Процессы по:			Влияние землетрясения				
классам	подклассам	типам	длние	кратковременное	быстрое проявление	замедленное проявление	прямое, не прослеживается
1	2	3	4	5	6	7	8
Связаны с действием климатических и биологических факторов	Выветривание	Физическое		x		x	
		Химическое					x
		Биологическое					x
Связаны с действием силы тяжести	Движение без потери контакта со склоном	Оползни	x		x	x	
		Лавины	x		x		
	Движение с потерей контакта со склоном	Обвалы	x		x		
		Осыпи	x		x		
Связаны с действием поверхностных вод	Морей, озер и водохранителей	Абразия		x		x	
		Вдольбереговой перенос наносов					x
		Склоновый смыл		x		x	
		Эрозия		x		x	
		Сели		x		x	

1	2	3	4	5	6	7	8	
Связаны с действием подземных вод	Выщелачивание (химич.)	Карст		x		x		
	Механический вынос	Суффозия		x		x		
	Понижение уровня грунтовых вод	Оседание поверхности	x	x	x	x		
	Полъем уровня грунтовых вод	Заболочивание		x		x		
	Ослабл. связей между частями	Просадка		x		x		
Связаны с действием подземных вод		Дефляция					x	
		Коррозия					x	
Связаны с промерзанием и оттаиванием горных пород	Промерзание	Пучение					x	
		Растрескивание					x	
		Наледи		x		x		
	Колебания температуры с переходом через 0° С	Курумы	x				x	
		Оттаивание	Термокарст		x		x	
		Термоэрозия			x		x	
		Термоабразия			x		x	
	Солифлюкция			x		x		

Медленно изменяющиеся факторы, определяющие в целом интенсивность процесса, подразделяются на основные тектонические и производные гидрогеологические, фитогенные и почвенные. В составе быстро изменяющихся основных факторов фигурируют метеорологические, гидрологические и гидрогеологические, сейсмические, а так же социотехногенные, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Пространственная локализация процессов и изучение факторов, влияющих на их развитие, производится в ходе инженерно-геологических съемок и изыскательских работ.

Анализ и прогноз пространственно-временного режима развития и интенсификации процессов при землетрясении выполняются с помощью системы литомониторинга, сопряженного с сейсмическим и гидрометеорологическим мониторингом, а так же с наблюдениями за состоянием хозяйственных объектов, зданий, сооружений и инженерной инфраструктуры.

При анализе предрасположенности геологической среды к развитию и интенсификации экзогенных процессов особое внимание проявляется к следующим постоянным и медленно изменяющимся факторам:

- энергии рельефа (с обязательным анализом повышения сейсмичности на склонах соответствующей крутизны);
- слабым прослоям в толще склоновых напластований, определяющим многоярусность процессов;
- наличие локальных линз и включений;
- различием сейсмических скоростей слоев, слагающих склоновые толщи;
- блочности и трещиноватости пород, в том числе и за пределами собственно оползня или обвала;
- разрывным нарушениям в районах развития экзогенных процессов, установлению зон их динамического влияния;
- существующим сооружениям инженерной защиты от склоновых процессов, оценки их эффективности и последствиям возможного повреждения или разрушения при землетрясении.

Значительное влияние на формирование и развитие экзогенных процессов оказывают подземные воды. При землетрясении возможны резкие изменения режима подземных вод, особенно трещинных, трещино-жильных и трещино-карстовых, вызывающих изменения гидростатического и гидродинамического давления. Под влиянием осушения или увлажнения могут изменяться свойства пород, в том числе основных деформирующихся горизонтов, что приводит к катастрофическим смещениям при землетрясении.

Для оценки активности появления экзогенных процессов до землетрясения и возможной интенсификации при землетрясении следует учитывать:

- для оползней: число и площадь новых и обновившихся смещений, величину и скорости их смещения; объ-



ем оползневых масс и отдельных блоков; приуроченность оползней к активным тектоническим блокам; связь оползневых зон с разрывными нарушениями; геологические и сейсмические характеристики пород оползневой толщи и подстилающих отложений; наличие и характеристики сейсмических палеодислокаций, в том числе погребенных (выявляемых с помощью шурфов и штолен); данные сейсмического микрорайонирования;

- для селей: число водотоков с их следами; общее число и объем; количество и характеристику очагов формирования, в том числе: а) очагов накопления рыхло-обломочного материала, б) очагов, связанных с возможным прорывом завалов (подпруд) на реках (вызванных обвалами, оползнями, древними селями) и гидротехнических плотин, в) очагов, связанных с современными ледниками и вулканической деятельностью;
- для лавин: характеристику склонов с их следами; количество и объем сошедших лавин, приуроченность лавинных лотков к зонам динамического влияния активных разрывных нарушений;
- для обвалов и оспей: приуроченность ареалов, их формирования к зонам тектонических нарушений, наличие трещин бокового отпора на склонах; устойчивость положения глыб; характеристика обвального и оползневого материала, в том числе присутствие свежих глыб, нарушения свежей растительности, отсутствие на крупных обломках моха и лишайников и др.

Указанные природные последствия наносят серьезный ущерб экономике. Для его снижения и предотвращения необходима разработка соответствующего нормативно-правового обеспечения. В России и других странах СНГ подобное обеспечение, к сожалению, до сегодняшнего дня отсутствует.

Во Франции, например, строительство на участках появления оползней и селей, в том числе и в сейсмоопасных зонах, регламентируется специальными законодательными актами; законом N61-1298 от 30 ноября 1961 г., законом от 30 декабря 1967 г., законом N70-1016 от 28 октября 1970 г., циркулярами Министерства внутренних дел от 4 декабря 1970 г., законами N76-623 от 26 ноября 1974 г. и N76-36 от 24 февраля 1976 г. и др.

Целый ряд предписаний и норм регламентирует строительство в оползневых и селевых районах сейсмоопасной Калифорнии. В литературе приводятся расчеты об эффективности внедрения предписаний и норм: выигрыши и затраты соотносятся как 9:1.

Убытки от оползней и селевых потоков в штате Калифорния на период 1970-2000 гг. прогнозируются в 10 млрд. долларов. Конституция штата Калифорния и Пятая поправка к Конституции США предусматривают, в частности, компенсацию за потери, возникшие в результате негативных процессов на территории контролируемой федеральными или местными властями.

Так, в 1981-82 гг. в Верховный суд штата Калифорния в связи с катастрофическими оползнями и селями было подано 930 исков на сумму 298 млн. долларов со стороны частных землевладельцев против городских и окружных властей. Требования о возмещении ущерба предъявлялись так же архитекторам и инженерам-геологам.

Техногенная группа вторичных воздействий обусловлена, как правило, первичным воздействием — повреждением от подземных толчков различных технологических объектов (зданий, сооружений, коммуникаций, оборудования и т. д.). Интенсивность вторичного воздействия находится в прямой зависимости от степени повреждения объекта и его исходной опасности (например, склада взрывчатых или сильнодействующих ядовитых веществ и т. п.).

Вторичные воздействия и, соответственно, их последствия могут возникать сразу в момент подземных толчков. Тогда формируются первичные последствия вторичных воздействий (последствия первичного уровня). Например, завал от разрушенного здания может явиться одновременно источником вторичного воздействия и причиной нарушения транспортной доступности (на первом уровне). В последующие часы возникают последствия второго и последующих уровней: нарушение работы служб аварийной и медицинской помощи, и связанные с этим дополнительные человеческие жертвы и т. д.

По продолжительности вторичные последствия делятся на мгновенные (смерть человека, разрушение зданий от взрыва), кратковременные (пожар в разрушенном землетрясением доме) и длительные. Последние часто носят скрытый характер. Примером являются хронические заболевания, вызываемые психическим травматизмом в момент землетрясения и в связи с потерей близких или, например, сейсмогенное оживление оползня через 2-3 недели после землетрясения.



Характеру воздействий соответствует и тип вызываемых ими последствий: необратимые (катастрофическое поражение людей ядовитыми веществами и др.), трудно обратимые (завал дороги и др.)

Последствия в соответствии с характером реципиентов и их устойчивостью к тому или иному виду вторичного воздействия могут распространяться на значительные площади (затопление, загрязнение территорий), носить локальный площадной (завал) или линейный характер (повреждение подземных коммуникаций и др.).

В городе, когда землетрясение может явиться причиной аварий на многих объектах, возникает чрезвычайная ситуация в виде цепной реакции воздействий и их последствий на различных уровнях. Такие причинно-следственные связи можно представить в виде "деревьев событий", когда последовательно перебираются возможные варианты находящихся в цепочках связей: вторичное воздействие — последствия. Ниже рассмотрим несколько таких примеров. Так, цунами возникают в результате катастрофических землетрясений. Эти две катастрофические опасности всегда являются причинно-связанными, но их воздействие проявляется с разной интенсивностью и в различных местах: повреждения в результате землетрясения, как правило, более распространены по площади, а от цунами ограничены прибрежной зоной. Даже при интенсивности меньшей чем исходное землетрясение последствия в цунамоопасной зоне могут оказаться существенными. Наибольшая очевидная угроза возникает в результате затопления низинных берегов. Следующая угроза, по величине причиняемых бедствий, возникает от усилий волн, разбивающихся у препятствия на пути цунами. Еще одна угроза — обусловлена плавающими предметами (обломками) и их столкновениями с прибрежными сооружениями. Устоявшие при подземных толчках одноэтажные постройки на побережье могут быть разрушены и снесены под воздействием волн. Залитыми водой могут оказаться важные транспортные коммуникации, волнами — снесены опоры воздушных линий, сбиты и унесены волной в океан люди. При этом потери жизней и разрушения от цунами могут быть сопоставимы со смертельными случаями и повреждениями, обусловленными землетрясениями. Так, в 1964 г. во время землетрясения на Аляске береговые города Кодияк, Сьюард, Валdez были существенно разрушены прибоем огромных волн.

Первичные последствия цунами сопровождаются косвенными: нарушением транспортной доступности из-за затопления тер-



риторий, повреждения дорог, их завала поврежденными постройками; дополнительными человеческими жертвами, дополнительными повреждениями коммуникаций из-за разрушения цунами зданий и сооружений; нарушением систем жизнеобеспечения из-за повреждений наземных коммуникаций и др.

Вслед за первичными возникают последствия следующих уровней. Так, нарушение транспортной доступности обуславливает усложнение работы служб аварийной и медицинской помощи, что, в свою очередь, приводит к увеличению человеческих жертв, потерь имущества.

Вторичные последствия землетрясения будут определяться, с одной стороны, интенсивностью природных вторичных воздействий, находящихся в прямой зависимости от интенсивности воздействия самого землетрясения (очаговая сейсмическая активность, проводящая среда), вероятности возникновения воздействий определяемой наличием соответствующих условий формирования (сезон, конкретные погодные условия, рельеф, грунты и т. п.), с другой — характером взаимодействия природная среда-город, уязвимостью города и населения.

Источниками вторичных техногенных воздействий могут явиться емкости с легковоспламеняющимися жидкостями и сильнодействующими ядовитыми веществами, склады взрывоопасных веществ и легковоспламеняющихся материалов, взрывоопасные технологические установки, технологические коммуникации и др.; разрушения которых могут вызвать пожары, взрывы и загазованность участка. Вторичное воздействие при взрыве проявляется в виде ударной волны, распространения облака газоздушных смесей и акустического эффекта. Максимальное разрушительное действие наступает когда происходит детонация взрывчатых смесей. Здания могут быть разрушены как непосредственно ударной волной извне, так и волной затекающей внутрь строения через оконные проемы. Объем разрушений зависит от характера строений, их этажности и плотности застройки. При плотности застройки 450% давление ударной волны может быть меньше на 20-40%, чем на здания стоящие на открытой местности, на таком же расстоянии от центра взрыва. Взрыв может явиться причиной разрывов и деформаций трубопроводов, кабелей, повреждения опор ЛЭП и др.

Ударная волна может нанести незащищенным людям травматические поражения, контузии или быть причиной их гибели. Косвенные поражения человек может получать в результате ударов обломками разрушенных зданий и сооружений или в результате ударов летящих с большой скоростью осколков стекла, шлака,

каменной, дерева и других предметов. Обломками могут быть повреждены и наземные коммуникации. Характер и степень поражения людей и объектов зависит от мощности и вида взрыва, расстояния, метеоусловий, а так же от местонахождения объекта (в здании, на открытой местности и т. д.) и реакции объекта на действия этой нагрузки.

Воздушная ударная волна действует так же и на растения. Полное повреждение лесного массива наблюдается при таком избыточном давлении, когда разрушаются здания с металлическим или железобетонным каркасом или трубопроводы на эстакаде. Деревья при этом вырываются с корнем, ломаются и отбрасываются, образуя сплошные завалы (молодые деревья при этом более устойчивы, чем старые).

Повреждения при землетрясениях различных объектов: жилых зданий, особенно в период наиболее активного использования нагревательных приборов, предприятий, котельных, газового и электрооборудования, газопроводов и др. сопровождаются пожаром. На развитие пожара влияет степень разрушения зданий, сооружений, технологических линий. Отдельные и сплошные пожары возможны только на тех зданиях и сооружениях, которые получили в основном слабые и средние разрушения. Интенсивность пожаров при прочих равных условиях определяется плотностью застройки территории. Так, вероятность распространения пожара при расстоянии между зданиями 10 метров — 66%, при расстоянии 70 метров — 2%.

При разрушении землетрясением зданий образуются завалы — источники вторичных воздействий, приводящих к дополнительным человеческим жертвам. Количество людей, оказавшихся в завалах, зависит от интенсивности землетрясения, времени суток, в которое оно произошло, промежутка времени между первым и основным разрушающим толчком и может составить для зданий пятой степени разрушения — 100% от числа, находившихся в момент землетрясения в здании, четвертой — 50%. По различным данным от 20 до 50% людей погибает именно в завалах. На проезжей части улиц могут оказаться отдельные отлетевшие обломки конструкций зданий. при ширине улиц менее 10 метров даже при разрушении одно-двух этажных зданий на проезжей части образуются небольшие завалы.

Наиболее характерными повреждениями дорог в зонах возможного поражения при 9-ти балльном землетрясении являются образование трещин в дорожном полотне до нескольких десятков сантиметров, разрушение дорожного покрытия. Завалы и повреж-



дения дорог приводят к нарушению транспортной доступности, что, в свою очередь, является причиной дополнительных человеческих жертв и материальных потерь из-за невозможности оказать своевременную медицинскую аварийную помощь. К таким же последствиям приводит и разрушение (как при землетрясении, так и при вторичных воздействиях) мостов, путепроводов, тоннелей.

Вторичное последствие — потеря жилья в результате разрушений зданий землетрясением приводит к необходимости организации палаточных городков, эвакуации людей из зоны бедствия, к огромному дискомфорту который испытывают люди, потерявшие кров, имущество и вынужденные покидать родные места. Прогнозировать и оценивать последствия этого вида вторичного воздействия очень сложно.

Аварии в результате землетрясения на предприятиях химической промышленности, складах и других объектах сопровождаются утечками или выбросами загрязняющих, иногда сильнодействующих ядовитых или радиоактивных веществ. Особенности этого вида вторичного воздействия является зависимость масштабов загрязнения от гидрометеорологической обстановки, условий размещения источника воздействия и степени его повреждения в момент землетрясения. Загрязнение территории нефтепродуктами сопровождается, как правило, пожаром. Например, в 1952 г. в Техангасе (Калифорния), в 1968 г. в Токаги-Оки (Япония) при разрушении нефтехранилищ возникли сильные пожары.

Повреждения при землетрясении гидротехнических сооружений плотин, резервуаров с водой, водонапорных башен, насосных станций, водосущих коммуникаций могут явиться причиной затопления территории, сопровождающееся гибелью растений и нарушением транспортной доступности и вытекающими отсюда последствиями, проявляющимися на последующих уровнях.

Многие последствия обусловлены разрушением зданий и сооружений повышенной ответственности: пунктов питания, медицинских учреждений, мостов, тоннелей, аварийных служб, систем оповещения населения и др.

При оценке последствий повреждений линий жизнеобеспечения необходимо учитывать повреждения отдельных компонентов и влияние таких отдельных отказов на функционирование всей системы. К линиям жизнеобеспечения относятся: транспортные линии, системы связи, водоснабжения, канализации, электросистемы, газо- и нефтетрубопроводы.

Повреждения подземных коммуникаций связаны в основном с волновым движением грунта, а наземных — с вторичными воз-



действиями. Повреждения отдельных элементов систем жизнеобеспечения влекут за собой последствия на последующих уровнях. Так, разрыв трубопроводов может привести к возникновению пожаров или препятствовать их подавлению, прервать или загрязнить источники водоснабжения и т. д., что, в свою очередь, приводит к дополнительной заболеваемости, созданию дискомфортных условий для людей. Некоторые последствия поврежденных элементов системы жизнеобеспечения проявляются в момент землетрясения или сразу после него. К ним относятся: поражения людей электрическим током при прикосновении к оборванным проводам, возникновение пожаров вследствие коротких замыканий и возгорания газа и т. д.

К последствиям аварий на инженерных сетях, которые могут продолжаться длительное время до полного восстановления, относятся: создание дискомфортных условий для водоснабжения людей, находящихся в очаге поражения, отсутствие электроэнергии, тепла, невозможность приготовления горячей пищи. В свою очередь, на следующих уровнях последствий проявляются кишечно-желудочные заболевания, увеличивается число жертв из-за невозможности проведения спасательных работ ночью при отсутствии электроэнергии, снижения уровня состояния здоровья из-за простудных заболеваний при отсутствии тепла и т. д.

Таким образом, размеры и характер последствий землетрясений определяются множеством факторов, так или иначе оказывающих влияние друг на друга. Вклад каждого из факторов в формирование полного ущерба от землетрясения определить очень трудно или даже практически невозможно, но тем не менее это необходимо для осуществления превентивной политики, осуществления организационно-спасательных работ, оценки величины убытков и компенсационных мероприятий.

Возможным путем решения задачи предотвращения и ликвидации последствий землетрясения является прогноз интенсивности и характера вторичных последствий землетрясения, в том числе — оценка и прогноз характера и степени природных воздействий, техногенных условий взаимодействия: типа и плотности застройки, наличия свободных участков, плотности населения, а также оценки и прогноза вторичных техногенных воздействий, количество и характеристик взрыво- и пожароопасных предприятий и др.

---

---

**АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ  
САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ И МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ  
ПОСЛЕДСТВИЙ НЕКОТОРЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Сахалинская область расположена на 56 островах Курильской гряды, островах Сахалин, Монерон, Тюлений — это единственная в России островная область.

Сахалин является самым крупным островом на Дальнем Востоке. Он вытянут в меридиональном направлении между  $141^{\circ} 38''$  и  $144^{\circ} 55''$  восточной долготы на 948 км, наибольшая ширина острова не превышает 160 км, наименьшая — 26 км. Площадь острова — 87,1 тыс. квадратных километров. Он отделен от материка Татарским проливом, минимальная ширина которого — 7,6 км. С запада и юго-запада остров омывается водами теплого Японского моря, с востока и с севера — холодного Охотского.

Курильские острова представляют собой вершины подводных хребтов вулканического происхождения. Насчитывают более 30 крупных островов, их общая площадь равна 15,6 тыс. кв. км. Гряда протянулась от южной оконечности Камчатки до острова Хоккайдо (Япония) на 1200 км. Самые крупные острова (с северо-востока на юго-запад): Шумшу, Атласова, Парамушир, Шикотан. Крайние острова отстоят от центра области, г. Южно-Сахалинска, на 400 км (о. Кунашир) и 1100 км (о. Парамушир). Охотское море омывает западное побережье Курильских островов, Тихий океан — восточное.

Область является частью Дальневосточного района и состоит из 17 районов, 9 городов областного подчинения, 10 городов районного подчинения, 34 поселков городского типа, 66 сельсоветов, всего более 119 населенных пунктов. Административный центр — г. Южно-Сахалинск с населением 167,6 тыс. чел.

Численность населения области по состоянию на 1 января 1995 года 710,9 тыс. человек, в том числе городское — 583,7 тыс. человек.

Островное положение, существенные различия в термальном режиме омывающих морей, горный рельеф, выходы тропических циклонов и частые вторжения холодного арктического воздуха, близость Курило-Камчатской впадины, являющейся частью обширной области разрывов и разломов краевой зоны Тихого океана и активная вулканическая деятельность — вот основные причины, обуславливающие проявления здесь особо опасных природных явлений.

Будучи переходной частью от материка к океану, область представляет собой уникальную природную лабораторию для изучения процессов, происходящих в глубинах земли, океана и на их поверхности с целью долгосрочного прогноза особо опасных природных явлений.

Сложность природно-климатических условий проявляется в трудно-прогнозируемых стихийных бедствиях: ураганы, тайфуны, ливни и снегопады, штормовые нагоны, лавины и оползни, землетрясения, извержения вулканов и цунами. Эти явления тесно взаимосвязаны между собой и нередко наблюдаются одновременно.

Ежегодно область подвергается воздействию стихийных и опасных гидрометеорологических явлений. В среднем в год регистрируется более 200 таких явлений.

Повторяемость штормовых и ураганных ветров от 15 до 25 м/сек составляет в среднем по 80-120 дней в году, до 40 м/сек — от 7 до 10 случаев.

Сравнительно узкий Татарский пролив, отделяющий остров Сахалин от материка, и суровое Охотское море — места формирования постоянных сквозных ветров и, очень часто, штормов и циклонов.

Жестокие штормы порождают сильное и длительное волнообразование (высота волн от 8 до 12 метров), штормовые нагоны и в зимнее время — обледенение судов, валомы припая и наносы льда, затрудняют судоходство и рыбный промысел, парализуют работу береговых предприятий рыбной промышленности.

В течение года над областью в среднем проходит до ста глубоких циклонов и 8-10 тайфунов, вызывающих катастрофические затопления, обильные снегопады, сели, оползни, лавины, ураганные ветры и штормовые нагоны.

В летнее время значительный ущерб народному хозяйству наносят лесные пожары.

Грозными природными катастрофами, характерными для области, являются землетрясения, извержения вулканов и цунами.



Промышленность области является высокоразвитой в техническом отношении. По объему промышленной промышленности среди районов Дальнего Востока она занимает третье место, уступая Приморскому и Хабаровскому краям. В Сахалинской области проживает 35% населения областей Дальневосточного Севера, сосредоточена половина промышленно-производственных факторов, выпускается около 40% промышленной продукции этого района.

Большие запасы угля, нефти, газа, леса, рыбы, морского зверя, а также особенности географического положения определяют специфику экономического развития области. Промышленность представлена, главным образом, добывающими нефть, газ и уголь районами, частично перерабатывающими отраслями — рыбной, лесозаготовительной, бумажной, на долю которых приходится 63% промышленной продукции. Значительное развитие получила промышленность стройматериалов. На легкую и пищевую отрасль (без рыбной) приходится 13,7% продукции; на металлообработку, которая представлена в основном ремонтными предприятиями, — 6%.

Ведущая отрасль экономики области является рыбная промышленность. Удельный вес ее продукции составляет свыше 57%. К основным рыбообрабатывающим предприятиям области относятся: западный рыбоконсервный комбинат (г. Холмск), Александровский, Корсаковский, Северокурильский, Поронайский и Южно-Сахалинский рыбзаводы и 24 рыбозаводных заводов.

Добыча нефти и газа — одна из наиболее перспективных отраслей на Сахалине. В настоящее время на Сахалине имеется 15 нефтяных, 11 газо-нефтяных и 13 газовых месторождений. Все месторождения расположены в пределах полосы шириной 20-50 км в северо-восточной части острова. Нефть по нефтепроводу (200 км) поступает на нефтеперерабатывающие заводы Комсомольска-на-Амуре и Хабаровска. Размеры добычи составляют 2,5 млн. тонн в год.

Добыча угля играет важную роль в народном хозяйстве области. Уголь в топливном балансе занимает около 60%. В настоящее время добыча его ведется на 9 шахтах и 2 разрезах. Имеется одна обогатительная фабрика (г. Шахтерск).

Лесная, целлюлозно-бумажная и деревообрабатывающая промышленности области представлены 18 лесозаготовительными предприятиями, 7 целлюлозно-бумажными комбинатами, фабрикой картонных ящиков. В области покрытая лесом площадь составляет 55,2 % территории. Первая группа лесов представлена лесами зеленых зон на общей площади 128,9 тыс. га вокруг 13 городов (Южно-Сахалинск, Анива, Корсаков, Горназаводск, Невельск,

Холмск, Чехов, Томари, Долинск, Макаров, Поронайск, Александровск-Сахалинский и Оха); запретных полос вдоль рек и озер на площади 596,9 тыс. га; защитных полос вдоль железных и шоссейных дорог на площади 79,7 тыс. га. Промышленная лесозаготовка ведется только в лесах II и III группы.

Металлообработка на Сахалине представлена в основном предприятиями по ремонту техники. В настоящее время насчитывается 14 самостоятельных ремонтных предприятий и около 80 ремонтных мастерских. Значительный удельный вес занимает судоремонт (Холмский и Невельский судоремзаводы). В г. Южно-Сахалинске сосредоточен ремонт горно-шахтного оборудования, технологического оборудования для рыбной промышленности, подвижного состава и оборудования для железной дороги, технологического оборудования для бумажной промышленности и автотранспорта.

Территория области связана линиями электропередач от Южно-Сахалинской ГРЭС (п. г. т. Вахрушево) с городами Поронайск, Макаров, Долинск, Южно-Сахалинск, Корсаков, Холмск, Невельск, Чехов, Невельск, Томари, Углегорск, Александровск-Сахалинский. Общая протяженность ЛЭП — 3660 км. Тепловых электростанций — 4 мощностью 410 тыс. кВт.

В области ежегодно выпускается свыше 10 тыс. куб. метров различных железобетонных конструкций и деталей, до 20 млн. штук кирпича, около 70 тыс. куб. метров пиломатериалов, стеновых блоков. Это позволяет ежегодно осваивать более 250 млн. руб. капиталовложений, вводить — 16-17 тыс. кв. метров жилой площади. Имеются заводы железобетонных изделий в городах Южно-Сахалинск, Оха, Холмск, Углезаповедск; заводы стройдеталей и стройматериалов в Поронайске, Шахтерске, Южно-Сахалинске, Углегорске, Холмске, Корсакове, Охе. Работает цементный завод в Поронайске. Имеется ряд карьеров, кирпичных заводов, цехов по производству материалов для строительства.

Пищевая промышленность представлена многочисленными хлебокомбинатами, предприятиями по переработке мяса, молока и другой сельскохозяйственной продукции. Наиболее крупные из них находятся в г. Южно-Сахалинске — мелькомбинат, ликероводочный и пивоваренный заводы, кондитерско-макаронный комбинат, гормолзавод и солодовенный завод.

Из предприятий легкой промышленности имеются швейная фабрика, АО «Кожаной и резиновой обуви» (Южно-Сахалинск), а так же комбинаты бытового обслуживания в Южно-Сахалинске,



Корсакове, Невельске, Холмске, Долинске, Углегорске, Александровск-Сахалинском, Охе и других городах и населенных пунктах.

Полезные ископаемые представлены нефтью, газом, каменным углем и бурым углем. Несколько меньшее значение имеют торф, строительные материалы (глина и суглинки, строительные пески, гравийно-гангниковые смеси, естественные каменные строительные материалы, известняки, мрамор и яшмовидные породы, пемза, диатомиты и опоки), тальк, фосфориты, серы, металлические полезные ископаемые: золото (расположены россыпи в долинах рек Лангери, Мулейки, в западных отрогах Восточно-Сахалинских гор); титано-магнетитовые пески (распространены на Курильских островах); вольфрам (Восточно-Сахалинские горы по целлюлозным пробам — Ивашкинский и Рукутамский ореолы рассеяния); ртуть (в области известны более 25 рудопроявлений ртути, из которых Осткинское в Восточно-Сахалинских горах, Лесогорское и Иньское в Западно-Сахалинских горах, Палевское в Таулан-Армуданском хребте и Мерейское на Тонино-Анивском полуострове); хромиты (проявление хромитовых руд, содержащих палладий, платину и золото, установлено на полуострове Шмида и в Восточно-Сахалинских горах); полиметаллы, представленные в виде сфалерита, халькопирита, пирита и галенита (в северо-западной части Кунашира, южной оконечности Урупа).

На Сахалине и Курильских островах известно свыше 90 групп и отдельных выходов минеральных вод (Синегорск, Лесогорск, Даги, Лопатине), термальные ключи (Дачные, Горячие Ключи, Алексинские, Горячий Пляж), слабоминерализованные холодные воды (Невельские, Холмские, Чеховские), высокотемпературные источники 75-100°C на Курильских островах.

Минеральные грязи (Пугачевские, Южно-Сахалинские, Стародубские, Дагинские, Кунаширские, Лопатинские) не уступают по своему составу одесским и пяриским. Синегорские воды по содержанию свободной углекислоты (до 3 г/л) не уступают нарзанским и эссентукским, а по количеству мышьяка (до 120 мг/л) занимают одно из первых мест в мире.

Наиболее серьезные негативные последствия природно-техногенных воздействий в Сахалинской области сопряжены с землетрясениями.

На территории о. Сахалин ПГО "Сахалингеология" была проведена оценка подверженности городов, населенных пунктов, хозяйственных объектов воздействия экзогенных геологических процессов и выделены 2 группы поселений.



К первой группе, на территории которых возможны процессы, вызывающие гибель людей, относятся города и поселки: Эхаби, Тунгор, Ноглики, Катонги, Бошняково, Тельновский, Надеждино, Шахтерск, Углегорск, Красногорск, Томари, Чехов, Красноярское, Яблочный, Холмск, Правда, Ясноморский, Невельск, Горнозаводск, Шебунино, Синегорск, Быково, Взморье, Макаров, Вахрушев, Гастелло. Ко второй группе поселений, подверженных другим, менее опасным экзогенным процессам, относятся: Оха, Мгачи, Александровск-Сахалинский, Дуэ, Тымовское, Смирных, Лесогорск, Леонидово, Поронайск, Тихменево, Восточный, Ильинский, Углезаводск, Долинск, Анива, Озерский, Южно-Сахалинск, Корсаков.

На территории Сахалинской области имеется большое количество потенциально опасных объектов (холодильные установки с аммиаком, хлором, склады горюче-смазочных материалов, нефте- и газопроводы и др.), характер эксплуатации которых в случае возникновения землетрясения может привести к гибели людей и загрязнению окружающей среды.

На о. Сахалин большое количество пожаро- и взрывоопасных объектов связано с добычей угля, нефти и газа. В области имеется 2 разреза и 9 шахт: "Южно-Сахалинская", "Долинская" (пос. Быков), "Горнозаводская" (пос. Горнозаводск), "Макаровская" (г. Макаров), "Ударновская" (пос. Ударный), "Углегорская" (г. Шахтерск), "Тельновская" (пос. Тельновск), "Бошняково" (пос. Бошняково), "Мгачи" (пос. Мгачи).

Шахты относятся ко II и III группам по степени содержания метана (взрывоопасные).

Имеется нефтепровод протяженностью 660 км Оха—Николаевск-на-Амуре; газопровод протяженностью 65 км Оха—Комсомольск-на-Амуре, и нефтегазопровод протяженностью 160 км от пос. Вах до пос. Погиби.

Всего в пределах Сахалинской области имеется 880 промышленных предприятий, в том числе в Южно-Сахалинске — 320. Из этих предприятий 12 хранят и используют сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ), с объемами аммиака более 50 тонн, хлора 24 тонны: рыбзавод — 80 т аммиака; пивоваренный завод — 3,5 т аммиака; солодовенный завод — 1,2 т аммиака; холодильник N1 — 9,0 т аммиака; мясокомбинат — 17 т аммиака; гормолкомбинат — 9,0 т аммиака; кондитерско-макаронный комбинат — 4,0 т аммиака; холодильник овощной базы треста столовых и ресторанов — 3,0 т аммиака; горводоканал (водозабор "Луторое", водозабор на реке Рогатка, склад СДЯВ в пос. Елань) — 24 т аммиака.

В г. Корсакове и области и в других поселениях 60 промышленных объектов, 11 из которых имеют СДЯВ (аммиака более 35 тонн, хлора 15 тонн): мясокомбинат — 1,0 т аммиака; горводоканал — 15,0 т хлора; холодильник (центр. ковш) БОР — 6,0 т аммиака; п. Озерский (рыбкооп им. Кирова) — 5,0 аммиака; п. Соловьевка (зверосовхоз) — 11,5 т аммиака; агаровый цех БОР — 1,0 т аммиака; рыбоконсервный завод БОР — 4,5 т аммиак; ОТБ облрыбпотребсоюза — 2,0 т аммиака; рыбозавод "Охотское" — 1,0 т аммиака.

В г. Холмске и в районе 55 промышленных объектов, 20 из которых содержат СДЯВ с объемами аммиака более 65 тонн, хлора 5,5 т: холодильник рыбокооп — 1,5 т аммиака; холодильник торга — 3,0 т аммиака; молокозавод — 1,0 т аммиака; водозабор на р. Холмская — 1,5 т аммиака; холодильник N1 БПТФ — 7,5 аммиака; холодильник N2 БПТФ — 3,5 т аммиака; пос. Новосибирское (зверосовхоз "Чеховский") — 4,0 т аммиака; г. Чехов (молочный завод) — 1,5 т аммиака; г. Чехов (рыбоколхоз им. Калининна) — 7 т аммиака; пос. Правда (рыбоколхоз "Путь к коммунизму") — 6,0 т аммиака; пос. Правда (зверосовхоз) — 6,0 т аммиака; пос. Яблочное (холодильник торга) — 3,0 т аммиака; пос. Яблочное (холодильник рыбокооп) — 0,5 т аммиака; г. Чехов (холодильник рыбокооп) — 1,0 т аммиака; с. Комстромское (холодильник рыбокооп) — 0,5 т аммиака; пос. Симаково (холодильник с мор. прод.) — 3,0 т аммиака; пос. Яблочное (склад г. Холмск) — 7,3 т аммиака; холодильник БПТФ пос. Антоново — 3,5 т аммиака; пос. Серный источник (мясокомбинат) — 3,5 т аммиака; водозабор на р. Малка — 2,5 т хлора.

В г. Долинске находится 3 предприятия, имеющих СДЯВ: КСП "Соколовский" — 4,478 куб. м пестицидов; Долинский ЦБЭ — 0,244 куб. м пестицидов; шахта "Долинская" — аммиак, хлористый цинк.

Наиболее опасные в химическом отношении объекты Сахалинской области приведены в таблице 3.1.

В области более 52 (6%) предприятий и складских помещений являются взрыво- и пожароопасными. Они находятся в следующих городах: Южно-Сахалинске — 6 объектов, в том числе: Южно-Сахалинская ТЭЦ — 5 т мазута, 205 тыс. т угля; склады ВВ в/ч 11070 — 1187 т угля; Южно-Сахалинский мебельный комбинат (лакокрасочные материалы); склад ГСМ Южно-Сахалинского аэропорта — 15 тыс. куб. м горюче-смазочных материалов. В г. Холмске и в районе — 6 объектов взрыво- и пожароопасны, в том числе: целлюлозно-бумажный завод; Холмскснабсбыт; паромная

Таблица 3.1.

Наиболее химически опасные объекты на территории  
Сахалинской области

Наименование и местонахождение объекта	Наименова- ние СДЯВ	Колличес- тво СДЯВ, т	Способ хранения
1	2	3	4
г. Южно-Сахалинск Рыбозавод	аммиак	8,0	спец. емк.
Склад хлора	хлор	20,0	спец. емк.
Сладовый завод	аммиак	10,0	тех. лин.
Мясокомбинат	аммиак	8,0	тех. лин.
Молочный завод	аммиак	4,0	тех. лин.
г. Корсаков Холодильник торго	аммиак	8,0	контейнер
Очистные сооружения	хлор	20,0	контейнер
Корсаковский район, с. Соловьевка Зверосовхоз	аммиак	12,0	спец. емк.
Анивский район, с. Ново-Александровка Холодильник рыбокооп	аммиак	12,0	спец. емк.
г. Невельск Морской рыбный порт	аммиак	18,0	спец. емк.
г. Горнозаводск Зверосовхоз	аммиак	9,0	спец. емк.
г. Южно-Курильск Рыбкомбинат	аммиак	12,0	спец. емк.
с. Крабоводское Рыбоконсервный завод	аммиак	15,0	под давлен.
с. Малокурильское Рыбкомбинат	аммиак	15,0	под давлен.
г. Холмск Морской рыбный порт	аммиак	8,0	спец. емк.
г. Александровск-Сахалинский Холодильник торго	аммиак	9,0	под давлен.
с. Рейдово Рыбзавод	аммиак	8,0	под давлен.
г. Макаров Мясокомбинат	аммиак	5,0	тех. лин.
п.г.т. Ноглики Рыболовецкое АО	аммиак	5,0	спец. емк.
г. Поронайск Рыбзавод	аммиак	9,0	спец. емк.
г. Северо-Курильск База сейнерного флота	аммиак	9,0	спец. емк.
г. Томари Зверосовхоз	аммиак	8,0	спец. емк.
п.г.т. Тымовское Холодильник рыбокооп	аммиак	9,0	спец. емк.



переправа Холмск-Ванино; райбаза хлебпродуктов (пос. Симаново); Холмский лесхоз; Чеховский бумзавод. В г. Корсакове взрыво- и пожароопасных — 6 объектов, в г. Анива — 17, в г. Оха — 29, в г. Макаров — 10, в г. Долинске — 21, в г. Невельске — 15, в г. Углегорске — 27 объектов.

Пожароопасными являются и лесозаготовительные предприятия, которых в области 18, целлюлозно-бумажных — 7, а также ряд деревообрабатывающих и лесопильных предприятий. Кроме того, в городах и районах области имеется большое количество деревянных строений (47%).

Таблица 3.2.

Наиболее взрыво- и пожароопасные объекты на территории Сахалинской области

Наименование и местоположение объектов	Площадь объекта кв. км.	Пожаро-, взрывоопасные вещества
1	2	3
г. Южно-Сахалинск		
Кислородная станция	1,2	газ
Целлюлозно-бумажный комбинат	8,2	шени, ГСМ
ТЭЦ	4,0	мазут, ГСМ
Завод с/хоз. машиностроения	4,2	ГСМ
Склад ГСМ	4,0	ГСМ
г. Оха		
Нефтеперерабатывающая станция	1,2	нефть
Кислородная станция	2,2	газ
г. Корсаков		
Кислородная станция	2,2	газ
Порт	4,2	нефтепродукты
г. Холмск		
Кислородная станция	2,2	газ
г. Сияеторск		
Склад ГСМ	2,6	нефтепродукты
п.г.т. Быков		
Склад ГСМ	2,6	нефтепродукты
п.г.т. Вахрушева		
Склад ГСМ	2,4	нефтепродукты
Кислородная станция	1,2	газ
п.г.т. Большаково		
Склад ГСМ	2,4	нефтепродукты
Кислородная станция	1,2	газ
г. Александровск-Сахалинский		
Склад ГСМ	1,8	нефтепродукты
Кислородная станция	4,2	газ
п.г.т. Ноглики		
Склад ГСМ	1,2	нефтепродукты

Как правило, под чрезвычайной ситуацией понимают обстановку на определенной территории, сложившуюся в результате аварии, катастрофы, стихийного бедствия, которые влекут за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Причинами чрезвычайных ситуаций являются: недопустимо высокий уровень износа основных производственных фондов в энергетике, на транспорте, в промышленности; необоснованное и бездумное развитие и размещение производительных сил, сопровождающееся чрезмерной концентрацией производств и освоением опасных в сейсмическом и иных отношениях территорий; пренебрежение превентивными мерами; отсутствие экономических механизмов обеспечения безопасности и защиты населения.

К серьезным последствиям могут привести разрушения складов и хранилищ со СДЯВ. Возможные масштабы заражения в случае аварии на складе хлора в г. Южно-Сахалинске представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3.

Масштабы потенциального заражения территории в случае аварии на складе хлора (20 тонн) г. Южно-Сахалинска

<i>Направление ветра</i>	<i>Глубина зоны заражения, км.</i>	<i>Площадь зоны заражения, кв. км.</i>
1	2	3
<i>летний период</i>		
север	1,47	0,135
северо-восток	1,65	0,180
восток	1,73	0,202
юго-восток	1,77	0,214
юг	1,82	0,226
юго-запад	1,80	0,220
запад	1,84	0,232
северо-запад	1,86	0,238
<i>зимний период</i>		
север	0,735	0,035
северо-восток	0,354	0,031
восток	0,653	0,025
юго-восток	0,702	0,030
юг	1,175	0,143
юго-запад	1,285	0,182
запад	0,955	0,065
северо-запад	0,878	0,054

Особенно опасными в социальном и экономическом отношении бывают аварии на нефте- и газопроводах. Одной из причин этих катастрофических событий может явиться землетрясение.

На объектах трубопроводных систем, особенно в составе топливно-энергетического комплекса, ущерб бывает в десятки и сотни раз выше, чем непосредственная стоимость потерь от разрушения в результате землетрясения. Темпы восстановления и уровень принятия организационно-управленческих решений должны быть высокими и базироваться на плановых мероприятиях, учитывающих вопросы риска и характер возможных аварий.

Полные разрушения на линейных магистральных трубопроводах характеризуются серьезными повреждениями на значительном расстоянии трубы, разрывами кабелей, опор воздушных линий электропередач. Разливается нефть и газозавывается прилегающая территория.

Пожары, возникающие на предприятиях в результате возгорания горючих веществ, сопровождаются их развитием и распространением на большой территории. Наибольшая опасность возгорания возникает на пониженных участках территории.

Сильные разрушения возникают при взрывах и пожарах, сопутствующим землетрясениям, а также из-за схода лавин, оползней, селевых потоков, вызванных землетрясениями. Эти вторичные явления наносят ущерб линейным трубопроводным системам из-за значительной поврежденности.

При разрушении трубопроводов, работающих под давлением, может произойти залповый выброс нефтепродуктов, которые в значительных объемах загрязняют территорию и прилегающие водоемы.

Объемы вытекающей нефти при авариях могут достигать несколько тысяч кубометров, что существенно сказывается на экологической обстановке территории и может дополнительно вызвать пожароопасную ситуацию. Такие объемы нефти убрать и нейтрализовать чрезвычайно трудно, особенно с поверхности водоемов, поэтому прежде всего решают задачи по локализации мест утечки.

Для определения местонахождения поврежденного участка и очередности проведения работ по ликвидации повреждения трубопровода необходимо следующее: обнаружение места повреждения трубопровода; осмотр и классификация повреждения или дефекта; оценка несущей способности дефектного участка при возобновлении перекачки; расчет допустимого режима нагружения трубопровода с целью возобновления перекачки сырья или материала на



период подготовительных работ, оценка допустимого времени эксплуатации трубопровода по временной схеме до начала восстановления; выбор метода восстановления несущей способности дефектного участка трубопровода; подготовительные работы; выбор режима функционирования трубопровода на время проведения восстановительных работ; непосредственное выполнение восстановительных работ, контроль качества выполненных работ и испытание; оценка долговечности восстановительного участка трубопровода.

Магистральные трубопроводы в большинстве случаев выполняются из стальных труб большого диаметра, изготавливаемых как правило из низколегированных марок стали, характеризующихся повышенной прочностью и достаточной пластичностью.

Такие геометрические параметры, как диаметр и толщина стен на трубы, расстояние между опорами и длина трассы определяют в основном конструктивные формы, тип и размеры опорных устройств, седел, шпангоутов и других технологически сопутствующих элементов.

Анализ последствий сильных землетрясений свидетельствует в целом о достаточно высокой способности стальных надземных трубопроводов сопротивляться интенсивным сейсмическим воздействиям. Вместе с тем, нередки случаи их значительных повреждений и разрушений из-за недостаточной прочности элементов и их повреждений:

- В результате распространения сейсмической волны вдоль трассы трубопровода и деформации грунта на прямолинейных участках трубопровода возникают значительные напряжения растяжения-сжатия, приводящие к гофрообразованию и разрывов стенок, а также вызывающие смещение опор.

- Возникновение осевых перемещений трубопровода или деформации от изгиба, вызванных деформациями смежных участков и перемещениями опор.

- В результате распространения сейсмической волны по нормали или под углом к трубе смещаются и разрушаются опоры, происходит сброс трубопроводов с опор или деформируются и разрушаются сами трубопроводы в местах их присоединения к опорам и к различным сооружениям. Нередки случаи разрушения труб и на участках между опорами из-за образования трещин в околошовной зоне стыковых сварных соединений.

- Возникновение значительных вертикальных перемещений трубопровода и особенно неравномерных на трубопроводах с жесткими стыками и свайными опорами.

Перечисленные причины появления при землетрясениях повреждений и разрушений магистральных стальных надземных трубопроводов указывают на то, что проблема их сейсмостойкости в настоящее время не может считаться решенной.

Поврежденные или разрушенные насосные или компрессорные станции, котельные, цеха, заводы по переработке нефтяного сырья и другие объекты, конструктивно выполненные как промышленные здания, восстанавливают в основном с обязательным расчетом на сейсмическую нагрузку согласно требованиям СНиП П-7-81 с изменениями №3, утвержденных Постановлением Министра России № 18-76 от 27. 07.95 г. и соответствующим усилением конструкций зданий и сооружений.

Однако имеются отличия, которые необходимо учитывать при восстановлении и усилении этих объектов. Так, здание в котором размещаются магистральные насосные агрегаты унифицированной насосной станции (перекачка нефти и нефтепродуктов) выполняется из металлических несущих каркасных конструкций с отражающими конструкциями из алюминиевых стеновых и кровельных панелей. Разделительную стенку в здании устанавливают из сборных железобетонных блоков.

Надежность работы трубопроводных систем обеспечивается двумя путями: гарантированной защитой конструкций трубопроводов от повреждений и коррозии, повышением долговечности объектов трубопроводной системы и сохранностью прочностных характеристик элементов системы на расчетный период эксплуатации; разработкой и созданием способов достоверной диагностики состояния трубопроводной системы, методов оперативного ремонта и рационального восстановления поврежденных ее элементов при планомерной реализации профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Надежность трубопроводных систем при их проектировании, возведении и эксплуатации обеспечивается за счет выполнения следующих условий: выбора достоверных расчетных схем и предпосылок расчета; точности и полноты инженерно-геологических и гидрологических изысканий; выбора проектных решений, отвечающих современным требованиям изготовления и возведения на основе заранее разработанных конструктивных и организационно-технологических схем для принятия экономически целесообразного варианта; выбора оптимального строительного материала с соответствующими прочностными характеристиками, принимаемого согласно заданному сроку службы системы и условий ее эксплуатации; возможности реконструкции и экономического восстановления



ния объекта с учетом перспектив развития предприятия; учета природно-климатических, эксплуатационных, транспортных, монтажных и других условий, возникающих в процессе возведения и эксплуатации системы; реализация требований стандартов на строительные материалы, изделия и конструкции, а также государственных и ведомственных нормативных документов по проектированию, строительству (восстановлению) и эксплуатации; строго пооперационного контроля за процессом изготовления, транспортировки и эксплуатации.

Несоблюдение хотя бы одного из этих условий может снизить надежность возводимого объекта и вызвать нарушения, повреждения и даже создать аварийную ситуацию.

Расчетные данные и анализ результатов аварий от стихийного бедствия показывают, что заблаговременные прогноз, оценка и организованная подготовка и восстановительными работами на основе вариантных проработок позволяют сэкономить значительные средства и сократить сроки восстановления поврежденных конструкций при меньших трюбозатратах и лучшем качестве работ. Последние обстоятельства важны, так как объекты трубопроводных систем расположены в сложных инженерно-геологических и климатических условиях и в малообжитых районах с плохими дорогами, неустойчивыми транспортными связями и со слабо развитой инфраструктурой в этих условиях техника, строительные материалы и конструкции являются привозными, поэтому дефицит или отсутствие необходимых ресурсов затрудняют проведение восстановительных работ.

Экономическая оценка ущерба является важным элементом в выработке стратегии восстановительных работ, в разработке и принятии обоснованного варианта строительных и монтажных работ, включая возможные схемы краткосрочного и временного восстановления объекта. Расчетный ущерб от аварий и стихийных бедствий необходимо определять комплексно, включая стоимость выведенных из строя основных фондов, сопряженного с ним ущерба, вызванного перерывами в работе трубопроводной системы, а также тех организаций и учреждений, работа которых связана с потреблением сырья и продукции вышедшей из строя системы, т. е. с учетом проявления так называемого вторичного ущерба.



### Шикотанское землетрясение (05.10.1994 г.)

Сейсмотектонический и инженерный анализ макросейсмических последствий землетрясения выполнен группой специалистов в составе: Г. Л. Кофф, М. В. Карагодина, Т. В. Богомолова, В. Ф. Котлов, И. В. Степанова — Институт литосферы РАН; Ю. И. Баулин — ИМЦ Стройизыскания; С. А. Несмеянов — ПНИИС; О. В. Кабанцев — 26 ЦНИИ МО РФ.

Землетрясение произошло 4 октября 1994 г. в 13 час. 23 мин. по Гринвичу (5 октября в 0 час. 23 мин. по местному времени) восточнее острова Шикотан, охватив сотрясениями территорию всех Курильских островов, включая остров Парамушир (г. Северо-Курильск — 3 балла при  $\Delta = 1000$  км), Южного и Среднего Сахалина (г. Александровск-Сахалинский — около 2-х баллов при  $\Delta = 900$  км), а так же островов Хоккайдо и Хонсю (Япония). Максимальный макросейсмический эффект в 9 баллов отмечен на северо-востоке острова Шикотан.

Параметры землетрясения приняты для расчетов как средние арифметические значения определений нескольких сейсмологических центров  $\varphi = 43^\circ, 63' N; \lambda = 147^\circ, 30' E; M = 8,0; H = 30$  км.

При оценке причин повреждения и разрушения зданий и сооружений имеют место определенные трудности, связанные с суммарным влиянием различных факторов повреждаемости на наблюдаемый макросейсмический эффект. К таким факторам относятся: расположение строительных объектов непосредственно в зоне проявления остаточной деформации; недостаточная инженерно-геологическая изученность площадок строительства; влияние степени износа, технического состояния зданий и сооружений, а так же качества строительства.

В ряде случаев причиной разрушения отдельных современных зданий и сооружений явилось применение проектных решений и строительных конструкций, не рассчитанных на высокие сейсмические нагрузки, расположение строительных объектов в заведомо неблагоприятных инженерно-сейсмических условиях.

Инженерный анализ последствий землетрясения показал, что в наибольшей степени пострадали населенные пункты на острове Шикотан, находящиеся ближе всего к эпицентру землетрясения. Это село Малокурильское (3800 жителей) и село Крабовозовское (2700 жителей). В значительно меньшей степени пострадали

поселения на острове Кунашир — Южно-Курильск, Дубовое, Головинно, Менделеевка. Еще меньшие повреждения выпали на долю населенных пунктов, расположенных на острове Итуруп — Курильск, Горный, Шуми-городок, Китовый, Рейдовый.

Регион характеризуется линейностью главных морфологических структур, ориентированных, в основном, в меридиональном и северо-восточном направлениях.

Горный рельеф представлен эрозийно-тектоническим среднегорьем и низкогорьем. Широко развит типично вулканический рельеф: вулканические конусы, купола, массивы, лавовые плато.

Прибрежные территории характеризуются развитием аккумулятивного рельефа с плоскими, частично заболоченными морскими и аллювиально-морскими аккумулятивными террасами и останцами высоких абразионно-аккумулятивных террас.

Инженерно-геологические условия на островах Южно-Курильской гряды весьма специфичны, крайне неоднородны. Распространенные здесь грунты не имеют прямых аналогов с грунтами материковых отложений.

Морские, болотные, лагуно-морские, аллювиальные комплексы, а так же отложения смешанного генезиса преимущественно плейстоценового и голоценового возраста представлены торфами, песками различной крупности, илами, гравийно-галечниковыми отложениями, супесями и суглинками различного состава.

На склонах вулканов и у их подножий развиты пирокластические среднеплейстоценовые, голоценовые отложения, представленные смесью шлака, обломков лав, вулканического песка и пепла, пемзовые поля с прослоями чистых пемзовых песков. Эти отложения малозлучены.

Почти повсеместно развиты аллювиально-делювиальные голоценовые отложения — суглинки, супеси, дресвяно-щебнистые грунты с глинистым заполнителем.

В регионе широко развиты процессы абразии, эрозии, а так же оползни, обвалы, осыпи, солифлюкция, крип.

Наиболее значительное развитие в пределах изучаемых территорий имеют оползневые процессы. Особенно часто оползни наблюдаются на крутых и средней крутизны склонах, сложенных выветрелыми коренными породами, перекрытыми маломощным дресвяно-щебнистым элювием и глинистыми делювиальными отложениями.

Важными факторами оползнеобразования являются рельеф, современные активные движения земной коры, грунтовые воды и дождевые осадки. Значительная активизация оползней наблюдает-



ся при землетрясениях, однако, главным образом, оползневая активность приурочена к сезону летних дождей и периоду снеготаяния.

В прибрежных зонах развитию оползневых процессов способствует абразия.

Наиболее подверженными развитию оползневых процессов являются районы распространения песчанников, аргиллитов, вулканических туфов и зон тектонических нарушений (острова Шикотан, Кунашир).

Локальные изменения сейсмичности тесно связаны с гидрогеологическими условиями территорий.

В коренных породах горных склонов развиты трещинные грунтовые воды, распространение которых связано с регионально развитой зоной выветривания скальных пород.

В пределах лавовых плато так же развиты напорные и безнапорные трещинные воды со сложной гидравлической связью.

В делювиальных грунтах развита маломощная верховодка (1-2 метра). Разгрузка верховодки чаще всего происходит через родники в нижней части склонов. На морских террасах, прорезанных долинами малых рек, развит водоносный горизонт, зеркало которого располагается на глубинах 1-3 метра от дневной поверхности.

К зонам тектонических нарушений приурочены выходы термальных минерализованных вод (Горячий пляж на острове Кунашир, Горячие Ключи и Жаркие Воды на острове Итуруп).

#### *Села Крабозаводское и Малокурильское (остров Шикотан).*

Территория Крабозаводского расположена в пределах структурного дизъюнктивного узла, образованного пересечением сложнопостроенных зон Малокурильского-Отрадного и Бухтокрабового разломов. Большую часть узла занимает ветвящаяся Крабозаводская система грабенов, расположенная на юге бухты Крабовой и включающая днища долин ручьев, впадающих в эту бухту. Наиболее крупный из локальных разрывов проходит вдоль северного борта грабеновой системы — Северокрабозаводской новейший разрыв первого порядка. Южная часть грабеновой системы лишь частично попадает на изученный участок и определяется сочетанием ряда ступенчатых блоков, разделенных разрывами второго порядка.

Село Крабозаводское расположено в центральной части одноименной системы грабенов, выполненной четвертичными отложениями. Не исключено, что под чехлом последних доантропогенный цоколь грабенов нарушен погребенными разрывами второго порядка, переходящими с одного борта грабенов на другой.



Инженерно-геологические условия определяются во многом рельефом и геолого-петрографическими особенностями залегающих здесь пород. В соответствии с этим на данной территории выделяется пять типов грунтовых толщ, которые включают в себя рыхлые и связанные грунты четвертичного возраста, неогеновые и триасовые метаморфические породы коренной основы.

Первый тип включает в себя грунтовые толщ, слагающие первую низкую аллювиально-морскую террасу, занимающую высотные отметки — 6-8 метров. В целом здесь преобладают рыхлые грунты. На более высоких отметках в рельефе (10-13 метров) расположены фрагменты второй низкой аллювиально-морской террасы. Слагающие ее грунтовые толщ и представляют второй тип. Они отличаются от вышеописанных более глинистым составом и малыми мощностями. С поверхности здесь залегают либо слабо-разложившийся торф, либо заторфованные суглинки мощностью от 0,7 до 3,2 метров; типы три и четыре представляют грунтовые толщ, слагающие, соответственно, пологие (менее 15°) и крутые (более 15°) склоны.

Грунтовые толщ пятого типа занимают отдельные малочисленные и небольшие по площади участки водоразделов, с достаточно ровной поверхностью. По своему строению они достаточно просты: в разрезе выделяется слой древесново-щебенистых грунтов с суглинистым заполнителем до 30%. Мощность его составляет 0,6-1,5 метров. Ниже залегают выветрелые мало- и среднепрочные трещиноватые алевролиты.

В пределах территории Крабовозовского участка распространения грунтов типа 1 имеют сейсмичность более 9 баллов. Участки типа 2 в зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод характеризуются сейсмичностью 9 или >9 баллов. Участки типа 3 отнесены к средним грунтовым условиям (9 баллов). Участки типа 4 непригодны для застройки. Участки типа 5 характеризуются благоприятными сейсмическими условиями (8 баллов).

Территория села Малокурильского имеет более сложное тектоническое строение чем Крабовозовское. Здесь структурный (дильюнктивный) узел образован вергуирующим северо-восточным "расщеплением" Малокурильско-Отраденского разлома, пересекающимся с зоной поперечного разлома долины ручья Отрада. С этим узлом, соответственно, связано более сложная система грабен и обусловленное ею расширение Малокурильской бухты.

В качестве молодых новейших разрывов первого порядка здесь попадают главные ветви Малокурильско-Отраденского разлома, а так же основная линия поперечного разлома долины ручья

Отрада. Обычно разрывы первого порядка определяются разрывами второго порядка и между ними формируются локальные прямолинейные грабены, обуславливающие широкие плоскодонные долины ручьев. Но отдельные локальные грабены заложены и между сбросами второго порядка. В результате центральный грабен Югомалокурильской бухты обрамлен сложившейся системой более мелких грабенов.

Село Малокурильское расположено на сочленении главного грабена с оперяющими. Его территория обрамлена разрывами первого и второго порядков. Не исключено, что под рыхлым чехлом четвертичных отложений здесь расположены погребенные продолжения разрывов второго порядка.

В инженерно-геологическом отношении рассматриваемая территория с поверхности сложена, как правило, толщами морского, аллювиально-морского, делювиального и делювиально-элювиального генезиса. В отдельных местах наблюдаются выходы на дневную поверхность скальных пород, которые подстилают комплекс вышеуказанных отложений исходя из особенностей залегания различных слоев пород, выделяется пять типов грунтовых толщ.

Первый тип включает грунтовые толщи, слагающие современные низкие морские и аллювиально-морские террасы с отметками поверхности 2,0-3,0 метра.

Тип второй включает толщи, слагающие более высокую (6-9 метров) аллювиально-морскую террасу и распространенные в гораздо меньшей мере, чем вышеописанные. Для них характерно залегание глинистых грунтов, иногда гумусированных, с растительными остатками, либо сразу с поверхности, либо под маломощными (0,3 метра) торфами. Мощность их составляет 1,4-2,1 метра.

Типы три и четыре объединяют грунтовые толщи, слагающие, соответственно, пологие (менее  $15^{\circ}$ ) и крутые (более  $15^{\circ}$ ) склоны.

Для грунтов третьего типа характерно залегание под почвенным слоем в 0,2-0,3 метра делювиальных суглинков с дресвой и щебнем до 30%, мощностью 0,5-1,8 метра, иногда 2,5-4,0 метра.

Разрез грунтовых толщ четвертого типа идентичен описанному, однако, как правило, мощность делювиальных отложений здесь гораздо меньше. В этот тип включены участки протекания ручьев, обладающих значительными уклонами.

Грунтовые толщи пятого типа занимают водораздельные выровненные участки, обычно небольшие по площади. Разрез их в целом похож на строение типов три и четыре, однако верхний



суглинистый слой выражен слабее, мощность его составляет 0,5-0,7 метров, редко — до 2,6 метров. Как и в предыдущих случаях, в основании разреза грунтовых толщ залегают алевролиты и туфо-алевролиты, трещиноватые, разной степени выветрелости.

В пределах территории села Малокурильское грунтовые комплексы первого типа объединены в один участок с сейсмичностью более 9 баллов. К средним грунтовым условиям (9 баллов) отнесены грунты типа два.

Участки типа четыре непригодны для застройки. Благоприятными в сейсмическом отношении являются грунты пятого типа (8 баллов).

Жилые деревянные щитовые несейсмостойкие здания с керамзитовым утеплением в селах строились в пятидесятых-шестидесятых годах. Фундаменты ленточные, бетонные, деревянные столбчатые с кирпичным заполнением, бетонированные деревянные стойки.

Степень повреждения по MSK-64 — 3-4. К характерным повреждениям щитовых домов относятся: сквозные вертикальные и диагональные трещины в фундаменте шириной до 2 см (почти повсеместно); обрыв продольных стен от поперечных (с. Крабозаводское); осадка фундаментов с разрушением пола, повреждение печей и дымовых труб (с. Крабозаводское); повсеместное обрушение штукатурки потолка и стен.

Деревянные одно-, двухэтажные дома из бруса строились в шестидесятых-семидесятых годах и имеют степень повреждения от 2 до 4. Характерные повреждения следующие: сдвиг стен относительно фундаментов, значительная деформация стен (Малокурильское — дома 38, 40, 13 по ул. 50-летия ВЛКСМ, дом 520 по ул. Терешковой; Крабозаводское — дома 12, 15, 17 по ул. Чурикова и др.); вертикальные и наклонные трещины в фундаментах (Малокурильское — ул. Черемушки, ул. Октябрьская; Крабозаводское — ул. Луговая); значительные разрушения фундаментов, дымовых труб, печей, раскрытые трещины в перегородках, стенах, перекрытиях (Крабозаводское — ул. Луговая, Рабочая, Дальняя Сопка, Ключевая и др.); осадка фундаментов с деформацией стен и повреждением пола (Крабозаводское — дома 8, 9, 15 по ул. Нагорная; Малокурильское — ул. Черемушки).

Некоторая часть двухэтажных шлакоблочных жилых домов постройки 80-х годов имеет монолитные ленточные фундаменты, сборные перекрытия и сейсмические пояса. На острове Шикотан здания этого типа получили степень повреждения 2-3 (вертикаль-



ные и косые трещины в фундаментах, раскрытие швов между продольными и поперечными стенами).

У каменных зданий подобного типа, построенных в 70-х годах, отсутствует антисейсмическое усиление (Малокурильское — ТФО "Шикотан", АБК завода N24 и др.). Наблюдались повреждения 3-4 степени (отрыв торцевых стен от продольных, трещины в несущих стенах, частичное обрушение перегородок и др.).

Степень повреждения крупнопанельных домов (военный городок) не более 1-2 (раскрытие швов соединения панелей, обрушение входных козырьков — с одним из подобных обрушений была связана гибель двух человек).

Сильными повреждениями (3-6 степени) характеризовались каркасные здания с заполнением из кирпича или шлакоблоков (разрушение торцевых стен и крайних пролетов продольных стен), значительные повреждения фундаментов, раскрытые диагональные трещины в продольных и поперечных несущих стенах, смещение ограждающих стен и отрыв их от каркаса и др.).

#### *Поселок Южно-Курильск (остров Кунашир).*

На территории п. Южно-Курильска выделяются две основные новейшие структуры: 1) краевой горст мыса Южно-Курильский и 2) прилегающий к нему с запада Нижне-Серебрянский грабен. Последний приурочен к низовьям реки Серебрянка и ее притоков (ручей Болотный, ручей Лучевой). Эти структуры граничат по Южно-Курильскому сбросу первого порядка, имеющему С-СЗ простирание. К нему торцово примыкает разрыв второго порядка, секущий горст мыса Южно-Курильский. Здесь предполагается и локальная субмеридиональная зона повышенной трещиноватости.

Пос. Южно-Курильск расположен как в пределах горста, так и на прилегающей части грабена.

Рассматриваемый участок территории Южно-Курильска расположен на крупном андезитовом массиве. Прочные андезитовые породы перекрыты в основном слоями тонкодисперсных, крупно- и грубообломочных пород различного генезиса, морского, аллювиального, делювиального, элювиального и смешанного вида. Они образуют разные грунтовые толщи, среди которых выделяется пять типов.

Первый тип объединяет грунтовые толщи, состоящие морской пляж (полоса шириной до 50 метров, пологая поверхность), а так же первую низкую морскую террасу, имеющую ровную поверхность под углом 5-15° к морю и сложенную песками, галечниками с валунами, иногда глыбами андезита. В этот же тип включе-

ны грунтовые толщи аллювиального комплекса: низкой, высокой пойм, первой надпойменной террасы реки Серебрянка. Сверху, как правило, залегает глинистый грунт, заторфованный, подстилаемый галечниками или песками с линзами супесей и суглинков.

Ко второму типу относятся толщи, слагающие относительно ровные поверхности высоких аллювиально-морских террас. На данной территории эти поверхности выражены фрагментарно.

Третий и четвертый типы относятся к склоновым участкам с уклонами, соответственно, менее и более  $15^{\circ}$ . В их разрезе принимают участие деллювиальные суглинки, с дресвой и щебнем содержанием 20-40%, изредка с включениями андезитовых глыб. Мощность их составляет 2-4 метра, редко — до 5 метров. Они подстилаются слоями выветрелых пород, состоящих из обломков (дресвы и щебня) андезита, с суглинистым заполнителем, мощностью до 3-5 метров, ниже которых в коренном залегании находятся андезитовые породы, подстилаемые суглинистыми слоями с включениями дресвы и щебня мощностью 3-4 метра. Встречаются отдельные небольшие участки склонов с близким к поверхности залеганием андезитов.

В пятый тип объединены грунтовые толщи, слагающие выровненные слабонаклоненные водораздельные и примыкающие к ним пологие участки склонов. Как правило, с поверхности под почвенным слоем залегают деллювиально-вулканогенные образования.

Заключают разрез породы андезитового состава, часто находящиеся в выветрелом состоянии.

В пределах Южно-Курильска выделено четыре типа участков, различающихся по сейсмическим условиям: участки типа 1 — более 9 баллов; участки типа 2 и 3 — 9 баллов; участки типа 4 — неблагоприятные, исключаемые из застройки.

Наибольшие повреждения получили строящиеся в 60-х годах несейсмостойкие жилые дома на деревянных стойках ("стульях") — 2-4 степень (ул. Мира, 14; ул. Заводская, 9). Сильными повреждениями (3-4 степени) характеризовались так же отдельные одно-двухэтажные дома из бруса на деревянных стойках с сильным физическим износом (постройка 50-60-х годов); сильная деформация стен и полов, сопровождавшая осадку фундаментов (ул. Карева, квартал Рыбников — дома 1-10).

Однако, большинство несейсмостойких брусчатых домов, построенных в 70-80-х годах получило степень повреждения не более 1-2, редко — 3 (ул. Океанская, ул. Мира, квартал Рыбников — дома 11-20 и др.). Это отдельные деформации продольных и

поперечных стен, отдельные обрушения дымовых труб, сдвиг стен лестничной клетки в уровне фундаментов (3 степень, ул. Океанская), трещины в штукатурке стен, потолков, перегородок, обычно тонкие трещины в сопряжениях стен с лестничной клеткой, горизонтальные трещины между перекрытиями и стенками, трещины в фундаментах (Курильский проспект, квартал Юбилейный, ул. Советская и др.).

Для несейсмостойких каменных домов с деревянными перекрытиями характерны повреждения, в значительной мере связанные с физическим износом. Так, однотипные жилые каменные дома, возведенные в одинаковых сейсмогеологических условиях в 1965 г. (ул. Океанская, 5, степень амортизации 90%) и в 1987 г. (Метеостанция, 8) имеют соответственно 4 и 2 степень повреждения. Для первого дома характерны сквозные вертикальные и косые трещины в несущих стенах, сдвиги кладки стен, разрушение перемычек; для второго — тонкие трещины в несущих стенах и перемычках.

Для серии однотипных двух- трехэтажных панельных жилых зданий жесткой конструктивной схемы, комплексной конструкции на ленточных или кинематических фундаментах характерны повреждения 1, 2, 3 степени. Это — жилые дома в квартале 60-летия ВЛКСМ постройки 1983-1993 гг.

В большой мере повреждения 2-3 степени свойственны сравнительно локализованной группе домов (NN 15а, 17, 19, 4, 5, 8, 10, 13, 15, 6, 14, 18): сквозные трещины в фундаментах, стенах, ригелях, перемычках и перегородках, трещины в швах между панелями, в сборных перекрытиях и др.

Повреждениями 2 степени характеризуются дома NN 9, 11, 16: тонкие трещины в несущих стенах, в швах между плитами перекрытий, в перегородках.

Наконец, повреждения 1 степени свойственны домам NN 1, 20: редкие тонкие трещины в сопряжении стен с перекрытиями, во внутренних перегородках, в швах между плитами перекрытий.

#### *Поселок Дубовое (остров Кунашир).*

Участок расположен в северной части Дубово-Головинской структурной ступени, т. е. в южном опущенном крыле Восточно-Кунаширского регионального разрыва, выраженного у поверхности региональной флексурой. Вблизи от этого населенного пункта расположено несколько флексур юго-восточной ориентировки, служащих отражением погребенного разрывного оперения этого разрыва. Одна из таких флексур проходит примерно в 1 км северо-западнее от Дубового; другая — трассируется на его сред-



нюю часть примерно в 0,5 км к северо-востоку, третья — подходит к левобережью реки Головниной в 0,5 км к юго-востоку от Дубового, а ее вероятное продолжение отмечается на правом берегу этой реки в 1 км к юго-западу от Дубового. Непосредственно к западу от Дубового по спрямленному руслу реки Головниной можно предполагать зону повышенной трещиноватости северо-западной ориентировки, которая в 0,5 км к югу от дубового надстраивается флексурой той же ориентировки. Еще одна флексура северо-западной ориентировки подходит к Дубовому с юго-востока.

Застройка пос. Дубовое находится в однородных инженерно-геологических условиях — в пределах высокой морской террасы. Ровная ее поверхность располагается на абсолютных отметках 11-20 метров. Лишь самый восточный край застройки захватывает заболоченную поверхность речной поймы (тип Г), а юго-западный — склоны морской террасы крутизной более  $15^{\circ}$  (тип Д).

Грунтовые толщи, слагающие высокую морскую террасу относятся к типу В. Сверху залегают современные деллювиально-вулканические отложения, представленные суглинками, с гравием или галькой, мощностью от 0,5 до 2,4 метра. Их подстилает слой верхнечетвертичных морских песков различной степени зернистости, от пылеватых до крупных, с гравием, мощностью 5-7 метров.

Нижняя часть восточного склона террасы, прилегающая к высокой речной пойме, подтоплена. Грунтовые воды находятся на глубине 1,6-2,2 метра.

По сейсмическим характеристикам указанные грунты отнесены к средним грунтам (II категория по СНиП П-7-81) с приращением балльности  $\Delta J=0$ . С учетом нормативной фоновой балльности района сейсмичность данного участка составляет 9 баллов. К III категории по сейсмическим свойствам отнесена узкая полоса речной заболоченной поймы в восточной части территории и примыкающего к ней подтопленного участка морской террасы (уровень грунтовых вод 1,6-2,8 метра), где сейсмичность может превышать 9 баллов. К неблагоприятным в сейсмическом отношении отнесены восточные склоны террасы с крутизной больше  $15^{\circ}$ .

Разнообразными повреждениями характеризуются деревянные щитовые и из бруса жилые здания с бетонными фундаментами постройки 70-х годов. Это — раскрытие трещины в потолке, стенах, в сопряжении перекрытий со стенами, трещины вертикальные и косые до 1 см шириной в фундаментах. Местами стены потолка отошли от перекрытий. Наблюдается разрушение печей, дымовых труб. В отдельных зданиях (Молодежная, дома 27, 31) —

значительные трещины в потолках, прогиб потолков, отрыв стен от перегородок (3-4 степень), в основном же степень повреждения — 1-2.

*Поселок Горный (остров Итуруп).*

В тектоническом плане пос. горный расположен в юго-западной части Куйбышевской седловины, в пределах которой может быть выделен ряд более мелких блоковых структур, разделенных разрывами и флексурами. Наиболее высоким здесь является западный Грачевский блок. С северо-востока Грачевский блок ограничен более активным Горным сбросом от Стокового блока, к западу от которого располагается Дачная структурная ступень. Между Стоковым блоком и Дачной ступенью проходит Средне-Маловодненский сброс, который южнее переходит в одноименную флексуру.

Прямолинейность ручьев, некоторых перегибов рельефа, контуров распространения четвертичных отложений, краев локализации болотистых участков и т. п. позволяет предполагать здесь развитие в скальном цоколе, но, по-видимому, затрагивающие и чехол, зоны повышенной трещиноватости, погребенной под рыхлыми четвертичными отложениями. Они нередко располагаются на простирании некоторых разрывов (Горного, Стокового, Усть-Стокового сбросов), а потому можно предполагать и разрывные смещения на их продолжениях, погребенных под четвертичными отложениями.

Территория пос. Горный пересекается зоной, по-видимому, слабо активного в четвертичном периоде Горного сброса, к которому здесь причленяется Средне-Маловодненская флексура. Обе эти зоны могут отличаться некоторой подвижностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью и фильтрационной способностью.

Современная застройка поселка располагается практически в пределах распространения одного типа грунтовой толши, слогающего высокую морскую террасу и склон реки Хвойной. Поверхность этой территории слаботеррасированная, с крутизной до 15°, занимает абсолютные отметки от 20 до 78 метров. Сверху залегают вулканогенные-делювиальные отложения преимущественно суглинистого, реже глинистого состава, мощностью от 0,7 до 3,0 метров. Они перекрывают морские отложения различного литологического состава. Это в основном суглинки с включениями гальки и валунов, мощностью до 4 метров и галечники с валунами, суглинистым заполнителем, мощностью до 5-7 метров.

В пределах склона к реке Хвойной выделяются участками с разными уровнями залегания грунтовых вод: до 3 метров, от 3 до 5 метров и глубже 5 метров. Характер расположения этих участков относительно застройки дает возможность предположить, что помимо естественного питания объем грунтовых вод пополняется за счет утечек хозяйственно-бытовых вод.

Большая часть поселка расположена на склоне высокой морской террасы с отметками от 20 до 78 метров. Крутизна склона не превышает  $15^\circ$ . Здесь коренные породы перекрыты слоем делювиальных суглинков, мощность которых превышает 4 метра. Грунты относятся ко II категории по сейсмическим свойствам ( $\Delta J=0$ ;  $J=9$ ). Участок склона, примыкающий к борту долины, обводнен. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,3 до 5 метров и более ( $\Delta J = +0,5 \dots + 1,0$ ;  $J > 9$ ).

Основную часть жилой застройки Горного составляют сейсмостойкие 36-квартирные крупнопанельные трехэтажные здания постройки 1980-88 гг.

При землетрясении здания получили повреждения 1-2 степени. К первым относятся, в основном, отдельные тонкие трещины в самонесущих стенах и сопряжениях, единичные отколы раствора в наружных стыках панелей. К повреждениям второй степени следует причислить более частые отколы раствора в наружных стыках панелей, тонкие трещины в отдельных несущих панелях, трещины в перегородках.

Повреждения 2-3 степени получили построенные в 80-х годах мелко- и крупноблочные здания с сейсмическими поясами (магазин, клуб, школа). Это — отколы раствора в стыках блоков, отдельные сквозные трещины в продольной несущей стене (магазин), мелкие трещины в сейсмических поясах, трещины в блоках несущих стен, сквозные трещины в перегородках.

Сопоставительный анализ макросейсмических последствий Шикотанского землетрясения, выполненный по отдельным населенным пунктам, и в целом, показал следующее\*.

Типизация зданий по шкале MSK-64 во многом носит формальный характер.

\* Кофф Г. Л., Котлов В. Ф., Карагодина М. В. и др. Сейсмотектонический и инженерный анализ макросейсмических последствий Шикотанского землетрясения 5.10.1994 г. // Сб. трудов отд. ГЭИ МАИ и ИЛСАН: Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995. — С. 64-74.



Помимо конструктивных признаков здесь огромное значение имеют качество строительства, особенности эксплуатации и физическая амортизация зданий со временем, тем большая, чем ниже качество строительства и хуже методы эксплуатации. Большие площади, занимаемые слабыми грунтами в основании зданий в Крабовозводском (по сравнению с Малокурильским), так же, по-видимому, сыграли некоторую роль в более существенном износе зданий различных типов до землетрясения. Однако, главная причина, видимо, в том, что большинство зданий в Крабовозводском эксплуатировались сезонниками, что привело к их значительной дополнительной амортизации.

С позиций уточнения классификации зданий по степени сейсмической уязвимости необходимо учитывать так же такой мощный фактор предшествующих воздействий как бомбежки. По свидетельству эксперта ООН проф. Г. Тилеманна, высказанному в 1995 г., значительная часть зданий в г. Кобэ, сильно поврежденных или разрушенных при землетрясении в 1995 г., подвергалась в 1945 г. сильной бомбардировке со стороны американской авиации. Поэтому, например, при разработке макросейсмической шкалы для г. Грозного целесообразно будет учесть степень военной поврежденности зданий, в особенной мере это касается, вероятно, каркасных и крупноблочных зданий. При инвентаризации таких зданий, наряду с оценкой конструктивного типа и качества строительства, целесообразно учитывать время возведения здания, степень физического износа, степень поврежденности при предыдущих землетрясениях, степень военной поврежденности.

Выполненный анализ показал существование выраженных, хотя и не однозначных, связей между степенью поврежденности при землетрясении однотипных зданий, находящихся в схожих сейсмогеологических и геоструктурных условиях, и расстоянием до ближайшего "живущего" разлома.

Для жестких сейсмостойких зданий трех-пяти этажей эта связь наиболее заметна (Южно-Курильск, Горный) и описывается схожими распределениями степени поврежденности. Еще более заметной оказалась подобная связь в Горячем Ключе.

Для жестких зданий отсутствует "эффект разломной тени", связь между степенью поврежденности и расстоянием от здания до условной оси ближайшего разлома оказывается прямой на всем участке. Для зданий других типов, особенно несейсмостойких (главным образом, сильно амортизированных) существует пространство вдоль разлома ("разломная тень") шириной от 30-50 (Шикотан) до 50-100 метров (Кунашир), в пределах которой эф-

факт влияния разлома на дополнительную поврежденность зданий при землетрясении не зафиксирован. Можно предположить, что ширина тени сужается при увеличении интенсивности сейсмического события.

С учетом "тени" наибольшую зависимость поврежденности от близости к разлому обнаруживают наиболее несейсмостойкие здания.

Для большинства территорий более значительно с "разломностью" связаны здания со средней поврежденностью (3 степени), здания со слабой поврежденностью (1-2 степень) не обнаружили явной зависимости от локальных тектонических факторов (за исключением жестких зданий).

Обследования на Курильских островах зданий, поврежденных при землетрясении 5 октября 1994 г., геологический, сейсмологический, тектонический и инженерный анализ полученных данных дали важный материал для совершенствования норм и правил сейсмостойкого проектирования и строительства, а, следовательно, и для обеспечения сейсмической безопасности населения. Был установлен ряд новых факторов. В их числе: сильные повреждения фундаментов зданий, особенно на Шикотане; заметное влияние локальных тектонических факторов не только на общую поврежденность зданий, но и на поврежденность фундаментов.

Выполненные исследования позволяют уточнить предложенные ранее номограммы для установления ширины зоны динамического влияния разрывных нарушений.

Результаты анализа показывают необходимость проведения дополнительных исследований, в том числе: изучения разломов на исследованных площадках, установления их параметров, степени взаимовлияния и др.; выполнения дополнительных исследований сейсмостойкости зданий различных типов, в первую очередь, каркасных железобетонных зданий, амортизированных каменных и деревянных зданий и др.; донзучения оценки влияния на сейсмический эффект грунтовых условий.

Проведенная работа позволяет внести определенный вклад в разработку оптимальных конструктивных решений зданий в зонах, прилегающих к тектоническим нарушениям в сейсмоактивных областях.

### *Нефтегорское землетрясение 28.05.1995 г.*

Обследование зданий и сооружений произведены группой специалистов в составе: Г. Л. Кофф, В. Ф. Котлов — Институт литосферы РАН; Я. М. Айзенберг, А. М. Мелентьев — ЦНИИСК; Тен Су Мун, Е. А. Ладонцев — Сахалингражданпроект.

28 мая 1995 г. в 01 час. 04 мин. местного времени у северо-восточного побережья Сахалина произошло сильное землетрясение с магнитудой 7,1-7,2 по шкале Рихтера. По данным сахалинских сейсмологов координаты главного толчка — 52,9° северной широты, 143,3° восточной долготы, глубина очага 15-20 км.

Землетрясение проявилось всюду на севере Сахалина и во многих пунктах на прилегающей части материка, наиболее тяжелые последствия оно вызвало в пос. Нефтегорске, расположенном в 25-30 км западнее эпицентра главного толчка, где полностью разрушено значительное число зданий и сооружений, имеются многочисленные человеческие жертвы.

Рассмотрим основные черты геологического и инженерно-геологического строения Северного Сахалина. Для территории острова в мезозойский период характерно унаследованное развитие геосинклинального пояса. В кайнозое это развитие продолжилось с отнесением геосинклинального процесса на восток, в сторону Тихого океана, а области, занятые палеозойскими и более древними структурами, испытали сводовые и сводово-глыбовые поднятия. В результате все кайнозойские отложения претерпели складкообразование и приобрели пологую, а иногда (например, в Западно-Сахалинских горах) и линейную складчатость. В пограничных со впадинами поднятиях одновременно с погружением происходила вулканическая деятельность.

В плиоцен-плейстоценовое время резко активизировались неотектонические движения и началось омоложение рельефа, в позднем же плейстоцене имели место лишь сводовые и сводово-глыбовые поднятия. В результате этого возникли четко выделяющиеся в рельефе такие структурные формы как хребты-антиклинории с большими радиусами кривизны (Западно-Сахалинские горы), межгорные впадины типа грабен-синклинали (Тынь-Поронайская депрессия) и пр. Древние же структурные элементы имеют различную степень выраженности в рельефе. Значительно приподнятые геотектоническими движениями, эти элементы подверглись сильному расчленению, в связи с чем в настоящее время



они наиболее выражены в геоморфологическом отношении. Зависимость современного рельефа от особенностей древних структурных форм наиболее четко проявляется в совпадении направлений Западно-Сахалинских и Восточно-Сахалинских гор с простиранием складчатых и разрывных структур.

Интенсивный геотектонический процесс обратного знака в значительной мере сказался в том, что древняя береговая линия Сахалина на востоке оказалась под водой, лежащей на глубинах в несколько сот метров. В этом отношении западный берег является более стабильным. До недавнего времени он был соединен с материком, что доказывается залеганием на дне пролива Невельского затопленных молодых торфяников. Имеются так же примеры знакопеременных движений, приведших к незначительным изменениям рельефа.

Крайний Север Сахалина (Охинский район), где расположены основные обследованные населенные пункты, наложенного на разнородный складчатый фундамент и постоянно погружающийся (наиболее интенсивно на востоке) на протяжении всего неогена, вследствие чего сформировалась мощная (1-9 тыс. метров) толща неогеновых терригенных осадков, образующих пологие брахиструктуры. Среди них выделяются осадки флишовой ( $N_1^3$ - $N_2^1$ ) формации морского генезиса и молассовой формации ( $N_1^3$ - $N_2$ ) прибрежно-морского происхождения. Поверхностные четвертичные отложения преимущественно маломощны (до 3 метров, редко до 10-20 метров) и представлены в долинах рек аллювиальными отложениями, а вдоль морского побережья — морскими и аллювиально-морскими отложениями.

Флишная формация позднего миоцена — раннего плиоцена включает переслаивающиеся глины, пески и алевроиты, аргиллиты и слабцементированные песчаники общей мощностью 2000-3500 метров. Среди перечисленных пород встречаются гнездообразные скопления псаммитового и гравийно-галечникового материала и редкие прослойки крепких известковых песчаников. Мощности слоев изменяются от 0,5 до 30 метров. На Охинском перешейке и в пределах Паромайской структуры в составе формации резко преобладают глины и алевроиты. Пески данной формации неоднородны по гранулометрическому составу, глинистые и пылеватые. Они характеризуются средними значениями плотности  $2,64 \text{ г/см}^3$ , объемной массы  $1,74 \text{ г/см}^3$ , пористости 38%. Угол естественного откоса равен  $35^\circ$ , а под водой  $24^\circ$ .

Молассовая формация позднего миоцена-плиоцена представлена мощной (1000-4500 метров) регрессивной толщей практи-

чески недислоцированных пород морского и прибрежно-морского генезиса. Она сложена преимущественно песками с резко подчиненными прослоями глин, алевролитов, слабоспециализированных песчаников, алевролитов, с линзами галечников и гравелитов. Породы насыщены обуглившимся дейtritом и рассеянной галькой. Изредка встречаются прослойки крепких ожезвенных и жестковатых песчаников мощностью от 0,5 до 50 метров. Пески, как правило, тонко- и мелкозернистые с небольшим содержанием пылеватых и глинистых частиц и редким включением гравия и гальки. Плотность их составляет 2,6-2,7 г/см<sup>3</sup>, объемная масса — 1,22-1,40 г/см<sup>3</sup>, пористость варьирует в пределах от 16 до 37%, угол естественного откоса равен 35°, а под водой 24°. В водонасыщенном состоянии пески проявляют пльвунные свойства.

Верхнечетвертичные — современные аллювиальные отложения развиты в пределах долин всех рек и имеют характерное двухчленное строение. пойменная фракция состоит преимущественно из суглинков, реже глин, супесей и песков. Мощность ее не превышает 1-2 метра. В составе руслового аллювия преобладают крупные и гравелистые пески.

Верхнечетвертичные — современные морские и аллювиально-морские отложения слагают прибрежную изменчивость Охотского моря. Они представлены, главным образом, песками с прослоями и линзами глин, суглинков, галечников и илов. Мощность их на западном побережье составляет 25-50 метров, а на восточном — 10-20 метров. Пески имеют различный гранулометрический состав, включают гальку и гравий до 45%. На восточном побережье преобладают гравелистые, крупные и средней крупности, реже пылеватые и мелкие пески с незначительным содержанием пылеватой и глинистой фракции, а на западном — мелко- и среднезернистые, пылеватые, слоистые, рыхлые. На поверхности низкой террасы (2-3 метра) они образуют дюны и гряды. В водонасыщенном состоянии мелкие пылеватые пески проявляют пльвунные свойства. Глины и суглинки образуют прослойки мощностью 0,02-1,0 метров, иногда включают гальку, тонкие линзы песка. По консистенции они пластичные и вязкие. Илы часто слагают линзы мощностью 0,1-0,3 метра.

На водораздельных участках и пологих склонах развиты преимущественно аллювиально-делювиальные, элювиальные и делювиальные отложения. Они представлены неслоистыми песками с включениями гальки и гравия. Среди песчаных отложений в основном отмечаются мелкозернистые разновидности.



Северо-Сахалинский прогиб представляет собой артезианский бассейн равнинного типа. Водоносные горизонты мощностью от 10 до 200 метров развиты в слоях песков и песчаников, разделенных глинистыми водоупорами. Грунтовые воды распространены в четвертичных отложениях и ближайших к поверхности слоях неогеновых толщ. Мощность горизонтов грунтовых вод не превышает 50 метров. В долинах рек уровень грунтовых вод находится на глубинах от долей метров до 3 метров, на морских и аллювиально-морских террасах — 2-6 метров, на равнинных междуречьях — 10-20 метров, в пределах гряд — до 40 метров. Амплитуда колебаний уровня составляет не более 1 метра, а в пределах гряд достигает 2-3 метра.

Значения коэффициента фильтрации водовмещающих пород составляют: 0,01-0,5 м/сут в глинистых песках и супесях, 0,5-10 м/сут в мелко- и среднезернистых песках, 4-50 м/сут в крупнозернистых и гравелистых песках. Грунтовые воды слабо минерализованы (не более 0,1 г/л), по составу хлоридно-гидрокарбонатные или гидрокарбонатные смешанные по катионам, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью к бетону и корродирующими свойствами по отношению к металлу. Напорные воды вскрываются скважинами на глубинах от ста до нескольких тысяч метров.

Интенсивные восходящие неотектонические движения, а также ливневый характер осадков обуславливает широкое развитие эрозионных процессов. В низменностях и предгорьях наблюдается боковая эрозия. Так, в пределах Северо-Сахалинской равнины средняя скорость этого процесса составляет 0,2-1,0 метров в год. На относительно крутых склонах отмечается деятельность временных водотоков с образованием рытвин и борозд. К склонам долин и морскому побережью приурочены оползни; в основном преобладают мелкие оползни-оплывины мощностью 1-2 метра. На песчаных морских побережьях наблюдаются золовые процессы, приводящие к формированию дюн. В особенности этот процесс развит на западе Северо-Сахалинской равнины. Как правило, дюны закреплены растительностью, однако, нарушение ее и уничтожение в результате хозяйственной деятельности и пожаров приводит к активизации золового процесса. Заболачивание в виде обширных (до нескольких сот квадратных километров) верховых болот проявляется в низменных аккумулятивных равнинах. Из-за сезонного промерзания-протаивания на болтах происходит тучение и течение торфов. На западе Северо-Сахалинской равнины так же раз-



нит термокарстовый процесс, вследствие которого образуются неглубокие (0,5-1,5 метра) впадины, занимаемые озерами.

Согласно Временной схеме сейсмического районирования Сахалинской области, составленной в июле 1995 г., все обследованные населенные пункты относятся к девятибалльной зоне.

В пределах прибрежной низменности, сложенной морскими четвертичными осадками, расположены обследованные населенные пункты Москальво и Восточный-1.

Территория поселка Москальво приурочена к низкой морской террасе и сложена с поверхности мелкими и средними песками. На отдельных участках за счет перевывания песков образованы дюны. Грунтовые воды здесь залегают достаточно близко от поверхности — на глубинах до двух метров. Практически вся застроенная часть является подтопленной.

Поселок Восточный-1 находится на высокой аллювиально-морской террасе. В основном здесь залегают песчаные толщи с линзами суглинков верхнечетвертичного-современного возраста (ам III-IV). Пески преимущественно пылеватые, встречаются и более крупные разности — до среднезернистых. В отдельных местах с поверхности залегают торфы. К ним, как правило, приурочен процесс подтопления. На остальной территории грунтовые воды отмечаются на глубинах ниже 5 метров.

Поселки Колендо, Некрасовка, Сабо и Тунгор находятся на территории распространения мезоцен-плиоценовой молассовой формации. Преимущественно песчаный ее состав обуславливает характер пород, слагающих приповерхностный слой. В пос. Колендо в основном развиты мелко- и среднезернистые пески, а также аллювиально-делювиальные супеси. На отдельных участках песчаные толщи включают линзы суглинков. Изыскательскими скважинами до глубины 8 метров не обнаружено грунтовых вод. Аналогичные грунтовые условия отмечены в пос. Некрасовка и Сабо. В последнем в песчаных толщах встречаются линзы гравелистого песка. На одном из участков пос. Некрасовка грунтовые воды зафиксированы на глубине 4-5 метров. В пос. Тунгор неогеновая терригенная толща представлена переслаиванием песков, супесей и суглинков, залегающих моноклиально. Поверхностные аллювиально-делювиальные отложения отражают состав подстилающих пород. Буровыми скважинами до глубины 10 метров грунтовых вод не обнаружено.

В пределах области развития флишовой формации располагаются г. Оха и пос. Эхаби. Верхняя часть неогеновой толщи состоит из слоев песков, супесей, суглинков, глин, слабопрочных

песчанников и алевролитов различной мощности. В породных массивах, разделенных между собой разломами, слои наклонены под разными углами. Четвертичные отложения представлены элювиально-делювиальной толщей, развитой по неогеновым породам, и аллювиальными отложениями песчаного и суглинистого состава, частично перекрытыми торфами. На отдельных участках в г. Охе наблюдается залегание грунтовых вод менее трех метров, на остальной же территории (как и в пос. Эхаби) они встречаются на глубинах 8-11 метров.

Кроме Нефтегорска, в зоне воздействия землетрясения оказалось много населенных пунктов Северного Сахалина: г. Оха, пос. Тунгор, Ноглики, Москальво, Колендо, Эхаби, Восточный-1, Некрасовка, Сабо, Рыбновск, Китангли и др.

По предварительным данным характер разрушения жилых и общественных зданий в населенных пунктах и деформация грунта показывают следующую интенсивность землетрясения: пос. Нефтегорск — 9 баллов (по мнению ряда специалистов 8-9 баллов, а по другим оценкам — выше 9 баллов); г. Оха — 6-7 баллов; пос. Сабо и Тунгор — 7 баллов; пос. Колендо и Москальво — 5 баллов; пос. Восточный-1, Некрасовка, Эхаби — 5-6 баллов.

На территории Сахалинской области действующими нормами были выделены районы с фоновой сейсмичностью: Курильские острова — 9 баллов; Сахалин — 7 баллов и 6 баллов. При этом сейсмичность района о. Сахалин по нормам разных лет (СНиП П-А.12-62, СНиП П-А.12-69, СНиП П-7-81) для ряда населенных пунктов области неоднократно менялась. Так, сейсмичность Поронайска по нормам 1962 г. — 6 баллов, 1969 г. — 7 баллов, 1981 г. — снова 6 баллов; сейсмичность гг. Охи и Александровска по нормам 1962 г. — 6 баллов, 1969 г. — 7 баллов; сейсмичность пос. Кировское и Тымовское по нормам 1962 г. — 6 баллов, 1981 г. — 7 баллов; сейсмичность г. Макарово по нормам 1962 г. — 7 баллов, 1981 г. — 6 баллов. Изменялась сейсмичность по нормам и для многих других населенных пунктов.

Это привело к тому, что в некоторых населенных пунктах, где сейчас сейсмичность 7 баллов, до 1969 или до 1981 г. строили здания без антисейсмических мероприятий. И, наоборот, в других населенных пунктах, где нормативная сейсмичность была 7 баллов (фактическая — 6 баллов) до сих пор вынужденно проектировались и строились здания с антисейсмическими мероприятиями.

#### *Нефтегорск.*

Нефтегорск расположен в 90 км южнее Охи. Застройка велась с 60-х годов в связи с необходимостью создания вахтового



поселка для нефтедобычи. Строительство началось в 1964-65 гг. За 30 лет были возведены 17 пятиэтажных 80-квартирных жилых домов (1967-1971 гг.), 4 двухэтажных кирпичных и крупноблочных дома (1979-1983 гг.), одноэтажный коттедж на 3 семьи, 4 двухэтажных детских сада (строительство середины 60-х годов), двухэтажные здания столовой, поликлиники с амбулаторией, нефтегазодобывающего правления "Востокнефтегаз", магазины, Дома культуры, 3-этажная кирпичная школа со спортзалом (середина 60-х годов), одноэтажные здания котельной, мастерских и несколько десятков одноэтажных деревянных дачных домов.

Площадка строительства располагается на левобережье реки Кадылань, на водоразделе левых притоков. Рельеф площадки равнинный. Грунты представлены мелкими и пылеватыми (к низу средней крупности) песками мощностью более 10 метров, пески в основании фундаментов — от слабовлажных и влажных до водонасыщенных. В скважинах, пробуренных в районе клуба, в пределах 10-метровой приповерхностной толщи встречены мелкие водонасыщенные пески с пльвунными свойствами (6,5 метров). В центральной части площадки грунтовые воды встречены на глубинах 3-4,5 метра, хотя в примечаниях на проектных чертежах содержится запись, что до глубины 6 метров от поверхности грунтовые воды отсутствуют.

К югу и востоку от центра площадки грунтовые воды встречены на глубинах до 1,5 метров. Изыскания 1982 г. подтвердили сведения 60-х годов о высоком уровне грунтовых вод, зафиксировав зеркало подземных вод на 3-4 (6) метрах от поверхности. Согласно СНиП П-7-81 грунты пос. Нефтегорск по сейсмическим свойствам относятся ко II-III категории.

На характер и степень повреждения зданий и сооружений в Нефтегорске повлияли близость поселка к эпицентру, низкое качество строительства, недооценка сейсмических свойств грунтов и отсутствие в связи с этим у многих зданий антисейсмического усиления.

*Наиболее сильно пострадали 5-этажные крупноблочные жилые дома, они оказались полностью разрушенными.*

Все 17 разрушенных зданий были построены по типовому проекту 1-447С-5/60, разработанному Гипропромом и привязанному Охинским филиалом Сахалингипропрома.

Серия предназначается для применения в I и II климатических районах, "исключая сейсмические районы, районы вечной мерзлоты и горных выработок". Жилые дома NN 5, 9, 12, 13 и 19 были привязаны Сахалингипропромом в 1965 г. по типовому про-



екту 1-447С-3/60. следует отметить, что привязка 5-этажных зданий осуществлялась в то время, когда Охинский район по СНиПу относился к 6-балльным, поэтому антисейсмические мероприятия отсутствуют полностью. 80-квартирные крупноблочные жилые дома двухрядной разрядки имели размеры в плане 12х67,2 метров, высоту 18,6 метра и подвал с продольными и поперечными несущими стенами с шагом 6; 2,4; 8,4; 16,8 метров.

Фундаменты — сборные бетонные блоки М100 толщиной 400 мм на растворе М25 на фундаментных железобетонных подушках с глубиной заложения -3,6 метра, -4,3 метра, -4,51 метра.

Наружные стены — сборные керамзитобетонные блоки толщиной 400 мм М75 на растворе М25.

Внутренние несущие поперечные стены — кирпичная кладка толщиной 380 мм из кирпича М75 на растворе М25, по оси В продольная несущая стена — бетонные блоки с заделкой отдельных мест кирпичной кладкой. В местах пересечения несущих продольных и поперечных стен предусматривалось армирование Т и Г-образными арматурными сетками.

Перегородки междукомнатные и междуквартирные — железобетонные М150 толщиной 100 и 200 мм соответственно. Полы дощатые толщиной 37 мм по деревянным балкам сечением 100х150 мм. Арматурные выпуски поясных и перемычных блоков соединены между собой сваркой.

Диски перекрытий и покрытия сформированы из железобетонных круглопустотных плит, которые крепились через одну между собой при помощи скруток из проволоки, пропущенной через монтажные петли.

Крыша совмещенная, кровля — четырехслойный рубероидный ковер. Некоторыми особенностями отличался дом N20 гостиничного типа, привязанный по типовому проекту 1-447С-17.

Конструктивно все пятиэтажные здания состояли из сборных крупных керамзитобетонных блоков с железобетонными плитами покрытий. По данным, выполненных после землетрясения лабораторных испытаний, фактическая несущая способность керамзитобетонных блоков составила 26 кг/см<sup>2</sup> вместо 75 кг/см<sup>2</sup> по проекту.

В непосредственной близости к разрушенным пятиэтажным жилым зданиям располагаются четыре двухэтажных кирпичных и крупноблочных жилых зданий, построенных в Нефтегорске в 1979-1983 гг., когда поселок в соответствии со СНиП П-7-81 был отнесен к 7-балльной зоне. Здания возведены с учетом антисейсмических мероприятий, имеют 4 продольные несущие стены, шаг поперечных стен 3,2 метра. Конструктивное решение двухэтажно-

го двухсекционного 12-квартирного жилого дома принималось по типовому проекту 114-52-166С/1, разработанному в 1977 г. институтом "Кавграждансельпроект" для сейсмических районов и привязанному СахалинНИПИНефтегазом в конце 70-х начала 80-х годов. Расчетная сейсмичность площадки принималась равной 7 баллов. Грунты в основании фундаментов — пески пылеватые средней плотности.

Кирпичное здание решено в жесткой конструктивной схеме с несущими продольными и поперечными кирпичными стенами с облицовкой наружных стен офактуренным керамзитобетонным камнем. Дом имеет размеры в плане в осях 12,8х32,8 метров с высотой этажа 3 метра.

Фундаменты — из сборных бетонных блоков и железобетонных подушек. По верху железобетонных подушек предусмотрен антисейсмический пояс 86 А-1.

Наружные и внутренние стены — кирпичная кладка II категории из кирпича М75-100 на растворе М50. С наружной стороны стены выполнены из офактуренного керамзитобетонного камня М75 на растворе М50, толщина наружных стен — 640 мм (450+190), внутренних — 380 мм. Все примыкания внутренних стен к наружным армируются арматурными сетками через 600 мм по высоте, наружные стены армируются по всему периметру.

Перегородки — кирпичные армированные толщиной 65 и 120 мм и железобетонные толщиной 80 мм в деревянном каркасе.

Междуэтажное перекрытие — из сборных железобетонных плит, заанкеренных в антисейсмические пояса.

Лестницы — сборные железобетонные ступни по металлическим косоурам.

Крыша — скатная из асбестоцементных листов обычного профиля по деревянным стропилам и сплошной обрешетке. Элементы стропил соединены между собой металлическими элементами, мауэрлат крепится при помощи анкеров, выпущенных из антисейсмических поясов.

12-квартирные крупноблочные жилые дома построены по типовому проекту 113-123, разработанному ЛенЗНИИЭП для сейсмических районов и привязанному "СахалинНИПИНефтегазпром". Здания двухрядной разрядки с размерами в плане в осях 12,6х32,4 метра, высотой 9,02 метра, с подвалом и глубиной заложения -3,23 метра. Шаг продольных стен — 6,3 метра, поперечных — 2,7; 6,3 и 9,9 метра. Фундаменты — ленточные бетонные толщиной 400 мм и 450 мм по железобетонным подушкам, по вер-



ху фундаментных плит предусмотрен антисейсмический шов (цементный раствор М100 и арматурная сетка С1).

Наружные стены выше 0,0 двухрядной разрезки из керамзитобетонных блоков толщиной 500 мм, внутренние стены однорядной разрезки из бетонных блоков толщиной 300 мм.

Перемышечные и поясные блоки — армированные и имеют закладные детали для связи с простеночными блоками и перекрытием. Блоки внутренних стен крепятся между собой на сварке металлических пластин с закладными деталями. Вертикальные пазы наружных стен заполняются керамзитобетоном М75, внутренние — тяжелым бетоном М100 на гравии. Лестница — из сборных железобетонных маршей и площадок, перегородки — армокирпичные из кирпича М75 на растворе М25, межкомнатные — сборные железобетонные толщиной 80 мм.

Диски перекрытия сформированы из железобетонных круглопустотных плит шириной 1,0; 1,2; 1,5 и 1,8 метров, уложенных на растворе М50, швы заделываются раствором М100. В уровне диска перекрытия предусмотрен антисейсмический пояс из керамзитобетона М200. Монолитные участки выполняются из бетона М200. Кровля — скатная из асбестоцементных листов по деревянным стропилам и обрешетке.

Степень повреждения двухэтажных зданий с антисейсмическим усилением — первая-вторая. Характерные повреждения: вертикальные и горизонтальные трещины между блоками и перемычками; косые трещины в перегородках; повреждения печей, вертикальные трещины в местах сопряжения стен; частичные повреждения печных труб; смещение входных козырьков (на одном из подъездов произошло обрушение входного козырька).

Находящиеся в Нефтегорске 80 деревянных одноэтажных дачных домов практически не пострадали и имеют нулевую степень повреждения.

Сильные повреждения получило здание школы. Основная часть школьного комплекса представляет трехэтажное кирпичное здание со сборным железобетонным перекрытием. Параллельный отсек, соединенный с основным зданием переходом, представлял большепролетную конструкцию спортивного зала. Школьный комплекс не имел антисейсмического усиления и получил повреждения четвертой-пятой степени: частичные обрушения несущих стен, обрушение значительной части самонесущих стен, значительные повреждения и обрушения перегородок, обрушение покрытия актового зала, полное обрушение конструкций спортивного зала.



В конце 60-х, начале 70-х годов в Нефтегорске были построены четыре двухэтажных детских сада: со стенами из крупных керамзитобетонных блоков и каркасные с навесными панелями. Несмотря на отсутствие антисейсмического усиления, здания детских садов перенесли землетрясение, получив степень повреждения не более 2-3. Характерные повреждения: трещины до 4 мм между блоками в наружных несущих стенах, вертикальные трещины в местах сопряжения стен, отслоение штукатурки, диагональные и X-образные трещины в поперечных стенах и перегородках.

Значительные повреждения до полного обрушения получили несейсмостойкие двухэтажное каркасное здание магазина и каркасное здание Дома культуры.

Полностью разрушенным оказалось двухэтажное каркасно-панельное здание НГДУ "Востокнефтегаз". Здание выполнено по проекту, в котором предусматривались антисейсмические мероприятия.

Несколько выполненных без антисейсмических мероприятий одноэтажных зданий вспомогательных производств (мастерские, гаражи и др.) со стенами из мелкоштучных керамзито-шлакоблоков получили повреждения не более 2 степени.

#### *Поселок Сабо.*

Пос. Сабо находится от эпицентра в 35-40 км. В составе застройки выделяются двухэтажные сейсмостойкие здания типа С7, с той же конструктивной схемой, что и подобные здания в Нефтегорске, одноэтажное сейсмостойкое здание столовой постройки 1981 г. (тип С7), несколько амортизированных деревянных двухэтажных зданий (тип В). И те, и другие преимущественно получили вторую степень повреждений, реже — третью. Третью степень повреждений получили несейсмостойкие каменные здания: двухэтажный дом культуры, построенный в 1972 г., и средняя школа 1967 г. строительства. В здании школы на продольных наружных стенах наблюдаются значительные трещины по высоте здания, сквозные трещины в верхних углах от карниза до середины уровня проема верхнего этажа, сквозные трещины в пересечениях поперечных стен с продольными, в местах примыкания стен к перекрытиям. Многочисленные сквозные трещины (наклонные, вертикальные, горизонтальные) наблюдается во внутренних перегородках.

#### *Поселок Колендо.*

Пос. Колендо располагается в 100 км от эпицентра, 25 км к северу от Охи. Обследованы 12 четырехэтажных крупноблочных

здания серии I-447С 1964-65 гг. строительства, мелкоблочное с железобетонными перекрытиями несейсмостойкое здание школы 1965 г. постройки, несейсмостойкие каменные здания АТС, поликлиники, котельной, клуба и детсада. Преобладающая степень повреждения — вторая. Не получил никаких повреждений четырехэтажный крупнопанельный жилой дом.

#### *Поселок Тунгор.*

Пос. Тунгор расположен между Охой и Нефтегорском, в 60 км к северу от эпицентра землетрясения.

В поселке обследованы 2 пятиэтажных и 9 трехэтажных крупноблочных жилых дома серии I-447С, построенных до 1974 г. без антисейсмических мероприятий. Степень повреждения большинства обследованных домов — вторая.

Сильные повреждения (3 степени) получила двухэтажная крупноблочная начальная школа 1965 г. строительства. Кирпичное здание школы состоит из 3 блоков: 1 двухэтажного и 2 одноэтажных. Здание облицовано офактуренными керамзитобетонными блоками. При землетрясении в здании школы произошел обрыв торцевой стены с раскрытием вертикальных трещин до 3 см, появились трещины до 3 мм в швах между блоками и перемычками, в лестничных клетках, произошел перекос дверей в перегородках.

Значительные повреждения (до 3 степени) получило двухэтажное крупноблочное здание клуба: сквозные трещины в опорных стенках, в местах примыкания высотной части к фасадной.

#### *Поселок Оха.*

Частная застройка в основном представлена деревянными домами из бруса, реже шитовыми. Из обследованных 490 домов видимых повреждений не имеют 313. Повреждения 1 степени отмечаются у 64, 2 степени — у 72 домов. 40 домов характеризуются 3 и один дом — 4 степенью поврежденности. Характерные повреждения 1-2 степени — трещины в сопряжениях перегородок, в примыкании печки и трубы к перегородке, сдвиг кладки домовых трубы, разнообразные трещины в штукатурке стен и потолка, осыпание штукатурки, проседание полов, реже — разрушение дымовых труб, трещины в сопряжении стен и перегородок с потолком, проседание углов дома.

У домов 3 степени поврежденности отмечаются разрушение печных труб, сильная деформация стен, раскрытые трещины по стенам и перегородкам, значительная просадка полов, отдельные провалы крыши (ул. Панфилова NN 17, 19, год постройки — 1956, ул. Ладо NN 17, 18, 22, 29, 50 — 1958-1964 гг., ул. К. Маркса N2 —



1950 г., ул. Спортивная N 21 — 1947 г., пер. Парковый NN 8, 10—1940-1942, ул. Комсомольская N30 — 1937 и др.). У дома N 26 по ул. Панфилова повреждения выражены в наиболее значительной степени — сильная деформация стен, провисание потолка, просадка пола.

Анализ геологических материалов показывает, что степень поврежденности не связана с локальными тектоническими инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, а контролируется степенью физического износа зданий. Как правило, повреждения 2-3 степени получили дома, построенные до 70-х годов, главным образом в 30-60-х гг. У многих зданий физический износ усугубился из-за низкого качества строительства.

*Серия 1-447С.*

Обследовано 29 домов, построенных в 1959-1971 гг., в том числе одно здание, возведенной в 1975 г., т. е. значительно позже отнесения Охи к 7-балльной зоне, пятиэтажный пятисекционный крупноблочный жилой дом N 7 по ул. Ленина. Повреждения первой степени получили 6 зданий, второй степени — 7 зданий, третьей степени — 16 зданий. Более легкие повреждения представлены трещинами в сопряжении несущих стен, по швам блоков, в лестничных клетках, смещениями лестничных маршей, трещинами в швах плит перекрытий, разрушениями домовых блоков, горизонтальными трещинами в цоколе.

К повреждениям 2-3 степени относятся раскрытые трещины (до 5-10 мм) по вертикальным и горизонтальным стыкам стеновых панелей, нарушение стыков между плитами перекрытия с полным отслоением раствора и отделочного слоя (ул. Дзержинского N 33, ул. Советская N 2, ул. Комсомольская N 41), вертикальные трещины в опорной части перемычек, косые трещины в перегородках и стенах, нарушения крепления перегородок к стенам и потолкам и др. В доме N 7 по ул. Ленина в торцевых стенах в перекрытиях наблюдаются трещины вдоль наружных блоков глубиной до 20 см и шириной более 3-5 см, по внутренним продольным стенам разошлись швы между блоками, наблюдаются глубокие трещины в стыках плит перекрытия. Часть зданий серии 1-447С находится в аварийном состоянии (с повреждениями до 3 степени). Однако, все несейсмостойкие крупноблочные здания, учитывая нефтегорский опыт, должны быть выведены из эксплуатации.

*Серия 1-464А* (крупнопанельные здания без антисейсмических мероприятий). Обследовано 37 зданий, из которых первую степень повреждений получили 6, вторую — 24, вторую и третью — семь. Повреждения представлены повсеместными вертикальными



и горизонтальными трещинами по стыкам панелей, трещинами в сопряжениях плит перекрытия, в их примыканиях к стенам, в стенах лестничных клеток, в перегородках. Более заметные повреждения получили значительно амортизированные здания. Так, в доме N 28/1 по ул. К. Маркса постройки 1960 г. сильно деформированы панели торцевой стены на уровне 2-3 этажей, с выступом за грань стены до 4 см (2 степень). У ряда зданий наблюдается выкрашивание раствора из швов наружных стеновых панелей. В целом крупнопанельные несейсмостойкие здания лучше перенесли землетрясение, чем дома серии 1-447С, что еще раз подтвердило более высокую конструктивную надежность крупнопанельных зданий.

*Серия 123* (крупноблочные здания с антисейсмическим усилением). Всего обследовано 85 зданий, из них первую степень повреждений получили 38 зданий, вторую — 40, вторую-третью степень — 8 зданий. Повреждения первой-второй степени представлены отдельными трещинами в опорных элементах лестничных клеток, вертикальными и горизонтальными трещинами в сопряжениях стен и перегородок и стен с плитами покрытия. Наблюдается открытие швов между блоками в стенах лестничных клеток и по фасадам. В фасадных угловых блоках всех этажей прослеживаются многочисленные мелкие сетчатые трещины. Часто встречаются выкрашивание раствора из швов плит перекрытия, частичная деформация оконных и дверных блоков, нарушения креплений козырьков и др. Несколько зданий, построенных в начале 80-х годов, оказались поврежденными более значительно (дом N 19/5 по ул. 60-летия СССР, N 28/1 по ул. Цапко, N 17 по ул. Дзержинского, NN 45, 25/1 и 50/1 по ул. Ленина и др.). Здесь отмечаются смещение площадок в лестничных клетках, трещины по наружным и внутренним поперечным стенам, на опоре перемычки несущей стены, многочисленные трещины в швах плит перекрытия, в горизонтальных и вертикальных швах между блоками и др. Отметим, что за отдельными исключениями сейсмостойкие здания 123 серии перенесли землетрясение в Охе достаточно хорошо.

*Культурные учреждения.* Построенные в основном в 40-60-е годы, несейсмостойкие здания культуры получили серьезные повреждения. Так, Дом быта, возведенный в 1965 г. — двухэтажное кирпичное здание — имеет сквозные трещины в несущей стене лестничной клетки, трещины в швах плит перекрытий, в наружных стенах. В Доме детского творчества (кирпичное двухэтажное здание с деревянными перекрытиями постройки 1957 г.) обвалился фронтон, наблюдаются вертикальные и горизонтальные трещины

в углу несущей стены первого этажа, в балке несущей стены. Откалывается выполненная в 1988 г. шлакобетонная облицовка фасада. На втором этаже прослеживается крупная сквозная вертикальная трещина в стене. Значительные повреждения (2-3 степени) отмечаются у двухэтажного деревянного щитового здания Центра культуры и досуга (строительство 40-х гг.) и трехэтажного так же несейсмостойкого кирпичного здания Районного дворца культуры (трещины в наружных стенах, отрыв наружных стен в уровне второго этажа, открытые трещины в опорных плитах наружных колонн входа и др.).

Среди *детских дошкольных учреждений* в Охе в наибольшей мере пострадали несейсмостойкие детсад N 25 постройки 1962 г. и детсад N 37, возведенный в 1967 г. (3 степень повреждений). Здания крупноблочные, двухэтажные. Повсеместно наблюдаются горизонтальные и вертикальные сквозные трещины в швах блоков, вертикальные и диагональные трещины в несущих стенах. Однако, заметные деформации прослежены и в сейсмостойком (С7) каркасно-панельном здании детсада N 20 (годы строительства — 1973-1976). Здесь отмечаются вертикальные трещины в швах стеновых панелей, сквозная наклонная трещина по внутренней продольной стене.

В числе *школьных зданий* самые заметные повреждения (до третьей степени) получили несейсмостойкие двух-, трехэтажные кирпичные здания школы искусств N 1 (1971 г. постройки), школы N 2 (1964 г.), крупноблочное здание школы N 1, деревянное здание школы N 4, построенное более 40 лет тому назад. Имеются многочисленные раскрытые трещины в несущих стенах, перекосы и крен зданий.

В ночь на 29 мая в Охе полностью разрушился только гараж жидтреста. Следующие после основного толчка афтершоки усугубили состояние многих зданий. В первую очередь серии I-447С и I-464А.

#### *Поселок Некрасовка.*

За исключением двух ветхих строений амортизированных на 95% и аварийных, получивших третью и четвертую степени повреждения, здания и сооружения в Некрасовке пострадали мало. Характерные повреждения — трещины в наружных стенах и перегородках, обрушение козырька (в каркасном здании санатория-профилактория, 1987 г. постройки) трещины в лестничных клетках, мелкие трещины в местах сопряжения внутренних и наружных стен.



#### *Поселок Москальво.*

В пос. Москальво наиболее значительные повреждения (четвертой степени) получили ветхие (с износом до 85%) аварийные одноэтажные брусчатые жилые дома 50-60-х гг. постройки. Так, в домах NN 11 и 12 по ул. Парковой домовые трубы провалились сквозь крышу, что привело к образованию сквозной дыры на потолке. Стены и потолки в трещинах, наружные стены сильно деформированы, наблюдается угрожающий крен. Несейсмостойкие деревянные и каменные здания поздних лет постройки не получили повреждений больших чем 1-2 степени.

В Москальво так же имеется здание, возведенное как несейсмостойкое уже после выхода нового СНиПа. Это — каркасно-панельный детский сад 1974 г. постройки. В здании наблюдаются трещины в местах примыкания колонны каркаса к стеновым панелям, трещины по периметру кладки и дверных блоков, в перегородках (вторая степень). Имеются повреждения 1-2 степени у ряда сейсмостойких зданий построенных в 80-90-х гг. по типовому проекту 221-1-285С (школа), 123 серии (двух- трехэтажные жилые дома). Это — трещины по швам между плитами перекрытий, горизонтальные и косые трещины в перегородках по деформационному шву, раскрытые трещины между панелями (дома 123 серии) и др.

#### *Поселок Восточный.*

Сейсмостойкие трехэтажные жилые здания 123 серии в Восточном не получили повреждений более чем первой степени: волосяные трещины в горизонтальных и вертикальных стыках блоков наружных и внутренних стен, отслаивание отделочного слоя, волосяные трещины в стыках между панелями перекрытия и примыкания перекрытий к наружным и внутренним стенам и др.

У крупноблочного здания детского сада серии 1-447С (1965 г. постройки) отмечается падение пластов штукатурки, глубокие трещины в карнизах, тонкие трещины в несущих стенах и между плитами в покрытии.

#### *Поселок Эхаби.*

Поселок находится в 65-70 км от эпицентра. Обследовано 5 зданий, поврежденных в результате землетрясения.

В их числе баня, построенная в 1960 г. Здание несейсмостойкое, одноэтажное с чердаком. Конструктивная схема жесткая, стены из мелких блоков, перекрытие из монолитной плиты. Степень повреждения — 2-3. Характерные повреждения — раскрытые



вертикальные трещины на стенах (от карниза до фундамента), отслоение штукатурки стен и потолка.

Такого же типа здания кинозала, построенное так же в 1960г. Степень повреждения — 3. Повреждения представлены многочисленными вертикальными трещинами по наружным стенам. В примыкании продольной и поперечной стен наблюдаются сквозные трещины от карниза до фундамента.

Ветхое деревянное здание средней школы 1942 г. постройки получило повреждение третьей степени. Здание сильно деформировано в продольном и поперечном направлениях, полы первого этажа просели. Наблюдается сквозная трещина по покрытию вдоль внутренней несущей стены (раскрытие более 5 см). Обрушились дымовые трубы, балки в опорных узлах провисли.

Обобщая результаты инженерного анализа последствий Нефтегорского землетрясения в населенных пунктах Охинского района выделим приоритетные ушкообразующие факторы, расположив их с убыванием степени значимости: расстояние до эпицентра, строительство без антисейсмических мероприятий, недооценка уровня сейсмического воздействия, особенности конструктивного типа зданий, степень физического износа и качество строительства, возможный резонансный эффект. Оценки роли локальных геологических и тектонических условий нуждаются в дополнительных исследованиях. Однако, уже сейчас можно отметить, что вышеперечисленные ушкообразующие факторы по всей вероятности оказались более значимыми. Тем не менее, в тяжелые последствия землетрясения в Нефтегорске значителен вклад водонасыщенных пылеватых и мелких песков с плавунками и псевдоплавунными свойствами. На других территориях роль грунтовых условий проявилась меньше в силу либо их благоприятности (Сабо), либо в связи с удаленностью поселков от эпицентра.

Анализ макросейсмических кривых показывает, что в Охе наибольшей повреждаемостью характеризовались здания серии I-447С и ветхие деревянные здания. Разброс индивидуальных значений поврежденности наиболее велик у деревянных зданий, затем у зданий серии I-447С, что, по-видимому, согласуется с повышенной ролью качества строительства для повреждаемости этих наиболее уязвимых зданий. Кривая распределения поврежденности зданий типа В и серии I-447С резко ассиметричны. Кривая распределения для зданий серии I-447С близка к гиперболе, вытянутой в область высоких значений поврежденности. Мода сдвинута в область сравнительно высоких значений и равна 2,6.

Кривая распределения для зданий серии 1-464А описывает нормальное распределение, что согласуется с версией о равнозначности ушибообразующих факторов.

Индивидуальные значения поврежденности зданий серии 123 описываются асимметричным эксцессивным, близким к нормальному, распределением с правосторонней асимметрией одномодальным распределением. Значение моды — 1,8.

Для зданий типа Б, обследованных в Колендо, характерно нормальное одномодальное распределение с модой, равной 2,0.

В остальных населенных пунктах минимальной повреждаемостью характеризуются здания 123 серии. Несколько выше повреждаемость деревянных зданий (за исключением ветхих и аварийных, относительной содержание которых в выборке невелико). Наибольшей повреждаемостью характеризуются здания серии 1-447С и ветхие деревянные дома. крупнопанельные несейсмостойкие здания серии 1-464А в описываемых условиях проявили себя в целом хорошо. Характерная форма и параметры кривых распределения в представительных выборках отражают наибольшую чувствительность зданий серии 1-447С и деревянных зданий к локально проявляющейся роли различных ушибообразующих факторов.

По результатам обследования была проведена оценка сейсмического риска и ущерба жилому фонду населенных пунктов Охинского района от Нефтегорского землетрясения, результаты которой приводятся в таблице 3.4.

Таблица 3.4.

Оценка сейсмического риска и ущерба жилому фонду по Охинскому району (млрд. руб.)

Населенный пункт	Калит. жилые дома (всего/обследов.)	d1	d2	d3	d4	d5	Этажность	Пре-област. серия	СМР	Ущерб факт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сябо	20/13	-	9	4	-	-	2-3	123	9	6,6
Колендо	16/11	-	10	1	-	-	4	447	9-10	11,5
Москальво	47/38	7	5	-	26	-	1-2	123	10	8,8
Некрасовка	155/100	83	10	5	2	-	1-4		9	3,9
Тунгор	61/10	-	5	5	-	-	2-3	123, 447	9	16,9
Нефтегорск	20/20	1	2	-	-	17	2-5	123, 447	9	186,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ока	535/492	118	156	96	1	-	1-5	123, 447, 464		232,4

Таблица 3.5.  
Затраты на компенсацию ущерба и ликвидацию последствий  
Нефтегорского землетрясения, млрд. руб.

Вид затрат	Затраты
1	2
Проектирование	0,50
Изыскания	0,80
Ритуальные услуги	0,90
Рекультивация	2,00
Агропромышленный комплекс	5,73
Связь	17,99
Аварийно-спасательные работы	18,00
Жизнеобеспечение	32,00
Капремонт и усиление несущих конструкций школ, детских садов, больниц	32,64
Компенсация населению	66,00
Восстановление транспорта (железнодорожного и автомобильного)	172,64
Фактический ущерб от разрушения и повреждения жилых домов	596,40
Нефтегазодобывающая отрасль	652,64
Топливо-энергетический комплекс	724,12
Строительство в области жилых домов для пострадавших	1905,10



---

---

### **Экономический ущерб от землетрясений по основным реципиентам и по элементам экономической системы.**

В процессе изучения прямых и косвенных последствий землетрясения необходимо, по-нашему мнению, рассматривать две их стороны. Во-первых, последствия, определяемые через физическое состояние конкретных реципиентов, т. е. человека, объектов живой и неживой природы, объектов промышленности и сельского хозяйства, коммунальной инфраструктуры и пр. Во-вторых, натуральные последствия, формализованные через экономические измерители, выражающиеся в изменении финансово-экономических показателей деятельности конкретных формальных структур народного хозяйства.

Рассмотрим отдельно обе стороны косвенных последствий землетрясений.

На рис. 4.1. представлена структура косвенного экономического ущерба по основным крупнейшим реципиентам.

В качестве одной из структурных составляющих косвенного экономического ущерба нами выделена разница между восстановительной и остаточной стоимостью разрушенных землетрясением материальных объектов. Под материальными объектами здесь понимаются объекты жилищного фонда и коммунально-бытовой инфраструктуры, коммуникации, основные и оборотные фонды предприятий всех форм собственности. Разница восстановительной и остаточной стоимости отнесена к косвенному ущербу исходя из тех соображений, что эта часть затрат отстоит во времени от момента землетрясения и рассредоточена во времени, эти затраты до землетрясения не являлись необходимыми, были бы значительно меньше и носили бы плановый характер в случае модернизации или реновации. При расчетах указанной величины ущерба из нее следует вычесть остаточную стоимость тех материалов, конструкций, механизмов которые подверглись частичному разрушению, могут быть и будут использованы при проведении восстановительных работ.



Рис. 4.1.

#### Структура косвенного экономического ущерба

Что касается экономического ущерба, обусловленного каскадными эффектами в народном хозяйстве и природе, то их примеры уже упоминались выше и будут рассматриваться более подробно далее, в главе 5.

Значительную долю в общей величине экономического ущерба может занимать эколого-экономический ущерб, т. е. ущерб от загрязнения атмосферы, водных источников и почв выбросами, сбросами, разливами в результате аварий и разрушений на народнохозяйственных объектах в результате землетрясений. Это могут быть порывы газопроводов и нефтепроводов, выбросы из хранилищ (складов) химических веществ и пр.

В качестве примера рассмотрим экспресс-методику расчета экономического ущерба в результате загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ, разработанную в Сумском государственном университете (Семенов Б. А.).

В общем случае этот метод оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы предназначен для оперативных расчетов при минимальном объеме исходной информации. В основу метода положен принцип статистического осреднения ущербобразующих факторов по заданной территории и фиксации индивидуальности их проявления в виде постоянных для данного группировочного признака поправочных коэффициентов.

Комплексный народнохозяйственный ущерб от загрязнения атмосферы состоит из суммы реципиентных ущербов в связи с вредом здоровью населения ( $U_z$ ), жилищно-коммунальному хозяйству ( $U_g$ ), сельскому хозяйству ( $U_s$ ), лесным ресурсам ( $U_l$ ) и основным фондам промышленности ( $U_p$ ). Реципиентные ущербы рассчитываются по следующим формулам:

$$U_z = K_{z1} K_{z2} Y_z N \sum M_j A_{zj} \quad (4.1.)$$

$$U_g = K_{g1} K_{g2} Y_g N \sum M_j A_{gj} \quad (4.2.)$$

$$U_s = K_{s1} K_{s2} K_{s3} Y_s N \sum M_j A_{sj} \quad (4.3.)$$

$$U_l = K_{l1} K_{l2} K_{l3} Y_l N \sum M_j A_{lj} \quad (4.4.)$$

$$U_p = K_{p1} K_{p2} Y_p N \sum M_j A_{pj} \quad (4.5.)$$

где:  $K_{z1} \dots K_{p1}$  — коэффициенты, учитывающие уровень социально-экономического развития территории;

$K_{z2} \dots K_{p2}$  — коэффициенты, зависящие от численности населения города;

$K_{s3}$ ,  $K_{l3}$  — коэффициенты, учитывающие соответственно экстенсивность сельскохозяйственного производства и лесистость территории;

$N$  — численность постоянно проживающего населения города, тыс. чел.;

$Y_z$ ,  $Y_p$  — показатели удельного экономического ущерба от загрязнения атмосферы, руб. на тыс. усл. тонн и тыс. чел.;

$M_j$  — масса выброса  $j$ -го загрязняющего вещества в атмосферу города, тыс. т/год;

$A_{zj} \dots A_{pj}$  — коэффициенты относительной агрессивности  $j$ -й примеси соответственно для населения, жилищно-коммунального хозяйства, сельхозугодий, лесных ресурсов и основных промышленно-производственных фондов.

Коэффициенты, учитывающие уровень социально-экономического развития, по сути, являются коэффициентами индексации стоимостной оценки экологически обусловленных потерь по от-



ношению к базовому периоду и группе базовых территорий, для которых рассчитаны показатели удельного ущерба. Значения коэффициентов определяются по следующим формулам:

$$K_{z,t} = 3,65 W/N + 0,42 Q/N + 3,63 V N_r / N \quad (4.6.)$$

$$K_{g,t} = 0,44 D/N + 2,04 E_g / N + 0,012 F_{l*} / N \quad (4.7.)$$

$$K_{s,t} = 1,24 A_s / F_s \quad (4.8.)$$

$$K_{ll} = 62,5 (A_l / F_l) (X_l F_l / 183,6 + M_l F_{l**} / 119) \quad (4.9.)$$

$$K_{p,t} = 0,061 B_p / N_p + 0,082 Q / N_p \quad (4.10.)$$

где:  $W$  — затраты на медицинское обслуживание населения, млн. руб.;

$Q$  — стоимость чистой продукции промышленности, млн. руб.;

$V$  — среднемесячная заработная плата рабочих и служащих, тыс. руб.;

$N_r$  — среднегодовая численность рабочих и служащих, тыс. чел.;

$D$  — балансовая стоимость непроектируемых основных фондов, млн. руб.;

$E_g$  — объем реализации бытовых услуг населению, млн. руб.;

$F_{l*}$  — площадь зеленых насаждений и массивов в пределах проектных границ города, га;

$A_s$  — валовая продукция сельского хозяйства в текущих (действующих) ценах, млн. руб.;

$F_s$  — площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га;

$A_l$  — валовая продукция лесного хозяйства в текущих ценах, млн. руб.;

$F_l$  — площадь лесов, тыс. га;

$X_l$  — запас древесины на корню, тыс. куб. м;

$M_l$  — объем рубок ухода и санитарных рубок, тыс. куб. м;

$F_{l**}$  — площадь рубок ухода и санитарных рубок, тыс. га;

$B_p$  — затраты на ремонт основных промышленно-производственных фондов, млн. руб.;

$N_p$  — численность промышленно-производственного персонала, тыс. чел.

В формулах (4.6.-4.10.) необходимо использовать информацию по данному населенному пункту или административному району в среднегодовом (годовом) измерении за  $t-1$  год, где  $t$  — год проведения расчетов. Если получить всю необходимую информацию по территории где произошел выброс вредных веществ не

представляется возможным, в расчетах можно использовать исходные данные, осредненные по региону.

Коэффициенты, учитывающие численность населения, в общем виде рассчитываются:

$$\ln K_2 = \ln H - T \ln N, \quad (4.11.)$$

где:  $H, T$  — параметры, принимаемые в зависимости от типа реципиента по таблице 4.1.

Для городов с численностью населения более 800 тыс. чел. коэффициенты  $K_2$  принимаются равными: для населения — 0,2; для жилищно-коммунального хозяйства — 0,3; для сельского хозяйства — 0,075; для лесного хозяйства — 0,095.

Таблица 4.1.

Параметр	население	жилищно-коммунальное хозяйство	сельское хозяйство	лесное хозяйство	промышленность
H	9,92	9,65	42,0	29,9	2,44
T	0,58	0,315	0,945	0,86	0,29

Коэффициент экстенсивности сельского хозяйства рассчитывается:

$$K_{сз} = 1,55 F_s / F \quad (4.12)$$

где:  $F_s, F$  — соответственно площадь сельхозугодий и общая площадь города (района), тыс. га.

Коэффициент, учитывающий лесистость территории, определяется:

$$K_{лз} = 4,72 F_l / F \quad (4.13)$$

Коэффициенты относительной агрессивности примесей ( $A_j$ ) показывают во сколько раз данное вещество экологически опасней базисного загрязнителя, в качестве которого принят сернистый газ. Приведенная масса выброса определяется лишь по ущербообразующим примесям, т. е. тем, которые оказывают непосредственное, подтвержденное результатами объективных исследований, негативное воздействие на совокупность реципиентов данного типа.

Определенную сложность представляет оценка показателей удельного экономического ущерба. Полученные в середине восьмидесятых годов показатели удельных экономических ущербов, подлежат обязательной индексации. Однако в научно-методическом плане этот вопрос до сих пор не имеет однозначного решения.

Индексация эколого-экономических оценок пропорционально росту уровня цен, заработной платы или какого-то иного экономического показателя весьма условна. Дело в том, что величина экономического ущерба от загрязнения окружающей среды определяется совокупным действием экономических, социальных, природных, демографических и прочих факторов. Причем временная динамика этих факторов по отношению к размеру ущерба имеет различные тенденции: одна группа факторов обуславливает рост экономических потерь, другая — их снижение. Поэтому использование для корректировки эколого-экономических оценок частных (цены, заработная плата) или обобщающих (национальный доход, валовая продукция) экономических показателей на одновариантной основе некорректно.

Индексация может быть произведена на базе учета структуры комплексного экономического ущерба от загрязнения атмосферы: здоровью населения (примерно 40%), жилищно-коммунальному хозяйству (25%), сельскому хозяйству (20%), лесному хозяйству (5%) и основным фондам промышленности (10%).

В свою очередь, каждая локальная составляющая складывается из определенного набора однородных по формам проявления потерь. Так, ущерб в связи с повышенной заболеваемостью населения состоит из дополнительных затрат на лечение и медицинское обслуживание (20%), потерь чистой продукции или национального дохода (45%), дополнительных выплат из фондов социального страхования (35%). Ущерб жилищно-коммунальному хозяйству состоит из дополнительных затрат на содержание элементов основных фондов городского хозяйства и жилья граждан (75%), затрат на содержание зеленых насаждений и благоустройство (10%), стоимости дополнительных работ и услуг, обусловленных загрязнением (15%). Ущерб сельскому хозяйству складывается из затрат на компенсацию потерь продукции растениеводства (60-65%) и животноводства (35-40%). Потери в лесном хозяйстве обусловлены снижением естественного прироста древесины на корню и затратами на дополнительные санитарные рубки (35%), ухудшением функционального состояния лесных ресурсов (60%), недобором продукции побочного и прижизненного пользования (5%). Ущерб промышленности складывается из дополнительных затрат на ремонт основных фондов (15%), потерь в связи с недоамортизацией



средств труда (10%), потерь продукции в результате внеплановых простоев и досрочного списания оборудования (75%).

Исходя из указанной структуры была рассчитана величина ущербоемкости одной условной тонны выброса в 1993 году по г. Чите. Она примерно в 59,25 раз больше, чем в 1985 году.

Удельные экономические ущербы могут быть рассчитаны не только для какого-то отдельного города, района, но и для крупного региона. Так для Украины на 01.01.93 г., т. е. проиндексированные, удельные экономические ущербы равны следующим величинам (хрб/тыс. чел - тыс. усл. т.): здоровью населения — 695; жилищно-коммунальному хозяйству — 285; сельскому хозяйству — 610; лесному хозяйству — 75; основным фондам промышленности — 245.

Индексация эколого-экономических показателей сопряжена с постоянными научно-методическими и практическими трудностями и, пожалуй, единственный выход в этой ситуации — это их приведение к стабильной денежной единице, например доллару США. Такое приведение не избавит специалистов от осуществления некоторых поправочных расчетов, но они будут менее трудоемкими и сопряженными с меньшими ошибками и погрешностями.

Наиболее часто встречающиеся ошибки при расчетах экономических ущербов (как прямых, так и косвенных) от негативных воздействий — это их обычное суммирование: во-первых, суммирование разновременных показателей без учета коэффициентов дисконтирования, что приводит к искажению суммарной величины, как правило, ее занижению; во-вторых, суммирование показателей, имеющих место на различных уровнях экономической системы (государство, регион, предприятие, конкретный человек и т.п.), что приводит к двойному счету по некоторым составляющим ущерба и, естественно, его завышению. Что касается первой ошибки, то она в некоторой степени затрагивается нами в разделе 4 данной работы, во избежание же второй — мы достаточно подробно рассмотрим проблему оценки косвенного экономического ущерба для различных уровней национальной экономики в настоящем разделе.

Функционирование экономики определяется процессами экономической деятельности как совокупности решений, выражающих собой активность различных категорий экономических субъектов.

На переднем плане экономической жизни находится государство (правительство). Оно обеспечивает правовую базу и обще-

ственную атмосферу функционирования экономической системы, косвенно подействует на уровень экономической активности посредством налогообложения и государственных расходов, контролирует денежную эмиссию и распределение кредитов, координирует и финансирует капиталовложения, создает государственный сектор производства (государственные предприятия), косвенно или прямо контролирует цены и обменные курсы валют, обеспечивает перераспределение национального дохода, поддерживает полную занятость и экономический рост.

В структуре общества кроме правительства функционирует еще две группы субъектов — это элементарные экономические единицы в сфере потребления (индивиды, семьи, домохозяйства) и экономические единицы в сфере производства (предприятия, фирмы). Выделяют так же и комплексные экономические единицы, или макросубъекты, группирующие несколько центров, распоряжающихся произведенными предметами (промышленная отрасль — как группа фирм; профсоюз — как группа работников).

В смешанной экономике правительство полностью интегрировано в крутооборот материальных и денежных средств, образующих экономический организм, что представлено на рис. 4.2.

На этом ниже рисунке первый и второй потоки показывают расходы предприятий на приобретение ресурсов, поставляемых домохозяйствами, т.е. это издержки предприятий, но представляют они заработную плату, ренту, процент и доход домохозяйств. Третий и четвертый потоки отражают потребительские расходы домохозяйств на приобретение товаров и услуг, производимых предприятиями.

Потоки от пятого до восьмого показывают, что правительство производит покупки как на рынке продуктов, так и на рынке ресурсов. Правительство представляет так же общественные блага и услуги домохозяйствам и предприятиям (девятый и десятый потоки). Финансирование этих благ и услуг требует финансовых ресурсов, которые поступают в виде налогов с предприятий и домохозяйств (потоки одиннадцатый и двенадцатый). Потоки одиннадцатый и двенадцатый обозначаются как "чистые налоги", т.е. они включают трансфертные платежи домохозяйствам и субсидии предприятиям. Таким образом, правительство имеет возможность менять распределение дохода и ресурсов, регулировать уровень деловой активности. Так, при появлении безработицы, увеличение правительственных расходов при сохранении неизменными налогов и трансфертных платежей должно привести к увеличению совокупных расходов, объема производства и занятости.

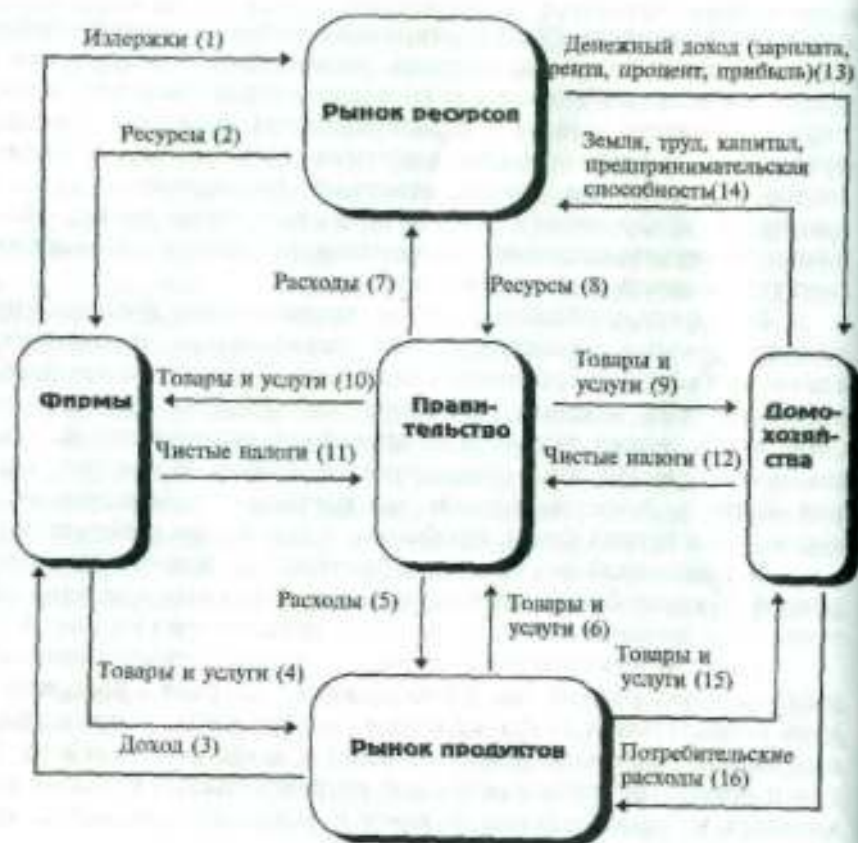


Рис. 4.2.  
Кругооборот доходов, ресурсов и продукта  
в смешанной экономике

Проиллюстрируем, используя материалы зарубежных публикаций\*, каким образом может землетрясение изменить объем и качественный состав потоков, приведенных на рис. 4.2., на примере землетрясения в Ломы Приета (к сожалению подобные исследова-

\* Macroeconomic effects of the Loma Prieta Earthquake. Association of Bay Area governments, 1991, November.



ния у нас если и проводились, то не становились достоянием широкого круга специалистов). Естественно, необходимо иметь в виду, что исследования проводились в условиях развитой рыночной экономики США и имеют свои специфические особенности, которые для наших условий неприменимы.

17 октября 1989 года, в 5 часов 4 минуты утра землетрясение силой 7.1 баллов потрясло San Francisco Bay Area и его окрестности. Его почувствовали миллионы людей в районе, покрывающем примерно 400000 квадратных миль. Землетрясение вызвало более \$5.9 млн. прямых разрушений имущества и разрушило транспортные и коммуникационные сети и коммунальные предприятия.

Макроэкономическое влияние определяется как зарегистрированные нарушения в деловой деятельности и занятости. Эти влияния наблюдаются как кратковременные экономические явления и отличаются от влияния ущерба собственности, входящего в прямой экономический ущерб (по нашей классификации).

Землетрясение нанесло не очень значительный ущерб местности Bay Area и ее окрестностям. Предполагается, что приблизительно 7100 рабочих пострадали от сокращения рабочих мест в связи с землетрясением. Реальное количество ставших безработными могло быть больше, так как не все пострадавшие обратились в службу занятости. Однако статистический анализ данных по безработице показал, что реальное число пострадавших близко к оцененному. Последствия ущерба были ощутимы в течение 4 месяцев максимум, с непосредственными потенциальными потерями заработной платы в размере \$54 млн. (поток 13) и привели к минимальным потенциальным потерям в общем выпуске (включая заработную плату) в размере \$110 млн. (поток 3) в течение этого периода. Это разрушение привело к максимальным потенциальным потерям в Валовом Региональном Продукте (ВРП), который оценивается в диапазоне от \$275 млн. за 1 месяц до \$2,9 млрд. за 2 месяца (максимально) после землетрясения в Loma Prieta. Однако, по меньшей мере 80% этого ущерба было покрыто в течение первого и второго кварталов 1990 года. Это значит, что максимальные потери ВРП в результате землетрясения в Loma Prieta лежат в диапазоне от \$181 млн. до \$725 млн.

Потенциальные кратковременные потери приблизительно 7100 рабочих мест на период средней продолжительностью 4 месяца составляет потерю менее чем четверти процента рабочих мест в экономике с количеством рабочих мест более 3 миллионов. Потери ВРП составляют даже меньшую величину в сравнении с экономикой, выпустившей ВРП на сумму \$174 млрд. в 1989 году. Эти экономические потери совсем незначительны в сравнении с непосредственными физическими разрушениями вследствие землетря-

сения, которые составили \$5,9 млрд. (прямой экономический ущерб). Эти потери отразились главным образом на некоторых областях промышленности и розничной торговле.

San Francisco испытал наибольшие потери в розничной торговле в течение четвертого квартала. Анализ данных показывает потерю примерно \$73 млн. в объеме продаж (поток 4), подлежащих обложению налогом (поток 11). Однако, эти потери не ощущались в регионе. Экономическая деятельность просто переместилась в другие части региона. Так как единственные непосредственные разрушения, которые были непропорционально высоки в San Francisco, затрагивали транспортную и энергетическую системы, это демонстрирует критическую роль, которую транспорт и инфраструктура играют в поддержании экономической деятельности, и освещает потенциальное влияние на экономику крупных повреждений этих систем во время будущих землетрясений.

При расчете общего экономического ущерба, нанесенного землетрясением был сделан ряд очень консервативных допущений, на основе экспертных оценок. Как минимум 10% экономики Bay Area были затронуты землетрясением в течение месяца. Было предположено, что, максимум, 20% экономики региона была затронута землетрясением в течении двух месяцев.

Кроме того, было сделано допущение, что производительность труда упала на 50% в отраслях затронутых землетрясением за исследуемый период. Таким образом, косвенный неблагоприятный эффект на экономику региона в 3 квартале 1989 года составил в терминах валового регионального продукта (ВРП) примерно от \$729 млн. до \$2,9 млрд. в зависимости от принятых допущений.

Последним допущением стало предположение о том, что 75% потерь в производительности труда было восстановлено в течение 1-2 кварталов 1990 года. Таким образом постоянный ущерб в терминах ВРП составляет от \$181 млн. до \$725 млн. Это количество кажется относительно небольшим по сравнению с общим показателем ВРП, оцененным в \$174 млрд., несмотря на все сделанные консервативные допущения. Несмотря на то, что сложно выяснить реальные цифры оцененного ущерба, беседы с бизнесменами в округе Oakland-Berkeley и Silicon Valley убеждают в обоснованности сделанных предположений. Например, обследование 7 крупнейших фирм Valley показывает, что большая часть их операций была восстановлена к 18-19 октября и полное восстановление произошло к 18-19 октября (две фирмы), ноябрь 1989 года (одна фирма) первый квартал 1990 года (две фирмы), второй квартал 1990 года (две фирмы).

Почему макроэкономический эффект от землетрясения в Loma Prieta был столь незначительным по сравнению с ВРП в



\$170 млрд. и 3 млн. рабочих мест, при \$5,9 млрд. ущербе, нанесенном собственности региона? Это — главный вопрос, поскольку ответ на него дает нам представление о гибкости и уязвимости региональной экономики.

Может сложиться впечатление, что это просто удача. Непосредственный ущерб был нанесен изолированным районам. Но даже в таких районах как Santa Cruz макроэкономический эффект был незначительным если рассматривать его в контексте всего района. Даже если предположить, что рост заявлений по безработице минимально составил 3300 и что реальное количество пострадавших рабочих было на 1000 больше, то в любом случае, это число составляет только 6% от общего количества рабочих мест в регионе.

Другим объяснением мог бы быть тот факт, что на экономическую инфраструктуру региона не было оказано почти никакого влияния. Ущерб нанесенный, Bay Bridge который соединяет San Francisco и East Bay, мог бы быть хорошим примером того, как нарушения в транспортной инфраструктуре может повлиять на экономическую активность. Можно выдвинуть гипотезу о том, что спад в налогооблагаемых продажах в San Francisco напрямую связан с закрытием Bay Bridge на несколько недель с октября по ноябрь 1989 года. Ущерб, нанесенный Cypress Freeway в Oakland, значительно затронул региональную транспортную деятельность в силу существования альтернативных путей сообщения. Однако, в текущем году был зарегистрирован приблизительно \$20 млн. ежегодный экономический эффект. Можно думать, что если бы пострадала большая часть транспортных путей в течении любого промежутка времени, то экономическая активность в регионе была бы более существенно затронута.

Наконец, можно предположить, что индустриальные лидеры в "Silicon Valley" имели хороший уровень подготовки к чрезвычайным ситуациям. По сравнению с другими индустриальными районами в Bay Area этот район относительно молодой. Следовательно и здания в этом районе не успели обветшать. Некоторые из этих компаний являются национальными лидерами в обновлении устаревших зданий или имели в своем распоряжении запасные постройки (как раз на случай землетрясения). Кроме того, благодаря быстрому техническому прогрессу в отраслях, в которые были вовлечены эти компании, производственные постройки и оборудование должно меняться полностью через каждые пять лет. Таким образом, компании имели все возможности для усовершенствования оборудования и средств для его установки.

Таким образом, землетрясение Loma Prieta нанесло весьма незначительный экономический ущерб, причем незначительным



оказался именно косвенный экономический ущерб. Но следует иметь в виду, все те факторы которые свели ущерб к минимуму и, что в ином месте и при ином стечении обстоятельств размеры ущерба могут быть катастрофически велики, как, например, в том же Нефтегорске.

Еще раз отметим ту цикличность накопления потерь в результате землетрясения, которую показывает пример с Loma Prieta: в результате разрушений было потеряно 7100 рабочих мест; домохозяйства недополучили \$54 млн.; государство недополучило прямые налоги с этой суммы; фирмы и домохозяйства недополучили социальных программ и средств на полученные, общественных благ, услуг и прочего из государственного бюджета, так как бюджетные поступления оказались ниже предполагаемых и т. д. Естественно, это только одна из потенциально возможных цепочек развития последствий землетрясения в экономической системе.

Следует отметить, что некоторые домохозяйства и фирмы могут получить непредвиденный всплеск доходов. Это домохозяйства и фирмы: 1) получившие возможность выполнять те работы, оказывать услуги или производить продукцию ранее (до землетрясения) осуществляемые их конкурентами, попавшими в зону разрушительного влияния землетрясения; 2) получившие заказы по восстановлению разрушенных объектов, строительству взамен разрушенных новых зданий, сооружений и пр., а так же производящие для этого необходимые комплектующие.

Естественно, указанный рост доходов отдельных фирм и домохозяйств ни в коей мере не может компенсировать падение национального дохода по другим позициям, имеющим место после землетрясения, и в первую очередь— вследствие гибели людей.

Что касается определения суммарного экономического ущерба, то в первую очередь необходимо квалифицированно осуществить постановку задачи, ибо формулировки типа "суммарный экономический ущерб от землетрясения равен..." являются некорректными и даже вредными.

Как отмечалось выше, экономический ущерб от негативных воздействий может быть определен либо по отдельным реципиентам, либо по структурным элементам экономической системы. Так как использование показателей осуществляется в рамках конкретной экономической системы для регулирования деятельности конкретных субъектов этой системы, то пореципиентные расчеты служат, в основном, для определения экономических ущербов по субъектам экономической системы. Именно эти показатели и находят практическое применение в управлении жизнедеятельностью общества.

Косвенный экономический ущерб от землетрясения, таким образом, на уровне национальной экономики определяется потерями доходной части бюджета и увеличением расходной, что наряду с изменением прямых финансовых потоков определяется рядом макроэкономических показателей, как-то: уровень занятости, уровень деловой активности, уровень инфляции и т. д. Для отдельной фирмы незначительные колебания этих макроэкономических показателей на конкретном временном отрезке большого значения не имеют, а ущерб определяется через увеличение издержек производства и снижение дохода.

Таким образом, при оценке экономического ущерба от землетрясения необходимо в обязательном порядке указывать адресата этого ущерба, т. е. определить ущерб для конкретных: фирмы или их групп, домохозяйств или их групп, экономики региона или национальной экономики в целом и т. п.

Постараемся нарисовать картину потенциальных экономических последствий землетрясения, по возможности учтя все составляющие прямых и косвенных ущербов.

Пусть имеется некая территория, попавшая в зону разрушительного влияния землетрясения. На этой территории находится населенный пункт, через нее проходит нефтепровод, автомагистраль, железная дорога. Населенный пункт является крупным промышленным центром с развитой инфраструктурой.

В результате землетрясения разрушается отрезок нефтепровода, что сопровождается загрязнением нефтью некоторой площади земель и пожаром. Выходит из строя участок железной дороги, повреждается и так же выбывает из строя отрезок автомагистрали. Имеются разрушения зданий и сооружений, повреждены линии электропередач. Имеются человеческие жертвы, некоторое число людей получают травмы и ранения.

Экономический ущерб, которым сопровождается землетрясение, ( $U$ ) исходя из вышесказанного может быть определен как сумма прямого экономического ущерба ( $U^p$ ) и косвенного экономического ущерба ( $U^k$ ).

$$U = U^p + A U^k \quad (4.14.)$$

где:  $A$  — коэффициент приведения разновременных затрат (коэффициент дисконтирования).

Все субъекты — экономические "участники" — данной гипотетической ситуации могут быть классифицированы и объединены по нескольким группам:



- 1. государство в лице правительства и национальная экономика в целом —  $Q$ ;
- 2. город (муниципалитет) —  $M$ ;
- 3. фирмы, чьи ресурсы непосредственно подверглись разрушительному воздействию землетрясения —  $F_{ij}$ ; где  $i=1..I$ ;
- 4. фирмы, испытавшие на себе косвенное влияние землетрясения —  $F_{2j}$ ; где  $j=1..G$ ;
- 5. домохозяйства, подвергшиеся непосредственному воздействию разрушительного воздействия землетрясения —  $D_{1x}$ ; где  $x=1..X$ ;
- 6. домохозяйства, испытавшие на себе косвенное влияние землетрясения —  $D_{2y}$ ; где  $y=1..Y$ .

Мы не включили в этот перечень конкретного человека (индивидуума), так как его экономическое состояние вписывается в данную схему через влияние на всех без исключения субъектов-участников.

Как уже отмечалось, не все субъекты-участники терпят потери, убытки (явные или неявные) в результате землетрясения. Государство; населенный пункт; фирмы и домохозяйства, непосредственно подвергшиеся воздействию землетрясения, естественно, не могут и не имеют никаких позитивных эффектов от землетрясения. В то же время, некоторая незначительная часть фирм и домохозяйств может иметь определенный положительный эффект (чисто экономический) в результате косвенного влияния землетрясения. Примером может служить получение крупного подряда строительной фирмой на восстановление разрушенных зданий и сооружений.

К прямому экономическому ущербу государству следует отнести, по нашему мнению, те затраты (потери) которые имеют четкую адресность, т. е. ссылку на причину их возникновения — на землетрясение. Эта часть ущерба имеет не стохастическую, а реальную точную денежную оценку. Это большей частью именно расходы, а не потери и решения по ним принимаются практически сразу же после катастрофического землетрясения. Эта часть экономического ущерба является полноценным экономическим показателем, проходящим по финансово-экономической документации.

Таким образом, прямой экономический ущерб государству — это расходы из бюджета по выполнению аварийно-спасательных работ в зоне землетрясения; единовременные выплаты семьям погибших и пострадавших во время землетрясения; расходы на приобретение (получение, производство) необходимого медицинского оборудования и медикаментов для оказания срочной меди-



цинской помощи; расходы и затраты по оплате труда спасателей, медицинских работников, пожарных и других специалистов, задействованных в зоне чрезвычайной ситуации; расходы из бюджета на восстановление жилого фонда, государственных предприятий и инфраструктуры, субсидии фирмам; расходы по выплате пособий лицам, ставшим в результате землетрясения инвалидами, сиротами и пр.; затраты по немедленной ликвидации экологически опасных последствий, как-то сбору разливов нефти, тушению пожаров и пр.

Косвенный экономический ущерб государству — это не определенные четко, неадресные расходы по медицинскому, санаторно-курортному обслуживанию, социальному обеспечению, поддержанию и содержанию лиц, пострадавших от землетрясения; снижение доходной части бюджета, вследствие уменьшения выплат налогов на доход (на прибыль), налога на добавленную стоимость, таможенных платежей и пр. по предприятиям как непосредственно пострадавшим от землетрясения (группа 3), так и в результате снижения деловой активности предприятий, испытывающих косвенное воздействие землетрясения (группа 4); все расходы, потери и убытки (как прямые, так и косвенные), перечисленные выше, но формирующиеся вследствие появления других чрезвычайных ситуаций (сели, лавины, камнепады, производственные аварии и пр.), причиной возникновения которых послужило именно землетрясение.

Каким образом землетрясение отразится на экономическом состоянии предприятий региона в связи с развитием каскадных эффектов подробно рассматривается нами в пятой главе. Здесь же остановимся на характеристике условного повреждения землетрясением нефтепровода. Прямые последствия в данном примере не рассматриваются. Иллюстрация осуществляется с помощью схем 4.3., 4.4. и таблиц 4.2, 4.3.

Введем ряд пояснений, предположений и граничных условий.

Предполагается, что повреждение нефтепровода произошло на участке, через который осуществлялась поставка нефти в двух направлениях: к танкерам для последующего экспорта и на нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), находящийся на материке. Повреждение привело к загрязнению окружающей среды, выразившемуся в загрязнении водных ресурсов, почвы и атмосферы (вследствие возникшего пожара).

Нефтеперерабатывающее предприятие является единственным в регионе и на его продукцию ориентированы все предприятия этого региона, не имеющие возможности в краткие сроки и достаточном объеме получить продукцию, альтернативную выпус-

каемой НПЗ. Основные потребители продукции НПЗ — электроэнергетика, промышленность, сельское хозяйство, транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство. Остановка (снижение мощности до критического уровня) предприятий жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивающих жилой фонд населенных пунктов региона теплом и водой, неизбежно приводит к повышенной заболеваемости населения. Повышенная заболеваемость населения, в свою очередь, приводит к увеличению затрат на медицинское обслуживание, на реабилитацию заболевших, к потерям национальной экономики вследствие потери или снижения трудоспособности этой группы населения.

Таблица 4.2.

Укрупненные показатели для оценки косвенного ущерба по выделенным элементам в цепочке потерь

Номер на схеме	Предприятие или отрасль	Наименование показателей
1	2	3
1	Танкерный флот	1). Потери дохода предприятий от простоев кораблей. 2). Потери доходной части бюджетной системы. 3). Потери дохода населения от неполной занятости.
2	Экспорт	1). Потери доходной части бюджетной системы в валюте. 2). Потери дохода предприятий-экспортеров, нефтедобывающих предприятий и нефтепроводного транспорта. 3). Потери дохода населения от неполной занятости.
3	Экология	Смотри схему 4.4. и таблицу 4.3.
4	Нефтеперерабатывающее предприятие	1). Потери дохода нефтеперерабатывающего предприятия. 2). Потери доходной части бюджетной системы. 3). Потери дохода населения от неполной занятости.

1	2	3
5	Основные отрасли экономики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Матрица структурных потерь отраслей региональной экономики.</li> <li>2). Матрица удельных материальных затрат в структуре отраслей региональной экономики.</li> <li>3). Потери дохода предприятий рассматриваемых отраслей.</li> <li>4). Потери доходной части бюджетной системы.</li> <li>5). Потери дохода населения от неполной занятости.</li> </ol>
6	Жилищно-коммунальное хозяйство	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Дополнительные затраты по использованию альтернативных энергетических ресурсов в системе ЖКХ.</li> <li>2). Потери дохода предприятий ЖКХ.</li> <li>3). Потери доходной части бюджетной системы.</li> <li>4). Потери дохода населения от неполной занятости.</li> </ol>
7	Здравоохранение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Увеличение бюджетных расходов.</li> <li>2). Увеличение личных расходов граждан на охрану здоровья.</li> </ol>
8	Реабилитация	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Увеличение бюджетных расходов.</li> <li>2). Увеличение личных расходов граждан на лечение и оздоровление.</li> </ol>
9	Основные отрасли экономики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Матрица структурных потерь отраслей региональной экономики.</li> <li>2). Матрица удельных материальных затрат в структуре отраслей региональной экономики.</li> <li>3). Потери дохода предприятий рассматриваемых отраслей.</li> <li>4). Потери доходной части бюджетной системы.</li> <li>5). Потери дохода населения от неполной занятости.</li> </ol>



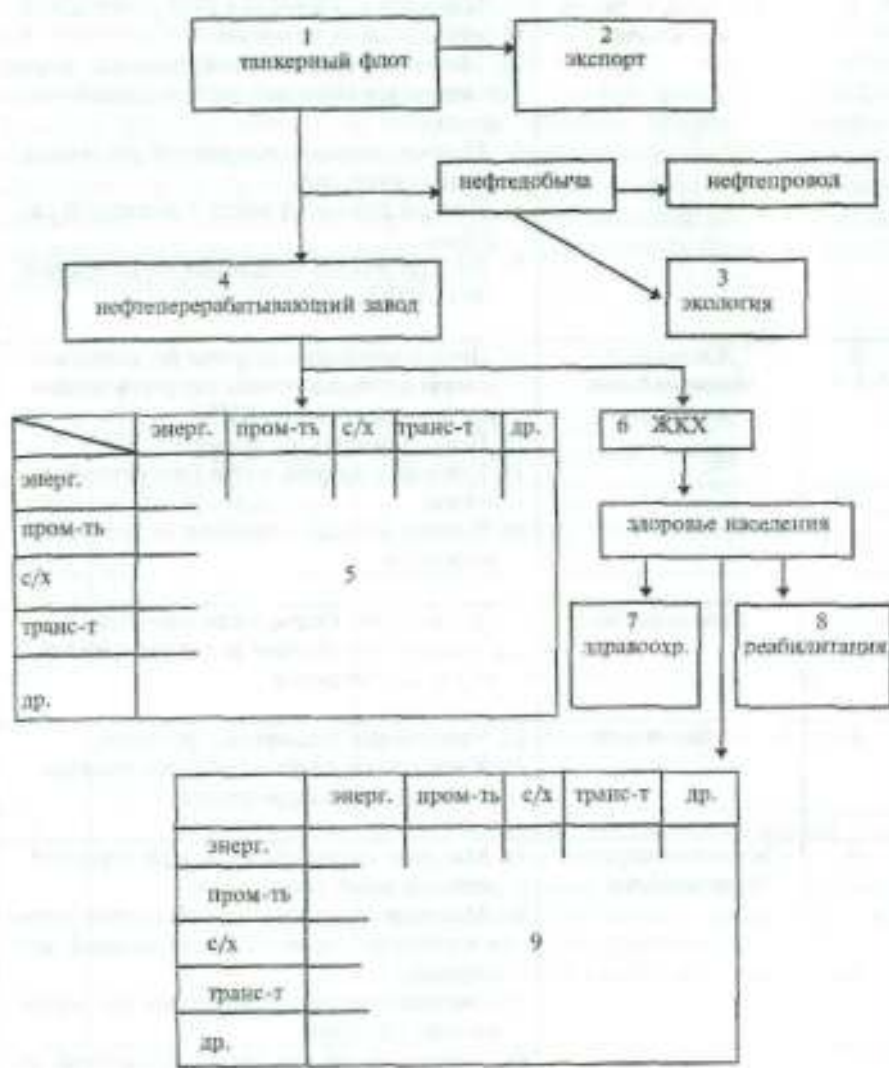


Рис. 4.3.  
Последовательность формирования косвенных потерь от потенциальных повреждений нефтепровода

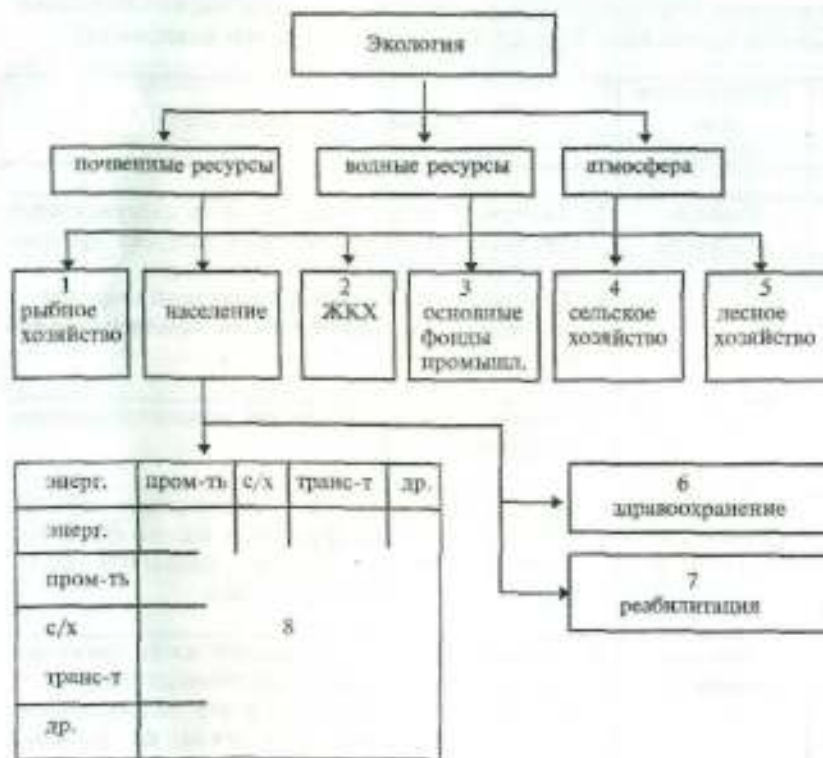


Рис. 4.4.  
 Последовательность формирования и структура косвенного экономического ущерба от нарушения экологического равновесия вследствие нарушения нефтепровода

Таблица 2.

Укрупненные показатели для расчета косвенного экономического ущерба вследствие нарушения экологического равновесия

Номер на схеме	Предприятие или отрасль	Наименование показателя
1	2	3
1	Рыбное хозяйство	1). Потери дохода предприятий от вынужденных простоев, снижения объемов выпуска продукции и снижения качества продукции 2). Потери доходной части бюджетной системы 3). Потери дохода населения от неполной занятости.
2	ЖКХ	1). Увеличение расходов по водопотреблению, озеленению и пр.
3	Основные фонды промышленности	1). Увеличение затрат по поддержанию зданий, сооружений и др. фондов в надлежащем состоянии (очистка, окраска, нанесение антикоррозионных покрытий и пр.).
4	Сельское хозяйство	1). Потери дохода предприятий из-за снижения урожайности сельскохозяйственных культур и из-за снижения продуктивности сельскохозяйственных животных или из-за их полного уничтожения. 2). Снижение дохода личных и фермерских хозяйств из-за снижения урожайности сельскохозяйственных культур и из-за снижения продуктивности сельскохозяйственных животных или из-за их полного уничтожения. 3). Потери доходной части бюджетной системы. 4). Потери дохода населения от неполной занятости.
5	Лесное хозяйство	1). Потери дохода лесохозяйственных предприятий от снижения продуктивности лесонасаждений или их полного уничтожения. 2). Потери доходной части бюджетной системы. 3). Потери дохода населения от неполной занятости.
6	Здравоохранение	1). Увеличение бюджетных расходов. 2). Увеличение личных расходов граждан на охрану здоровья.



1	2	3
7	Реабилитация	1). Увеличение бюджетных расходов. 2). Увеличение личных расходов граждан на лечение и оздоровление.
8	Основные отрасли экономики	1). Матрица структурных потерь отраслей региональной экономики. 2). Матрица удельных материальных затрат в структуре отраслей региональной экономики. 3). Потери дохода предприятий рассматриваемых отраслей. 4). Потери доходной части бюджетной системы. 5). Потери дохода населения от неполной занятости.

**Подходы к определению косвенного ущерба  
от развития каскадных эффектов и потерь продукции  
в связи с цикличностью межотраслевых связей**

В результате землетрясения может быть разрушен производственный объект, потери продукции которого являются основой для оценки косвенного ущерба на начальном цикле каскада косвенных потерь. Этот каскад образуется в связи со сложным характером межотраслевых потоков промежуточной продукции в народном хозяйстве, направленных на выпуск конечной продукции.

Существует процесс последовательного наложения косвенных потерь, имеющий вид "ветвищегося дерева". Например, потери электроэнергии при разрушении крупной электростанции сказываются на недовыпуске продукции в других отраслях народного хозяйства. В свою очередь, этот факт отрицательно влияет на последующие межотраслевые потоки.

Образование полных косвенных потерь можно проиллюстрировать схемой (рис. 5.1.).

Введем следующие обозначения:

$P_j$  — потери продукции  $j$  в результате землетрясения в конкретном пункте;

$a_{ij}$  — выход продукции  $i$  на единицу затрат продукции  $j$ ;

$P_{ij}$  — часть потерь продукции  $j$ , которая не используется для выпуска продукции  $i$ .

В виду громоздкости полной иллюстрации, схема на рис. 5.1. ограничена косвенными потерями четвертого цикла. Для большей наглядности проиллюстрируем часть этой схемы на условном цифровом примере. Возьмем 4 предприятия различных отраслей: электроэнергетика; добыча железной руды; выплавка чугуна; выплавка стали (рис. 5.2.). Для упрощения рассмотрим одну вертикальную связь, без "ветвистости дерева".

Возвращаясь к схеме на рис. 5.1., отметим, что и она упрощена. Во-первых, на ней представлены циклические потери только от продукта  $j$ . Во-вторых, для устранения еще большей гро-

мощности схематического отображения полных потерь нами представлена их фиксированная структура, начиная от второго цикла.

Для рассмотрения общего случая и большей компактности изложения, в отличие от схемы 5.2., будем использовать не натуральные, а стоимостные коэффициенты и потери.

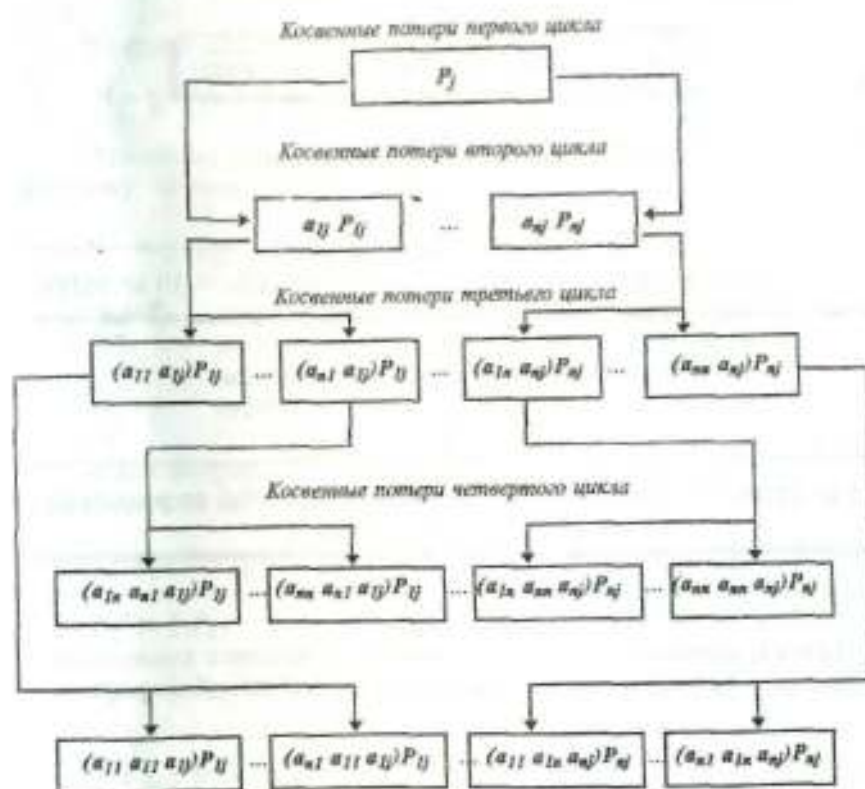


Рис. 5.1.

Схема образования полных косвенных потерь в результате землетрясения в конкретном промышленном районе



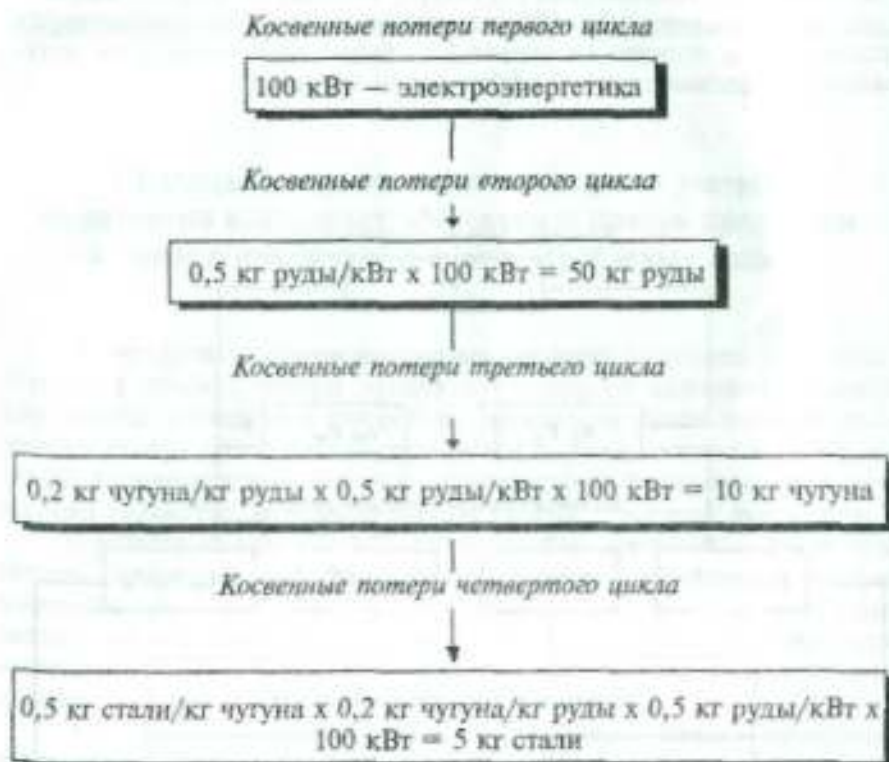


Рис. 5.2.

Иллюстративный пример образования комплекса косвенных потерь в результате землетрясения в промышленном районе

Обозначим:

$$A^m = \| a_{ij}^m \|, \quad i = \overline{1, n_j} \quad j = \overline{1, n} \quad (5.1.)$$

где:  $A^m$  — матрица удельных коэффициентов, определяющих объем  $(j, l)$ -го продукта на  $m$ -ом цикле, который недополучен из-за потери единицы предыдущего продукта на  $(m-1)$ -ом цикле.

Для конкретизации и лучшего понимания процесса вычисления потерь представим заданные матрицы структурных потерь для каждого цикла отдельно:

$$P^1 = \| P_j^1 \|, \quad j = \overline{1, n} \quad (5.2.)$$

где:  $P_j^1$  — потери продукта  $j$  от разрушения объектов при землетрясении;

$P^1$  — матрица структурных потерь первого цикла.

Матрицу для второго цикла представим в виде:

$$P^2 = \| P_j^2 \|, \quad j = \overline{1, n} \quad (5.3.)$$

Однако на этом цикле каждое  $P_j^2$  представляет собой матрицу-строку, то есть:

$$P_j^2 = \| P_{1j}^2 \ P_{2j}^2 \ \dots \ P_{m(j)}^2 \| \quad (5.4.)$$

где:  $P_{ij}$  — определяют потери  $i$  продукта на втором цикле в результате того, что вышло из строя предприятие на первом цикле, производящее продукт  $j$  (структурные потери).

А вся матрица  $P^2$  определяется заданными структурными коэффициентами потерь второго цикла и записывается в виде:

$$P^2 = \| P_{11}^2 \ P_{12}^2 \ \dots \ P_{1n(1)}^2 \ P_{21}^2 \ P_{22}^2 \ \dots \ P_{2n(2)}^2 \ \dots \ P_{n1}^2 \ P_{n2}^2 \ \dots \ P_{nn(n)}^2 \| \quad (5.5.)$$

$$P_1^2 = \| P_{11}^2 \ P_{12}^2 \ \dots \ P_{1n(1)}^2 \| \quad (5.6.)$$

$$P_2^2 = \| P_{21}^2 \ P_{22}^2 \ \dots \ P_{2n(2)}^2 \| \quad (5.7.)$$

.....

$$P_n^2 = \| P_{n1}^2 \ P_{n2}^2 \ \dots \ P_{nn(n)}^2 \| \quad (5.8.)$$

Теперь уже по аналогии представится и матрица структурных коэффициентов на любом  $m$ -ом цикле:

$$P^m =$$

$$= \| P_{11}^m \ P_{12}^m \ \dots \ P_{1n(1)}^m \ P_{21}^m \ P_{22}^m \ \dots \ P_{2n(2)}^m \ \dots \ P_{n1}^m \ P_{n2}^m \ \dots \ P_{nn(n)}^m \| \quad (5.9.)$$

С учетом введенных обозначений найдем потери соответственно на первом, втором и других циклах:

$$P^1 = \sum_{j=1}^n P_j^1 \quad (5.10)$$

$$P^2 = \sum_{j=1}^n P_j^1 \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^2 \quad (5.11)$$

Для получения циклических формул обозначим:

$$\begin{aligned} P_1^2 &= P_1^1 \sum_{i=1}^{n(1)} a_{1i}^2 \\ P_2^2 &= P_2^1 \sum_{i=1}^{n(2)} a_{2i}^2 \\ &\dots \dots \dots \\ P_j^2 &= P_j^1 \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^2 \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \quad (5.12)$$

Тогда косвенные потери на втором цикле имеют вид (5.10.), то есть:

$$P^2 = \sum_{j=1}^n P_j^2 \quad (5.13)$$

или



$$P^2 = \sum_{j=1}^n P_j^1 \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^2 \quad (5.14)$$

Соответственно на третьем уровне будем иметь:

$$P_j^3 = P_j^2 \sum_{i=1}^{n(1)} a_{ji}^3$$

$$P_j^3 = P_j^2 \sum_{i=1}^{n(2)} a_{ji}^3 \quad (5.15)$$

.....

$$P_j^3 = P_j^2 \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^3$$

.....

А все косвенные потери на третьем уровне могут быть найдены по аналогичной формуле:

$$P^3 = \sum_{j=1}^n P_j^3 \quad (5.16)$$

или

$$P^3 = \sum_{j=1}^n P_j^2 \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^3 \quad (5.17)$$

Для  $m$ -го цикла по аналогии будем иметь:

$$P^m = \sum_{j=1}^n P_j^{(m-1)} \sum_{i=1}^{n(j)} a_{ji}^m \quad (5.18)$$

Для оценки полного косвенного экономического ущерба в связи с потерями продукции в конкретном пункте землетрясения введем следующие обозначения:

$\alpha_j^1$  — упущенный доход в связи с потерями продукции  $j$  на первом цикле;

$\alpha_i^m$  — упущенный доход в связи с потерями продукции  $i$  на  $m$ -ом цикле;

$U$  — полный косвенный ущерб от цепочки потерь продукции в народном хозяйстве в результате землетрясения в конкретном пункте.

Тогда:

$$U = \sum_{j=1}^n \alpha_j^1 P_j^1 + \sum_{m=2}^M \sum_{j=1}^n P_j^{(m-1)} \sum_{i=1}^{n(i)} \alpha_i^m a_{ij}^m \quad (5.19)$$

Поскольку цепочка циклов в народном хозяйстве  $m \rightarrow \infty$ , то встает вопрос о разумных пределах ее рассмотрения. Некоторую аналогию могут дать результаты практических расчетов стоимостных удельных коэффициентов прямых, косвенных и полных материальных затрат в народном хозяйстве. Такие расчеты осуществлялись в 70-х годах на основе построенного межотраслевого баланса СССР. Так, с учетом косвенных затрат до третьего-четвертого циклов для большинства видов продукции получено близкое приближение к полным затратам\*. В терминах наших построений это соответствует пятому-шестому циклам. Предположение о таких аналогиях основано на том, что цикличность потерь продукции, по-видимому, в значительной степени зависит от значений коэффициентов материальных затрат  $a_{ij}^m$ . Практическое же подтверждение о пределах рассмотрения циклов можно получить после реальной оценки незначительности вклада косвенного ущерба на определенном цикле в величину полного косвенного ущерба по отдельным продуктам.

С каскадом косвенных потерь продукции напрямую связаны потери занятости в условиях потенциально нарастающей безработицы. Если предположить прямую зависимость потерь рабочих мест от сокращения производства, то можно определить косвенный ущерб от потенциальной безработицы в связи с землетрясением в конкретном пункте.

\* Гранберг А. Г. Математические модели социалистической экономики. — М.: Экономика, 1978.

Обозначим через:

$t_j^1$  и  $t_i^m$  трудоемкость единицы выпуска продукции  $j$  и  $i$  на первом и  $m$ -ом циклах;

$\beta_j^1$  — средняя выплата по безработице в связи с потерями продукции  $j$  на первом цикле;

$\beta_i^m$  — средняя выплата по безработице в связи с потерями продукции  $i$  на  $m$ -ом цикле;

$T$  — полный косвенный ущерб от цепочки потерь занятости в народном хозяйстве в связи с землетрясением в конкретном пункте.

Тогда:

$$T = \sum_{j=1}^n \beta_j^1 t_j^1 P_j^1 + \sum_{m=2}^M \sum_{j=1}^n P_j^{(m-1)} \sum_{i=1}^{n(j)} \beta_i^m t_i^m a_{ji}^m \quad (5.20)$$

В результате землетрясения в районе Лос-Анджелеса американскими экономистами были осуществлены экспериментальные оценки ущерба от упущенного косвенного дохода и косвенных потерь занятости. При этом упущенный косвенный доход составил 32,5% от стоимости косвенных потерь продукции. Показатели ущерба по косвенным потерям занятости составили всего 3% от упущенного косвенного дохода\*. В данной работе не раскрыт механизм определения указанных косвенных показателей. Но по логике отмеченные соотношения представляются реальными.

Следует отметить, что в России по сравнению с США, во-первых, материалоемкость продукции выше, а, во-вторых, заработная плата и пособия по безработице значительно ниже. Исходя из этого можно предположить, что в суммарном циклическом косвенном ущербе в России соотношение потерь занятости по сравнению с потерями продукции будет еще меньше.

Отсюда следует, что в структуре косвенного ущерба от землетрясения, вероятно, ведущую роль будут играть циклические потери продукции. Поэтому указанное выше предположение о прямой зависимости потерь рабочих мест от сокращения производства вполне допустимо. В действительности же, может быть сокращение занятости (неполный рабочий день) с уменьшением заработной платы или комбинация потерь рабочих мест с сокращением занятости. Однако усложнение расчетов по таким вариантам

\* Hal Cochrane. The Economic Consequences of the Northridge Earthquake. Presentation to FEMA September 11, 1995, p. 4.



прид ли целесообразно, так как это, по-видимому, не будет иметь существенного значения для суммарной оценки циклического косвенного ущерба.

Методология моделей Input-Output для оценки косвенного ущерба используются за рубежом\*. У нас такого рода модели называются моделями межотраслевого баланса. Однако, в конструкциях зарубежных и отечественных моделей имеются отличия, связанные, например, с особенностями учета экономической структуры, агрегированностью данных, временными интервалами, пространственными характеристиками. Так, в отмеченной выше работе "Macroeconomic effects of the Loma Prieta Earthquake" приводятся некоторые результаты расчетов по региональным моделям с поквартальной разбивкой экономических показателей. При этом не раскрывается конкретный механизм оценки косвенного ущерба в региональном масштабе и не оцениваются возможные последствия в разрезе национальной экономики, то есть за пределами межотраслевых связей региона. В России наиболее разработанными являются модели в рамках народного хозяйства в целом с годовой разбивкой учитываемых показателей. Такой пространственный разрез дает для наших условий определенный плюс, так как имеется довольно существенная открытость экономики регионов. При этом (что имеет важное отношение к нашей проблеме) в связи с необходимостью исследования материалоемкости отечественного производства были осуществлены оценки соотношений прямых, косвенных и полных удельных материальных затрат в народном хозяйстве. Эти исследования могут служить составной частью методологии оценки косвенного ущерба от землетрясения, что учитывается в более общих циклических построениях, приведенных выше.

Одним из возможных направлений использования циклических расчетов является определение критических узлов и дефицитных потоков продукции в межотраслевых связях. Это целесообразно для минимизации последствий землетрясения в динамике и ранжирования очередности мероприятий с целью такой минимизации.

Возникновение долговременных потерь от землетрясения в значительной степени зависит от состояния мобильности национальной экономики. Для состояния экономического кризиса вероятность увеличения долговременности последствий возрастает. Поэтому для России расчет дисконтированного ущерба весьма ак-

\* *Macroeconomic effects of the Loma Prieta Earthquake*. Association of Bay Area governments, 1991, November.

туален. Дисконтированные оценки должны отражать стоимость будущих потерь сегодня.

В сложившихся инфляционных условиях России и скачкообразности ставки банковского процента такое дисконтирование затруднено. Поэтому целесообразно осуществлять расчеты и сопоставления в твердой валюте. В настоящее время для этого имеются определенные предпосылки. Но существуют и сложности. Курс доллара США по отношению к рублю можно оценить несколькими способами.

1). Можно оценить курс инвестиционного и текущего рубля. Это необходимо сделать по отношению к базовому году до экономических потрясений российской экономики. Например, были осуществлены сравнения по однотипному газоочистному оборудованию с сопоставимыми результативными характеристиками в России и США. Выборка охватывала несколько вариантов мощности оборудования с учетом нелинейного изменения его стоимости. Было установлено в таких экспериментальных сопоставлениях примерное равенство 1 инвестиционного рубля 1 доллару США для условий 1990 г. Экспертные оценки сопоставления текущего рубля к доллару для этих условий составили 5:1. Однако использование такого способа для нынешних расчетов затруднено. Во-первых, необходимы сопоставления для разных типов инвестиционных потоков. При этом может отсутствовать необходимая информация и сам процесс оценивания весьма трудоемкий. Во-вторых, важно обосновать индекс инфляции инвестиционного рубля на момент составления проекта по отношению к базовому году. В-третьих, расчетные сопоставления должны быть стандартизированы и узаконены нормативными актами.

2). Можно использовать межстрановые сопоставления стоимостных макроэкономических показателей. Такая потребность в сопоставимой экономической информации резко возросла в условиях интенсивного развития интеграционных процессов в мировой экономике. В соответствии с Государственной программой перехода статистики и системы учета на международные стандарты Россия участвует в указанных межстрановых сопоставлениях. Основное внимание уделяется соотношению паритетов покупательной способности и валютных курсов. По предварительным расчетам Госкомстата РФ в конце 1995 г. паритет покупательной способности российского рубля стал приближаться к рыночному валютному курсу и в настоящее время он составляет, по оценке, около 2800 рублей за доллар при валютном курсе 4500 рублей. Расчеты паритета покупательной способности направлены на оценку реальной стоимости национальной валюты. Однако они являются



еще дискуссионными и не имеют пока узаконенного признания в мировом сообществе.

3). Можно использовать текущий рыночный курс рубля. Так рекомендует поступать Мировой банк при разработке инвестиционных проектов для России, в том числе — экологических. Здесь тоже имеются свои недостатки, в частности в связи с введением Россией валютного коридора. Зато этот подход наиболее прост для практического применения и имеет определенное признание. В дальнейшем будем опираться именно на этот подход.

Обозначим через  $k$  номер вида косвенного ущерба ( $k=1, \bar{K}$ );  $V_{kr}$  — значение косвенного ущерба вида  $k$  в году  $r$  ( $r=0, \bar{R}_k$ ). При этом текущий год землетрясения  $r=0$ . Будущие показатели дисконтируются по реальной ставке процента (ставка дисконтирования) относительно твердой валюты. В настоящее время мировой банк использует для России ставку в 10%. Тогда:

$$V_k = \sum_{r=0}^{\bar{R}_k} V_{kr} (1/(1+i)^r), \quad k = 1, \bar{K} \quad (5.21)$$

где:  $V_k$  — дисконтированный косвенный ущерб вида  $k$ ;

$i$  — ставка дисконтирования;

$\bar{R}_k$  — “жизненный цикл” долговременных последствий.

Может быть различным для отдельных видов косвенного ущерба.

Например, текущий косвенный ущерб от потери занятости составляет 56 млн. “Жизненный цикл” составляет 4 года, включая текущий год землетрясения. Предположим, что  $V_{k=1}$  не изменяется в течение этих лет, т. е. экономическая оценка безработицы не уменьшается в течение своего “жизненного цикла”. Тогда:

$$V_1 = 6 + 6/1,1 + 6/(1,1)^2 + 6/(1,1)^3 = \$20,9 \text{ млн.}$$

Суммарный дисконтированный косвенный ущерб ( $V$ ) будет:

$$V = \sum_{k=1}^{\bar{K}} V_k \quad (5.22)$$

Следует надеяться, что расчеты циклических и долговременных косвенных экономических последствий от землетрясений могут продемонстрировать лицам, принимающим решения, важность осуществления своевременных превентивных мер в условиях потенциальной опасности такого рода стихийных процессов.



---

---

**Некоторые положения теории риска применительно к землетрясениям, оценка сейсмического риска территорий и вопросы страхования.**

В последние годы понятие "риск" кроме чисто бытовой области человеческого общения и научного термина из теории вероятностей, завоевывает все большую сферу применения. Это связано с целым рядом причин, среди которых необходимо выделить развитие прикладных отраслей математики и информатизации жизни людей. Например, знания теории рисков все больше применяются при решении проблем, связанных с экологическими авариями и осуществлением различных видов страхования.

В зависимости от области применения, трактовка указанного понятия может в некоторой степени отличаться друг от друга. Это наглядно иллюстрируется материалами работы Первой Всероссийской конференции "Теория и практика экологического страхования", проведенной летом 1995 года на базе Института проблем рынка РАН.

По мнению Горского В. Г. и др., риск — это "двухмерная величина", включающая, как вероятность наступления нежелательного случайного события, так и связанные с ним потери". В этой же работе приводится целый ряд определений "риска" других авторов, некоторые из которых будут процитированы нами ниже.

В публикациях обращается внимание на двойственную трактовку понятия риска в различных разделах прикладной математики.

"Первая трактовка (назовем ее априорной) известна из теории решений и определяет риск как вероятность появления неблагоприятного события. Вторая — известна из теории игр и трактует риск количественно как максимальный ущерб, нанесенный этим

---

\* Горский В. Г., Моткин Г. А., Швецова-Шиловская Т. Н., Курочкин В. К. Что такое риск?// Труды Первой Всероссийской конференции "Теория и практика экологического страхования", М., 1995. — С. 23-30.

же событием".\* Согласно первой трактовки, область интересов теории риска определяется вопросами сравнения вероятностных величин.

Аналогичное заключение делается Гидасповым Б. В. и др.\*\* Шахов В. В., рассматривая понятие риска применительно к страхованию, не делает упора на указанную выше двойственность его трактовки. Он отмечает, что риск — это гипотетическая возможность наступления ущерба.\*\*\* Постулируется, что в случае наступления какого-то нежелательного события ущерб будет иметь определенную величину и уже затем определяется вероятность причинения этого ущерба.

Таким образом, в страховании риск рассматривается уже как вероятностное распределение. Измерение риска производится математическим путем с помощью применения теории вероятностей и закона больших чисел. По своей сущности риск является событием с отрицательными, особо невыгодными экономическими последствиями, которые, возможно, наступят в будущем в какой-то момент в неизвестных размерах.

В теории статистического оценивания под риском (функцией риска) понимается математическое ожидание функции потерь при отыскании оценок параметров математической модели или ее структуры.

В теории игр под риском (функцией риска) понимается математическое ожидание функции потерь какого-либо субъекта при игре с природой.

В теории статистических решений и в статистической теории распознавания образов риск рассматривается как математическое ожидание потерь.

Обратимся еще раз к вышеуказанной работе (Горский В. Г. и др.) и запишем функцию риска в формализованном виде.

Пусть рассматривается некоторое случайное событие вероятность которого  $p$ , сопровождающееся ущербом  $U$ . Вероятность события и потенциальный ущерб от его наступления есть риск. В

\* Потехин Г. С., Прохоров Н. С., Терещенко Г. Ф. Управление риском в химической промышленности. // Журнал Всес. хим. общества им. Менделеева, 1990, т. 35, N4, — С. 421-424.

\*\* Гидаспов Б. В., Кузьмин И. И., Ласкин Б. М., Фзиев Р. Г. Научно-технический прогресс, безопасность и устойчивое развитие цивилизации. // Журнал Всес. хим. общ-ва им. Менделеева, 1990, т. 35, N4, — С. 409-414.

\*\*\* Шахов В. В. Введение в страхование: экономический аспект. — М.: Финансы и статистика, 1992. — 192 с.

статистике функция риска  $R$  понимается как "свертка" из этих составляющих:

$$R = p U \quad (6.1.)$$

Принимая во внимание, что единичное событие не может рассматриваться как случайное и всегда присутствует по крайней мере еще одно противоположное событие с вероятностью  $(1-p)$  и потенциальным ущербом  $U'$ , запишем:

$$R = pU + (1-p)U' \quad (6.2.)$$

Если ущерб от противоположного события равен нулю, то имеем (6.1.).

В частном случае, когда ущерб единичного события приравнивается к единице, риск равен вероятности.

В общем случае, при рассмотрении  $n$  независимых случайных событий  $i$ , составляющих полную группу, риск выражается формулой:

$$R = \sum_{j=1}^n p_i U_i; \quad \sum_{j=1}^n p_i = 1 \quad (6.3.)$$

Таким образом, риск реализуется через ущерб, приобретая конкретные и измеримые формы. Риск и ущерб связаны с преобразующей природу деятельностью человека. Наибольший социальный и экономический ущербы проявляются через риски еще не исследованные человеком, через риски, причины проявления которых еще не раскрыты. К таким рискам следует в первую очередь отнести риск от землетрясений.

Риск от возникновения землетрясения, в страховании и других отраслях хозяйственной деятельности, относят к группе специфических рисков, а именно к катастрофическим. В эту же группу включаются риски возникновения цунами, ураганов и других проявлений стихийных сил природы. Причиной возникновения катастрофических рисков может явиться и деятельность человека (например, авария на Чернобыльской АЭС).

В соответствии с международной классификацией катастрофические риски подразделяют на местные (эндемические), проис-



ходящие под воздействием метеорологических факторов и условий, и риски, обусловленные качественным состоянием земельных ресурсов (например, эрозия почв). Особо при этом выделяют риски, связанные с преобразующей деятельностью человека.

Согласно классификации немецкого ученого Х. Майера, приводимой В. В. Шаховым, катастрофические риски необходимо подразделять на две группы: 1) землетрясения, смещения земли (оползни, трещины земной поверхности, камнепады и пр.), наводнения, бури; 2) эпидемии и новые болезни человека, ослабляющие воздействие применения новых лекарственных препаратов на организм человека.

Определенное признание получила и классификация катастрофических рисков американского ученого Е. Фрея. Он подразделяет катастрофические риски на четыре группы: 1) атмосферно обусловленные катастрофические риски (бури, градобития, снегопады, сход снежных лавин, обледенение и т. д.); 2) геологически обусловленные катастрофические риски (землетрясения, извержение вулканов, смещение участков земной коры, наводнения, сели и т. д.); 3) катастрофические риски, обусловленные преобразующей деятельностью человека; 4) катастрофические риски, обусловленные болезнями (эпидемии, эпизоотии, интоксикации и т. д.).

Выделяют риски субъективные и объективные. Объективные риски не зависят от воли и сознания человека. Субъективные риски обусловлены отрицанием, незнанием или игнорированием существующего положения вещей, объективной реальности.

Следует иметь в виду, что любой риск имеет конкретный объект проявления с которым он связывается. Все факторы риска проявляются и изучаются по отношению именно к этому объекту. Анализ полученной информации в комплексе с другими мероприятиями позволяет добиться предотвращения или существенно снижения негативных последствий реализации риска.

Именно с этим объектом связан еще целый ряд опасностей, тающихся в нем. При идентификации и описании этих опасностей используются специальные алгоритмы, например, приводимый в работе "К оцениванию уровня экологической опасности производственных объектов с использованием теории рисков",\* метод изучения опасностей и функционирования объектов техносферы (Hazard and operability studies, HAZOP).

\* Горский В. Г., Моткин Г. А., Швецова-Шилова Т. Н., Курочкин В. К. К оцениванию уровня экологической опасности производственных объектов с использованием теории рисков// Труды Первой Всероссийской конференции "Теория и практика экологического страхования", М., 1995. — С. 15-22.

Приведем краткое описание указанного метода.

*Метод изучения опасностей и функционирования объектов техносферы* заключается в предварительном анализе опасностей, способных воплотиться в техногенные аварии, их привязке к основным составным частям или операциям исследуемого объекта. Затем следует процедура, заключающаяся в составлении перечня возможных инцидентов, проистекающих из опасностей.

Под инцидентом подразумевается разгерметизация оборудования или другие нарушения, приводящие к выходу токсического или энергетического потенциала в окружающую среду. Наличие опасности есть необходимое, но недостаточное условие возникновения инцидента. Для того, чтобы имеющаяся опасность проявилась в виде инцидента, необходимо как минимум еще и инициирующее событие. За инициирующим событием могут последовать некоторые промежуточные события, которые в совокупности с инициирующим событием и приведут к инциденту. Процедура составления перечня инцидентов предполагает прослеживание всех возможных цепочек "опасность — инициирующее событие — промежуточные события — инцидент".

Имеется два основных подхода к составлению перечня инцидентов.

Первый подход составления перечня инцидентов сводится к тому, что сначала применительно к каждому виду опасностей, свойственных объекту, выявляют все возможные инициирующие события. В качестве этих событий могут выступать технологические просчеты и ошибки людей или природные катастрофы.

Промежуточные события могут как увеличивать эффект инициирующих событий, превращая их в инцидент, так и ослаблять их и даже подавлять, не допуская превращения в инцидент.

К промежуточным событиям, способствующим развитию неблагоприятных последствий, могут быть отнесены неисправности в системе защиты, появление дополнительных источников возгорания, возникновение статического электричества и пр.

К промежуточным событиям, препятствующим развитию неблагоприятных последствий, могут быть отнесены эффективное срабатывание систем защиты, оперативное оповещение об опасности, эффективные действия систем реагирования и пр.

Неблагоприятные промежуточные события могут привести к инцидентам, выражающимся в авариях. Это могут быть выбросы или проливы вредных веществ в окружающую природную среду, взрывы, пожары.

Второй подход составления перечня инцидентов выражается в построении "деревьев отказа" и "деревьев событий".



Каждое "дерево отказа" прослеживает цепочку событий которые могут иметь место в системе в обратном направлении: от конечного события (инцидента) к одному или большему числу исходных событий. "Дерево отказа" представляет собой иерархическую структуру, представляемую графом. Построение "дерева отказа" носит последовательный характер. За начало (нулевой уровень) принимается вершинное событие — инцидент. Выявляются возможные промежуточные события, образующие первый уровень иерархии. Таких событий, являющихся причиной по отношению к вершинному событию как следствию, может быть несколько. После этого каждое промежуточное событие первого уровня рассматривается как следствие и для него находятся возможные причины в виде промежуточных событий второго уровня и т. д. до инициирующих событий.

После формирования перечня инцидентов наступает этап отбора значащих инцидентов. Необходимость выполнения этого этапа обусловлена их огромнейшим количеством и служит для упрощения решаемой задачи. Для производства отбора раскрываются связи инцидентов с их проявлениями в виде аварий.

Далее составляется сокращенный перечень значащих инцидентов, производится их объединение в группы и ранжирование с разбивкой на три класса: локальные, основные и катастрофические. Отбор инцидентов может завершаться составлением описательных сценариев развития аварий, отобранных для последующего анализа риска.

Далее перейдем к рассмотрению одного из основных катастрофических рисков — сейсмического риска.

Изначально под сейсмическим риском (понятие возникло в сейсмологии) понималась оценка вероятности превышения заданной интенсивности землетрясений за определенный промежуток времени в рассматриваемом районе.\* Позже сейсмический риск стали связывать с последствиями землетрясений, понимая его как вероятность полного ущерба, обусловленного повреждениями объектов и экономическими убытками за определенный период времени.\*\* С 1978 г., основываясь на материалах VI Европейской

\* Cornell C. A. Engineering seismic risk analysis. — Bull. of the Seismol. Soc. of America, 1968, v. 56, N5, p. 1583-1606.

\*\* Канторович Л. В., Кейлис-Борок В. И., Молчан Г. М. Сейсмический риск и принципы сейсмического районирования.// В кн.: Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных./ Вычислительная сейсмология. — М.: Наука. — 1973, Вып. 6.



конференции по сейсмостойкому строительству, используют понятия сейсмической опасности и сейсмического риска.

Под сейсмической опасностью понимается сам факт подверженности землетрясениям данной территории и расположенных в ее пределах объектов.

Сейсмический риск обязательно связывается с результатами воздействия землетрясения на материальное состояние объектов и экономическое положение субъектов, попавших в зону этого воздействия.

В последние годы активные исследования по проблемам сейсмического риска проводятся под эгидой UNDRO и UNESCO и первые шаги были сделаны по унификации понятийного аппарата.<sup>7</sup> Приведем некоторые из основных определений, знание которых, по нашему мнению, необходимо всем специалистам в той или иной степени занимающимся проблемой оценки сейсмического риска.

Потери — стоимость восстановления здания до того состояния, в котором оно находилось в момент до землетрясения или стоимость его сноса и строительства нового идентичного здания на месте разрушенного.

Удельные потери — отношение стоимости восстановления или замены здания к его общей первоначальной стоимости.

Степень уязвимости здания ( $V_i$ ) — удельные потери в случае различной степени интенсивности колебаний  $i$ . Степень уязвимости — это математическая функция. Степень уязвимости здания определяется только его динамическими и прочностными свойствами и не зависит от того, подвержено оно воздействию сейсмических колебаний или нет.

Риск — вероятность потерь в данный период времени.

Удельный риск ( $R_y$ ) — вероятность возникновения удельных потерь в данный период времени.

$$R_y = \int V_i p_i d_i \quad (6.4)$$

где:  $p_i$  — вероятность сейсмических колебаний интенсивностью  $i$  в основании здания в определенный период времени.

<sup>7</sup> Fournier d'Albe E. M. An approach to earthquake risk management. *Engineering Structures*, 1982, v. 4, N7, p. 147-152.

Приведем некоторые из наиболее популярных "нелинейных" критериев (т. е. определяемые нелинейными относительно вероятностного распределения функционалами), представленных А. Г. Шоломишким, В. И. Ротарем, В. Е. Бенингом\*.

Ниже:  $y_1, \dots, y_N$  — возможные события;

$v, \pi, \tau, g$  — некоторые специальным образом подобранные функции.

$$\sum_{i=1}^N v(y_i) \pi(p_i) \quad (6.5.)$$

$$\left( \sum_{i=1}^N v(y_i) \right) \sum_{i=1}^N \pi(p_i) \quad (6.6.)$$

$$\left( \sum_{i=1}^N \tau(y_i) \pi(p_i) \right) \sum_{i=1}^N v(y_i) \pi(p_i) \quad (6.7.)$$

$$\sum_{i=1}^N v(y_i) [g(p_1 + \dots + p_i) - g(p_1 + \dots + p_{i-1})] \quad (6.8.)$$

$$\sum_{i=1}^N v(y_i) p_i + \left( \sum_{i=1}^N \tau(y_i) \pi(p_i) \right)^2 \quad (6.9.)$$

\* Ротарь В. И., Бенинг В. Е. Введение в математическую теорию страхования. // Обзорение прикладной и промышленной математики. / Серия "Финансовая и страховая математика", 1994, том 1, вып. 5. — С. 698-779.

Адекватная оценка риска разрушения для старых зданий возможна на основании опыта изучения их поведения при реальных землетрясениях. Однако, зачастую приходится оперировать с макросейсмическими данными, а их анализ, естественно, не позволяет произвести оценку удельного риска для каждого отдельно взятого здания.

Оценку риска можно произвести лишь как среднюю для определенной категории зданий. При этом необходимо иметь в виду, что риск для группы зданий в значительной степени выше, чем сумма рисков по отдельным зданиям.

Необходимо так же помнить, что на оценку риска существенное влияние оказывает степень достоверности и полнота сейсмологических данных.

Вероятностная природа сейсмических явлений определяется как случайным характером колебаний грунта, так и неопределенностью распределения землетрясений различной интенсивности во времени.\*

Необходимо при оценке риска учитывать повторяемость землетрясений. Как правило, этот учет производится на основе предположения о полном восстановлении зданий и сооружений после каждого землетрясения, что на практике не осуществляется. Обычно дело заканчивается на уровне косметического ремонта.

Достаточно сложно учесть не только собственно характеристики повторяемости землетрясений, но и определить взаимосвязи сейсмических эффектов нескольких землетрясений, произошедших последовательно через различные отрезки времени и при их различной интенсивности.

В результате сильных движений грунта, вызываемых землетрясением, различные объекты (здания, население, общественные и промышленные сооружения) повреждаются в различной степени: люди получают ранения, психические травмы, погибают; здания и сооружения повреждаются или разрушаются; поверхность земной коры трансформируется и т. п. Каждый элемент уязвим в различной степени в зависимости от его чувствительности к вибрации или ко вторичным эффектам.

Уязвимость объекта может быть выражена процентным соотношением ухудшения его функционирования вследствие определенного уровня сейсмической опасности. Результаты подобного

---

\* Лахтер В. М., Фролова Н. И. Многопараметрическое задание сейсмических воздействий. // В кн.: Прогноз сейсмических воздействий. / Вопросы инженерной сейсмологии. — М.: Наука, 1984, вып. 25. — С.51-66.



подхода приводятся в работе Шойгу С. К. и др.<sup>\*</sup>, пожалуй, одной из наиболее полных по проблеме сейсмического риска. Здесь мы представим эти результаты в виде небольшой таблицы 6.1.

В литературе известны так же примеры получения функций уязвимости эмпирическим путем.

В США методика и техника расчета сейсмического риска усилиями многих специалистов доведена до уровня оперативной технической службы консультаций по капиталовложениям и страхованию имущества. Для значительной территории штатов Калифорния и Невада с учетом активности тектонических разломов, опасности вторичных явлений (оползни, обвалы) и свойств грунтов составлена детальная карта землепользования, где для каждого участка может быть рассчитан уровень риска, определены направления инвестиций и даны рекомендации по страхованию существующего имущества и новой застройки.

Таблица 6.1.

Уязвимость, соответствующая трем типам зданий по MSK.

Тип здания	Макросейсмическая интенсивность по шкале MSK						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
A	0,001	0,015	0,227	0,565	0,825	0,750	1,000
B	0	0,001	0,057	0,227	0,565	0,825	0,750
C	0	0	0,010	0,072	0,227	0,565	0,700

Для доведения технического решения проблемы до подобного уровня потребовалось, естественно, проведение значительной серии оценок. О глубине проработки свидетельствует то обстоятельство, что на основе использования указанных материалов для каждого здания раздельно учитываются: тип конструкций (уязвимый, умеренно уязвимый, неуязвимый); качество проектных решений (плохое, приемлемое, хорошее); качество строительных работ (плохое, приемлемое, хорошее).

Следует, правда, отметить, что внешние факторы риска в этих работах принимаются постоянными, что изменение риска связывают только с дополнительными инвестициями, сносом зданий и изменением режима их эксплуатации. Фактор обветшания

<sup>\*</sup> Шойгу С. К., Шахраманян М. А., Кофф Г. Л., Кенжебаев Е. Т., Ларионов В. И., Нигметов Г. М. Анализ сейсмического риска, спасение и жизнеобеспечение населения при катастрофических землетрясениях (сейсмические, методологические и методические аспекты). — М., 1992. — 296 с.

зданий (тем более заметный, чем хуже изначальное качество строительства здания) в них не учитывается.

Таким образом, риск зависит от природных, техногенных и социальных факторов, формирующих характер и интенсивность сейсмического воздействия, вторичные природные процессы, структуру и характер реципиентов и их уязвимость.

Выделяют риски априорный и апостериорный. Представим информационно-логическую модель априорного и апостериорного рисков и их взаимоотношения следующим образом\* :

$$\begin{aligned} H(J) &\rightarrow J(a) \rightarrow i \rightarrow L(i,q) \\ H(B) &\rightarrow B(J,a) \rightarrow b \rightarrow L(b,q) \\ H(D) &\rightarrow D(J,B,a) \rightarrow d \rightarrow L(d,q) \\ H(F) &\rightarrow F(J,D,a) \rightarrow f \rightarrow L(f,q) \end{aligned} \quad (6.10.)$$

В данной схеме:

$H(J)$ ,  $H(B)$ ,  $H(D)$ ,  $H(F)$  — соответственно, априорные оценки опасности для общества, для технико-технологических систем, для зданий и сооружений, для природной среды (при их рассмотрении в аспекте генерирования вторичных воздействий);

$J(a)$ ,  $B(J,a)$ ,  $D(J,B,a)$ ,  $F(J,D,a)$  — соответственно, априорные оценки риска для человека, технико-технологических систем, зданий и сооружений, природной среды;

$i$ ,  $b$ ,  $d$ ,  $f$  и  $L(i)$ ,  $L(b)$ ,  $L(d)$ ,  $L(f)$  — соответствующие оценки апостериорного риска степени пораженности ( $i$ ,  $f$ ) и ущерба  $L(i)$ ,  $L(f)$ ;

$a$  — оценка деятельности человека, в том числе вклад ошибок деятельности;

$q$  — интенсивность сейсмических событий.

\* Кофф Г. Л., Чеснокова И. Д. Оценка сейсмического риска и вопросы страхования от землетрясений. // Сб. трудов отд. ГЭИ МАИ и ИЛСАН: Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995.— С. 58-64.

Общая вероятность риска может быть выражена суммой вероятности риска ошибок, обусловленных объективной недостаточностью знаний об исследуемых процессах, вероятности модальных ошибок (погрешностей долженствования) и вероятности непредвиденных (трансляционных, каскадных) эффектов, приводящих к изменению взаимодействия исходных элементов и компонентов систем.

Следует отметить, что деятельностные аспекты формирования риска осознаются и изучаются достаточно редко. Не входят они и в круг проблем рассматриваемых в данной работе, хотя их вклад в ущербобразование очень значителен.

Примером деятельностных ошибок могут служить ошибки в проектировании зданий и сооружений. Так, в результате землетрясения на Сахалине 25.05.95 ( $M = 7,2$ ) в г. Нефтегорске были полностью разрушены 17 несейсмостойких крупноблочных зданий, построенных в 60-х годах, и хорошо сохранились 4 сейсмостойких здания, возведенные в 1979-1983 гг. и рассчитанные на 7 баллов (по шкале MSK-64).

В целом апостериорный риск, реализовавшийся в г. Нефтегорске, явился следствием ошибок "незнания" (в результате сейсмического районирования район в 1962 г. был отнесен к несейсмичным), модальных ошибок (ошибки изыскания, проектирования, строительства) и трансляционных эффектов (локальное подтопление песков в основании зданий в результате утечек при многолетней эксплуатации водопровода, что привело к повышению сейсмичности).

Только прямой экономический ущерб от разрушения жилых зданий в Нефтегорске превысил 230 млрд. руб. (в ценах на 01.06.95), в то время как усиление зданий до 7 баллов (без выселения жильцов) обошлось бы 100 млрд. руб., а повышение сейсмостойкости еще в процессе возведения зданий обошлось бы на 4-5% больше стоимости строительства несейсмостойких зданий.

К тому же слабая сейсмостойкость зданий привела к гибели 1989 человек и ранениям более 400 человек, и это при численности населения города около 3000 человек.

Значительно меньший апостериорный риск наблюдался при Шикотанском землетрясении 05.10.94 г. ( $M = 8,0$ ). Здесь в основном подтвердились данные сейсмического районирования (интенсивность на острове Шикотан составила 9 баллов, Кунашир — 7-8 баллов, Итуруп — 6-7 баллов). Наибольшее число погибших (8 из общего числа 11) пришлось на Итуруп, где был разрушен госпиталь построенный на скрещении активных тектонических разломов, в зоне динамического влияния которых при землетрясении



проявились значительные остаточные деформации, а сейсмическое воздействие локально было усилено.

На Кунашире (Южно-Курильск, Дубовое, Головинно), где ущерб был в значительной мере предотвращен за счет новой сейсстойкой крупнопанельной застройки, степень поврежденности которой отвечала, в основном, 2-3 степени по шкале MSK-64, степень реализации риска (отношение величины апостериорного риска к величине прогнозного, априорного риска) составила не более 0,5-0,6.

Поскольку риск связывается с ущербом, наносимым территории или объекту, то его величина зависит от степени опасности (интенсивности) процесса и степени уязвимости территории (объекта), на которые воздействует процесс.

Уязвимость определяется величиной потерь, вызванных в течение фиксируемого времени воздействием процесса определенной интенсивности на территорию (объект) с определенным состоянием и свойствами.

Изменение уязвимости территории (объекта) зависит еще и от циклов естественных процессов, влияющих на усиление или ослабление риска гибели людей и пр. Это: циклы солнечной активности; годовые циклы, связанные со сменой времен года; суточные циклы.

Флуктуация уязвимости в зависимости от технических факторов связана с уровнем инженерной защиты от опасных процессов, изменением состояния зданий (сооружений) во времени, вариацией состояния и положения в пространстве предметов оборудования и быта, их пожароопасностью и т. п.

При учете влияния на изменение уязвимости территорий (объектов) во времени социальных факторов выделяются относительно зависимые и относительно независимые факторы. Те и другие взаимосвязаны с природными и техническими факторами уязвимости.

К числу относительно зависимых факторов относятся такие факторы как суточная и сезонная внутригородская миграция населения, психологическая готовность человека к воздействию опасного процесса.

К относительно независимым социальным факторам относятся: организационная готовность общества к опасному процессу; готовность специальных спасательных и медицинских подразделений; наличие финансовых и материальных резервов и т. д.

Уязвимость является наиболее существенной компонентой риска в аспекте его снижения, поскольку управление опасными процессами, в основном, ограничивается в настоящее время, пассивной инженерной защитой, главным образом на локальном

уровне взаимодействия опасности и уязвимости. В силу этого оценки уязвимости относятся к важнейшей части сценариев реализации риска. Таким образом, проблемы управления риском сводятся, в основном, к управлению уязвимостью территорий (объектов) при воздействии опасных процессов.

Отечественными специалистами проводился ряд исследований посвященных вопросам оценки сейсмического риска. В работах, опубликованных по материалам этих исследований, анализируется широкий комплекс сейсмологических данных с учетом их статистической природы и оцениваются различные суммарные эффекты, вызываемые воздействием землетрясения за длительный период времени. Эффект понимается как количественная мера ущерба от землетрясения, а объект — как совокупность материальных и иных ценностей, распределенных в сейсмической зоне.

*Рассмотрим возможность выполнения вероятностной оценки ожидаемого количества людей, жизнь которых будет подвергаться опасности из-за разрушения зданий при землетрясении.*

На основе обобщения имеющегося опыта в уже отмечавшейся работе "Анализ сейсмического риска, спасение..." применяется иной подход к оценке сейсмического риска и разработан методический аппарат, позволяющий оценивать сейсмическую опасность для населения, проживающего в зоне землетрясений, для различного времени суток. Ключевым моментом этого подхода является временная функция сейсмического риска, ранее используемая одним из авторов работы в других исследованиях\*.

Временной функцией сейсмического риска называется случайная функция, численно равная ожидаемому числу людей, жизнь которых подвергается сейсмической опасности в заданные моменты времени из-за разрушения зданий от землетрясений.

Случайная величина  $R(t)$  может быть представлена в следующем виде:

$$R(t) = \sum_{i=1}^I X_i Z_i(t) \quad (6.11.)$$

\* Шахраманьян М. А. Синтез и анализ временных функций сейсмического риска. // В сб.: Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — М.: ВИНТИ, 1992, вып. 4. — С. 50-62.



где:  $X_i$  — некоторые случайные величины;  
 $Z_i(t)$  — неслучайные функции времени.

Представление (6.11.) вполне допустимо согласно методу канонического разложения В. С. Пугачева.\*

Физический смысл формулы (6.11.) следующий.

При оценке количества людей, жизнь которых подвергается опасности от разрушения зданий в результате землетрясения, важно знать сколько именно человек находится в зданиях того или иного типа в определенные моменты времени. В связи с этим необходимо отметить, что помимо сейсмостойкости, различные здания могут так же отличаться друг от друга и по динамике их заполнения во времени. Так, жилые здания имеют одну динамику заполнения, промышленные здания — другую, учреждения социально-культурного назначения — третью. Это обстоятельство учитывается в формуле (6.11.) функцией  $Z_i(t)$ .

В дальнейшем  $Z_i(t)$  именуется динамическими компонентами временной функции сейсмического риска  $R(t)$ . Для определенности обозначим, что  $0 \leq Z_i(t) \leq 1$ . В этом случае случайные величины  $X_i$  характеризуют амплитуду функций  $Z_i(t)$ , а именно, максимально возможное число людей, которые могут находиться в зданиях с заданными динамическими компонентами  $Z_i(t)$ .

Случайные величины  $X_i$  можно представить следующим образом:

$$X_i = n_i S_i \quad (6.12.)$$

где:  $n_i$  — ожидаемое число зданий с динамической компонентой  $Z_i(t)$  разрушенных при землетрясении;

$S_i$  — максимальное число людей которые могут находиться в этих зданиях.

Из формулы (6.12.) следует, что величины  $X_i$  в принципе можно считать независимыми. Это означает, что число зданий, разрушение которых потенциально возможно, зависит, в первую очередь, от сейсмостойкости зданий и интенсивности землетрясений, а уже потом от того является здание жилым домом или производственным сооружением, или сооружением социально-культурного назначения. В дальнейшем величины  $X_i$  именуются стационарными компонентами функции сейсмического риска  $R(t)$ .

\* Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука, 1979. — 495 с.



Рассмотрим более подробно вопрос синтеза временной функции сейсмического риска для некоторого населенного пункта.

Для этого необходимо задаться некоторыми величинами:

$P_1, P_2, \dots, P_k$  — вероятности разрушений зданий и сооружений в данном населенном пункте при землетрясении;

$N_1, N_2, \dots, N_k$  — число зданий с заданной вероятностью разрушения от землетрясений;

$S_1, S_2, \dots, S_k$  — максимальное число людей, которое может быть размещено в данном здании (вместимость здания);

$Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_L(t)$  — динамические компоненты временных функций сейсмического риска, характерные для данного населенного пункта.

Формирование временных рядов  $R(t)$  осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе формируются следующие массивы данных:

$$Z_1(t) = \{ N_1^1, N_2^1 \dots N_j^1 \dots N_k^1 \} \quad (6.13.)$$

$$Z_2(t) = \{ N_1^2, N_2^2 \dots N_j^2 \dots N_k^2 \} \quad (6.14.)$$

$$Z_L(t) = \{ N_1^L, N_2^L \dots N_j^L \dots N_k^L \} \quad (6.15.)$$

где:  $N_j^i$  — число зданий, имеющих динамическую компоненту  $Z_i(t)$  и вероятность разрушения здания от землетрясения  $P_i$ .

Естественно, что:

$$\sum_{j=1}^L N_j^1 = N_1; \quad \sum_{i=1}^L N_i^2 = N_2; \quad \dots \quad \sum_{i=1}^L N_i^L = N_L \quad (6.16.)$$

На втором этапе определяются следующие массивы данных:

$$\{ 1N_1^1, 2N_1^1, 3N_1^1 \dots jN_1^1 \dots rN_1^1 \} \quad (6.17.)$$

$$\{ 1N_2^1, 2N_2^1, 3N_2^1 \dots jN_2^1 \dots rN_2^1 \} \quad (6.18.)$$

$$\{ 1N_j^j, 2N_j^j, 3N_j^j \dots mN_j^j \dots rN_j^j \} \quad (6.19.)$$

$$\{ 1N_k^L, 2N_k^L, 3N_k^L \dots mN_k^L \dots rN_k^L \} \quad (6.20.)$$

где:  $mN_j^j$  — количество зданий, имеющих вероятность разрушения от землетрясения  $P_j$ , динамическую компоненту функции сейсмического риска  $Z_j$  и вместимость людей  $S_m$ .

Вероятность того, что  $mN_j^j$  из  $mN_j$  зданий разрушится (получат степень разрушения выше четвертой) можно описать биномиальным законом:

$$P_n N = C_N^n P^n (1 - P)^{N-n} \quad (6.21.)$$

В формуле (6.21.) индексы  $i, j, m$  для величин  $P_j, mN_j^j; mN_j$  для простоты написания опущены.

При условии, что величина  $N$  достаточно велика, можно аппроксимировать биномиальное распределение (6.21.) согласно локальной теореме Лапласа-Муавра нормальным законом:

$$P_n N = (1/\sqrt{2\pi} \delta_n) e^{-\frac{(n-\mu_n)^2}{2\delta_n^2}} \quad (6.22.)$$

В формуле (6.22.) математическое ожидание  $\mu_n$  и среднеквадратическое значение  $\delta_n$  числа разрушенных зданий определяется формулами:

$$\mu_n = NP; \quad \delta_n = \sqrt{NP(1-P)} \quad (6.23.)$$

Математическое ожидание и среднеквадратическое значение максимального числа людей, находящихся в  $mN_j^l$  зданиях с вместимостью  $S_m$ , жизнь которых подвергается опасности из-за разрушения зданий от землетрясения, определяется следующими формулами:

$$M = mN_j^l P_j S_m, \quad \delta_{\pi} = \sqrt{mN_j^l P_j (1-P_j) S_m} \quad (6.24.)$$

В дальнейшем для облегчения расчета характеристик функций сейсмического риска представляется целесообразным ввести в рассмотрение функции сейсмического риска I, II и III родов.

При этом под функцией сейсмического риска I рода  $R^I(t)$  понимается такая функция, с помощью которой можно оценить численность населения  $X_i$ , находящегося в зданиях с заданной динамической компонентой  $Z_i$  и подвергающегося сейсмической опасности.

Функция  $R^I(t)$ , например, может быть использована для оценки численности людей, проживающих в жилых кварталах (селитебной зоны) и подвергающихся сейсмической опасности:

$$R^I(t) = X_i Z_i(t) \quad (6.25.)$$

Математическое ожидание и дисперсия  $R^I(t)$  определяются по формулам:

$$M [R^I(t)^{(0)}] = \sum_{m=1}^r \sum_{j=1}^k mN_j^{(0)} P_j S_m Z_{(i)}(t) \quad (6.26.)$$

$$M [R^I(t)^{(0)}] = \sum_{m=1}^r \sum_{j=1}^k mN_j^{(0)} P_j (1-P_j) S_m Z_{(i)}(t) \quad (6.27.)$$



Под временной функцией сейсмического риска второго рода  $R^{II}(t)$  понимается такая функция, с помощью которой можно оценить численность населения  $X_t$ , находящегося в зданиях с заданными динамическими компонентами  $Z_1(t), Z_2(t) \dots Z_l(t)$  и подвергающегося сейсмической опасности.

Функция  $R^{II}(t)$  может быть использована, например, для оценки численности людей, проживающих в некотором населенном пункте с жилыми и промышленными зданиями и учреждениями социально-культурного быта.

Функция  $R^{II}(t)$  может быть выражена следующим образом:

$$R^{II}(t) = \sum_{i=1}^L R^i(t) = X^* Z^*(t) \quad (6.28.)$$

Величина  $X^*$  подчиняется нормальному закону с математическим ожиданием:

$$M [R^{II}(t)] = \sum_{i=1}^L \sum_{m=1}^r \sum_{j=1}^k m N_j^i P_j S_m Z_i(t) \quad (6.29.)$$

и дисперсией:

$$D (R^{II}(t)) = \sum_{i=1}^L D (R^i(t)) \quad (6.30.)$$

В выражении (6.28.)  $Z^*(t)$  является динамической компонентой, а  $X^*$  — стационарной компонентой  $R^{II}(t)$ .

Необходимо отметить, что стационарные компоненты функций  $R^i(t)$  и  $R^{II}(t)$ , соответственно,  $X_i$  и  $X^*$  в наиболее общем виде должны учитывать сейсмический режим того региона, где находится населенный пункт, для которого рассчитываются временные функции сейсмического риска.

Поэтому целесообразно принять следующее:

1) пусть существуют шесть взаимноисключающих гипотез:

$H_1$  — здания населенного пункта, для которого определяются функции сейсмического риска, испытывают сотрясения менее 6 баллов;

$H_2$  — здания населенного пункта испытывают сотрясение 6 баллов;

$H_3$  — здания населенного пункта испытывают сотрясения 7 баллов;

$H_4$  — здания населенного пункта испытывают сотрясения 8 баллов;

$H_5$  — здания населенного пункта испытывают сотрясения 9 баллов;

$H_6$  — здания населенного пункта испытывают сотрясения 10 баллов и выше;

2) гипотезы  $H_1, H_2, \dots, H_6$  составляют полную группу событий и вероятностями осуществления их соответственно равны  $P_1, P_2, \dots, P_6$ ;

3) функции распределения числа разрушенных зданий в населенном пункте, для которого определяется функция сейсмического риска при гипотезах  $H_1, H_2, \dots, H_6$  соответственно равны  $F_{x1}, F_{x2}, \dots, F_{x6}$ .

С учетом этого можно определить полный закон распределения стационарной компоненты  $X$  функции  $R^H(t)$ :

$$F_{X^*q} = \sum_{i=1}^6 P_{ni} F_{xi^*} \quad (6.31.)$$

Математическое ожидание и дисперсия величины  $X^*q$  определяется по формулам:

$$M[X_q^*] = \sum_{i=1}^6 P_{ni} M[X_i^*] \quad (6.32.)$$

дисперсией:

$$D[X_q^*] = \sum_{i=1}^6 P_{ni} M[X_i^2] / \sum_{i=1}^6 P_{ni} M[X_i]^2 \quad (6.33.)$$

Таким образом, окончательное выражение для функции сейсмического риска  $II$  рода с учетом использования информации о вероятном сейсмическом сотрясении, которое могут испытывать здания населенного пункта, имеет вид:

$$R^{II*}(t) = X_q^* Z^*(t) \quad (6.34.)$$

Случайная величина  $X_q^*$  имеет функцию распределения, определяемую по формуле (6.31.).

Естественно, что в том случае, когда гипотезы  $H_1, H_2, \dots, H_6$  равновероятны (например, в случае, когда отсутствует информация о наиболее вероятных сейсмических сотрясениях, которые могут испытать здания населенного пункта), функции  $R^{II}(t)$  и  $R^{II*}(t)$  тождественно равны:

$$R^{II}(t) = R^{II*}(t) \quad (6.35.)$$

Для формирования  $R^{II*}(t)$  необходимо рассчитывать вероятности  $P_1, P_2, \dots, P_6$ . Необходимо отметить, что для их расчета потребуются данные о сейсмическом районировании сейсмоактивных районов. При этом предполагается, что все здания населенного пункта, для которого определяется функция сейсмического риска при реализации одной из гипотез  $H_i$ , испытывают сотрясения одной и той же интенсивности.

На самом деле это в ряде случаев может не соблюдаться, так как на уровень интенсивности сотрясения почвы сильное влияние оказывает состав грунта, уровень грунтовых вод и т. п., которые в пределах населенного пункта могут отличаться друг от друга и, следовательно, здания, расположенные в разных местах населенного пункта, будут испытывать различные сотрясения. В этом случае необходимо привлекать данные микросейсмического районирования. Эти данные в настоящее время еще окончательно не систематизированы, поэтому здесь используются данные сейсмического районирования. Однако, необходимо отметить, что имеется



принципиальная возможность использовать данные микросейсмического районирования при синтезе  $R^{II*}(t)$ . Для этого необходимо определить стационарные компоненты  $R^I(t)$  с учетом данных микросейсмического районирования, рассчитать полную функцию распределения  $R^I(t)$  с учетом гипотез  $H_1, H_2, \dots, H_6$  по формуле аналогичной (6.31.), а затем и полную функцию распределения  $R^{II}(t)$ .

Функция  $R^{II*}(t)$  позволяет оценить ожидаемое количество людей, жизнь которых подвергается сейсмической опасности для заданного населенного пункта. Но, как известно из опыта, при землетрясениях, особенно крупных, в зону сильных землетрясений может попасть несколько населенных пунктов, причем число этих пунктов заранее неизвестно. Следовательно, неизвестно и ожидаемое количество людей, жизни которых грозит опасность.

Таким образом, возникает задача синтеза временной функции сейсмического риска III рода, с помощью которой можно было бы оценить численность людей, проживающих в некотором районе, и жизни которых угрожает сейсмическая опасность.

Функция сейсмического риска III рода имеет вид:

$$R^{III}(t) = \sum_{i=1}^Y R^{II}(t)_i \quad (6.36.)$$

где:  $Y$  — случайная величина, равная числу населенных пунктов, попадающих в зону действия землетрясения свыше 6 баллов.

Для определения математического ожидания и дисперсии функции  $R^{III}(t)$  необходимо принять в качестве допущения следующее: предполагается, что в сейсмоопасном районе, для которого определяется  $R^{III}(t)$ , возможно возникновение  $N$  очагов землетрясений со случайными координатами. Тогда при возникновении  $j$ -го очага землетрясения в зоне действия землетрясения свыше 6 баллов попадет  $Y_j$  населенных пунктов.

Если принять, что вероятность того, что случайная величина  $Y$  принимает значение  $Y_j$  и равна  $P_{Yj}$ , а всего  $Y$  принимает  $n$  значений, то можно определить математическое ожидание  $R^{III}(t)$  при условии, что функции  $R^{II}(t)$  имеют одинаковое распределение в виде:

$$M[R^{III}(t)] = \sum_{j=1}^n P_{\eta} Y_j M[R^{II}(t)] = M[Y] M[R^{II}(t)] \quad (6.37.)$$

и дисперсию:

$$D[R^{III}(t)] = M^2[R^{II}(t)] D[Y] + M[Y] D[R^{II}(t)] \quad (6.38.)$$

В общем случае функция  $R^{III}(t)$  имеет вид:

$$R^{III}(t) = X_q Z_q(t) \quad (6.39.)$$

где:  $Z_q(t)$  — динамическая компонента функции  $R^{III}(t)$ .

Тогда,  $Z_q(t)$  имеет вид:

$$Z_q(t) = \frac{\sum_{j=1}^n P_{\eta} Y_j \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^r \sum_{j=1}^k m N^j P_j S_m Z_l(t)}{\sum_{j=1}^n P_{\eta} Y_j \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^r \sum_{j=1}^k m N^j P_j S_m} \quad (6.40.)$$

Как уже отмечалось выше, стационарные компоненты временных функций сейсмического риска I, II, III родов представляются случайными величинами  $X_j$ . Случайность величин  $X_j$  определяется тем, что количество зданий  $n$ , которые могут быть разрушены (получить степень повреждения свыше 4) в результате землетрясения, является случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону.

Более подробно рассмотрим соотношения, связанные с определением величины  $n$ . Функция распределения случайной величины  $n$  описывается формулой:

$$P(n < n') = F(n - \mu_n) / \sigma_n \quad (6.41.)$$

где:  $n^*$  — верхняя граница оценки количества разрушенных при землетрясении зданий;

$$F(t) = \int_{-\infty}^t e^{-u^2/2} du / \sqrt{2\pi} \quad (6.42.)$$

Формула (6.42.) — функция Лапласа.

Величина  $n^*$  может быть определена по формуле:

$$n^* \approx \mu_n + t p^* \delta_n \quad (6.43.)$$

где:  $t p^*$  — аргумент функции Лапласа, соответствующей заданной вероятности  $P^*$ .

Помимо верхней границы  $n^*$  можно определить так же и нижнюю границу числа  $n - n''$ .

$$n'' \approx \mu_n - t p^* \delta_n \quad (6.44.)$$

С учетом выражений для  $\mu_n$  и  $\delta_n$  согласно формулам (6.43.) и (6.44.) величины  $n^*$  и  $n''$  описываются следующими выражениями:

$$n^* = NP + t p^* \sqrt{NP(1-P)} \quad (6.45.)$$

$$n'' = NP - t p^* \sqrt{NP(1-P)} \quad (6.46.)$$

Таким образом, используя выражения (6.45.) и (6.46), можно с вероятностью  $P^*$  утверждать, что количество зданий, которые могут быть разрушены в результате землетрясения, заключены в интервале  $(n'', n^*)$ . Естественно, при этом предполагается, что все здания имеют одинаковую степень разрушения.



Величины  $n$ ,  $n^*$ ,  $n^{**}$  зависят от того, сколько зданий рассматривается при синтезе временных функций сейсмического риска. В связи с этим возникает вопрос, каково должно быть значение числа  $N$ , чтобы существовали числа  $n^*$  и  $n^{**}$ ? Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть следующие неравенства:

$$n^* = P + t p^* \sqrt{N P (1 - P)} \leq N \quad (6.47.)$$

$$n^{**} = N P - t p^* \sqrt{N P (1 - P)} \geq 0 \quad (6.48.)$$

Данные неравенства можно интерпретировать как условие существования верхней и нижней границы возможного числа разрушенных зданий с доверительной вероятностью  $p^*$ . Решая, указанные неравенства как систему, относительно  $N$ , можно получить:

$$N \geq t^2 p^* (1 - P) / P \quad (6.49.)$$

$$N \geq t p^* P / (1 - P) \quad (6.50.)$$

При этом минимальное число зданий  $N_{min}$ , которое необходимо рассматривать при синтезе временных функций сейсмического риска, определяются следующими зависимостями:

$$N_{min} = t^2 p^* (1 - P) / P \quad , \text{ при } P < 0,5 \quad (6.51.)$$

$$N_{min} = t p^* P / (1 - P) \quad , \text{ при } P > 0,5 \quad (6.52.)$$

Так, при  $P=0,1$  и  $t p^* = 3$  ( $p^*=0,997$ ) величина  $N_{min} = 81$ . Величина  $N_{min}$  может быть уменьшена при неизменном значении вероятности разрушения зданий  $P$  за счет уменьшения доверительной вероятности  $p^*$ . Так, если зафиксировать  $p^*=0,67$  ( $t p^* = 1$ ) и  $P=0,1$ , то  $N_{min} = 9$ .

Следующая проблема — *определение математического ожидания потерь людей в населенном пункте.*

В целом можно определить риск для жизни людей как вероятность смертельного исхода в населенном пункте за год при воздействии землетрясения. При этом так же должна быть учтена степень серьезности несчастного случая и определена вероятность санитарных потерь в населенном пункте за год.

По аналогии с риском, используемым при обосновании технических решений, для коэффициента риска  $R$  можно принимать допущение летального исхода для населенных пунктов на уровне:

$$R_e \leq 10^{-5} \quad 1/\text{год} \quad (6.53.)$$

По мере увеличения объемов сейсмического строительства в опасном регионе и расширения статистических данных о характере землетрясений, этот показатель может изменяться.

Уровень сейсмического риска для жизни людей предлагается определить по формуле:

$$R = P_n P_t \leq [R_e] \quad (6.54.)$$

где:  $P_n$  — вероятность поражающего действия землетрясения;  
 $P_t$  — вероятность нахождения людей в зоне риска;  
 $R$  — допустимый уровень риска.

Далее рассмотрим последовательность определения вероятности поражающего действия землетрясения и вероятности нахождения людей в зоне риска.

Для решения этой задачи карта-схема города разбивается на элементарные ячейки, координаты которых представляются точками, расположенными в центре каждой ячейки. Шаг сетки выбирается в зависимости от требуемой точности расчета.

Вероятность потерь населения в пределах рассматриваемой элементарной площадки с координатами  $X$  и  $Y$ , с учетом возможной интенсивности воздействия, определяется по формуле:

$$P(x,y) = \int_{J_{\min}}^{J_{\max}} P(J), f(x, y, J) dJ \quad (6.55.)$$

где:  $J_{min}$ ,  $J_{max}$  — соответственно минимально и максимально возможная интенсивность землетрясения в баллах для рассматриваемого региона;

$P(J)$  — параметрический закон поражения людей;

$f(x, y, J)$  — функция плотности распределения интенсивности проявления землетрясения в пределах площадки с координатами  $(x, y)$ .

Математическое ожидание потерь людей в пределах всего города определяется по формуле:

$$M(N) = \int_S \int_{J_{min}}^{J_{max}} P(J) f(x, y, J) \varphi(x, y) dJ dx dy \quad (6.56.)$$

где:  $S_p$  — площадь города;

$\varphi(x, y)$  — плотность населения в пределах рассматриваемой площадки.

Параметрический закон поражения людей  $P(J)$  выражает зависимость между вероятностью потерь (общих, безвозвратных, санитарных) и интенсивностью проявления землетрясения в баллах.

В расчетах учитывается, что событие  $C_j$  может произойти при получении зданием одной из степеней повреждения (при одной из гипотез  $A_i$ ), образующих полную группу несовместимых событий. Расчеты проводятся по формуле:

$$P(J) = \sum_{i=1}^n P_{B_i}(J) P(C_j / B_i) \quad (6.57.)$$

где:  $P_{B_i}(J)$  — вероятность наступления  $i$ -й степени повреждения зданий при заданном значении интенсивности землетрясения в баллах;

$P(C_j / B_i)$  — условная вероятность получения людьми  $j$ -й степени поражения при условии, что наступила  $i$ -ая степень повреждения здания;

$n$  — рассматриваемое число степеней повреждения здания.

Функция плотности распределения интенсивности проявления землетрясения  $f(x, y, J)$  может быть определена по формуле:



$$f(J) = (\bar{J}) e^{\bar{J}} |J| \quad (6.58.)$$

где:  $\bar{J}$  — средний балл сильных (более 4 баллов) землетрясений для данного региона, который определяется по формуле:

$$J = \frac{\sum_{J=4}^{J_{\max}} N_J J}{\sum_{J=4}^{J_{\max}} N_J} \quad (6.59)$$

где:  $N_J$  — число землетрясений с интенсивностью  $J$  балла и более, произошедших за определенный период времени;

$\sum_{J=4}^{J_{\max}} N_J$  — общее число землетрясений начиная с трех и более баллов за этот промежуток времени.

Интенсивность землетрясения в пределах рассматриваемой площадки определяется по эмпирической зависимости:

$$J = B M - C \log L + E \quad (6.60)$$

где:  $B, C, E$  — региональные константы;  
 $L$  — гипоцентральное расстояние, км.

Вероятность поражающего действия землетрясения за год может быть определена по формуле:

$$P_x = M(N) / N n \quad (6.61.)$$

где:  $M(N)$  — математическое ожидание потерь людей в населенном пункте за рассматриваемый промежуток времени;

$n$  — время статистических наблюдений в годах;

$N$  — общая численность людей в населенном пункте.

Вероятность нахождения людей в зоне риска  $P_T$  может быть определена следующим образом:

$$P_T = P_{\text{ж}} P_{\text{г}} \quad (6.62)$$

где:  $P_{\text{ж}}$  — вероятность нахождения людей в зданиях в течение суток;  
 $P_{\text{г}}$  — вероятность нахождения людей в зоне риска в течение года.

Вероятность нахождения людей в зданиях в течение суток может быть определена из выражения:

$$P_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^n F(t_i) t_i / 24 \quad (6.63)$$

где:  $F(t_i)$  — функция, показывающая долю людей в зданиях от общего числа людей в населенном пункте;  
 $t_i$  — продолжительность  $i$ -го отрезка времени, час.;  
 $n$  — число временных отрезков.

Аналогичным образом может быть определена вероятность нахождения людей в зоне риска в течение года.

Математическое ожидание числа зданий, получивших ту или иную степень повреждения, может быть определено по формуле:

$$M(v) = \int \int_{S, J_{\text{min}}}^{J_{\text{max}}} P(J) f(x, y, J) \varphi(x, y) dJ dx dy \quad (6.64.)$$

где:  $P(J)$  — параметрический закон разрушения зданий;  
 $\varphi(x, y)$  — плотность застройки в пределах рассматриваемой площади.

Математическое ожидание объемов завалов (в кубических метрах) для  $i$ -го типа зданий может быть определено по формуле:

$$M(W_i) = P_i^{0.6} Q_i \eta_i / 100 + 0,5 P_i^p Q_i \eta_i / 100 \quad (6.65)$$

где:  $P_i^{об}$ ,  $P_i^р$  — вероятность получения  $i$ -м типом зданий обвалов или разрушений;

$Q_i$  — суммарный строительный объем однотипных зданий,  $m^3$ ;

$\gamma_i$  — удельный объем завала однотипных зданий,  $m^3$  (одноэтажные легкого типа — 14; одноэтажные среднего типа — 16; одноэтажные тяжелого типа — 20; многоэтажные — 21; смешанного типа — 22; бескаркасные со стенами из кирпича — 36; бескаркасные со стенами из мелких блоков — 36; бескаркасные со стенами из крупных блоков — 36; бескаркасные со стенами из крупных панелей — 36; каркасные со стенами из крупных панелей — 42; каркасные со стенами из каменных материалов — 42).

Вероятности  $P_i^{об}$ ,  $P_i^р$  определяются из выражений:

$$P_i^{об} = M^{об}(V_i) / (V_i) \quad (6.66)$$

$$P_i^р = M^р(V_i) / (V_i) \quad (6.67)$$

где:  $M^{об}(V_i)$ ,  $M^р(V_i)$  — математическое ожидание числа однотипных зданий, получивших обвалы или частичные разрушения, определяемые по формуле (6.64);

$V_i$  — количество однотипных зданий.

При решении задач планирования использования имеющихся сил и средств спасения до землетрясения наиболее сложной является задача определения возможных объемов разрушения в населенных пунктах.

Оценка сейсмического риска для населенных пунктов рассматриваемого региона с помощью метода статистических испытаний заключается в следующем: моделируя координаты гипоцентров землетрясений на территории рассматриваемого региона и интенсивность колебаний земной коры в эпицентре, производятся расчеты интенсивности землетрясений в районах населенных пунктов по эмпирической зависимости.

Законы распределения интенсивностей землетрясений для населенных пунктов рассматриваемых регионов получают на осно-



ве статистического материала по результатам испытаний. Для моделирования интенсивности землетрясений в регионе по материалам сейсмических наблюдений с использованием критерия согласия Колмогорова, либо  $U^2$ -Пирсона определяется вид закона распределения для координат эпицентра землетрясения и его интенсивности. Причем, такие законы могут строиться не только для всего региона, но и для тех его участков, где как показывает опыт (сейсмические наблюдения), возникают эпицентры землетрясений.

На основании полученных законов, с использованием соответствующих преобразующих функций, определяются координаты эпицентра и интенсивность землетрясения в эпицентре. При этом преобразующие функции для законов будут иметь вид:

$$x = a + (b - a) \eta \quad (6.68)$$

где:  $a, b$  — параметры закона;

$\eta$  — случайная последовательность равномерно распределенных чисел, называемая базовой последовательностью, моделируется в пределах от 0 до 1.

Для показательного закона:

$$x = -\ln \eta (1/\lambda) \quad (6.69)$$

где:  $\lambda$  — параметр показательного закона.

Для нормального закона (параметры закона: математическое ожидание  $m_x$  и среднее квадратическое отклонение  $\sigma_x$ ):

$$x = m_x + \sigma_x \eta_n \quad (6.70)$$

где:  $\eta_n$  — число базовой нормально распределенной последовательности с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Для распределения Симпсона (параметры  $a$  и  $b$ ):

$$x = a + (\eta_1 + \eta_2)(ab - a)/2 \quad (6.71.)$$

где:  $\eta_1, \eta_2$  — числа базовой последовательности.

Еще одна сложная и требующая решения задача — *определение риска прямого экономического ущерба от разрушения зданий и сооружений на определенной территории.*

Ранее она нашла отражение в работе "Геоинформационный подход к оценке сейсмического риска урбанизированных территорий".\*

Предполагается, что сейсмические воздействия подчиняются закону Пуассона. Тогда вероятность того, что за время  $t$  в точке  $x$  произойдет хотя бы одно событие с энергией в интервале от  $I(x)_{min}$  до  $I(x)_{max}$  определяется по формуле:

$$P(x,t) = 1 - \exp\{-\lambda(x)t\} \quad (6.72.)$$

Вероятность того, что это событие имеет энергию класса  $i$  равна:

$$P(i/x,t) = \lambda_i(x) / \lambda(x) \quad (6.73.)$$

Обозначив прямой экономический ущерб от землетрясения класса  $i$  в точке  $x \in S_j$  через  $D_i(x)$ , запишем:

$$D_l(x) = \sum_{j=1}^G d_{ij} S_j(x) \quad (6.74.)$$

Средний ущерб от события в классе от  $I_{min}$  до  $I_{max}$  равен:

$$\bar{D}(x) = MD(x) = \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} D_i(x) P(i/x,t) = \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} D_i(x) \lambda_i(x) / \lambda(x) \quad (6.75.)$$

\* Кофф Г. Л., Гитис В. Г., Баранников В. Г., Караголина М. В., Вайншток А. П., Фролова Н. И. Геоинформационный подход к оценке сейсмического риска урбанизированных территорий. // Сб. трудов отд. ГЭИ МАИ и ИЛСАН: Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995. — С. 34-37.

Далее можно записать формулы для оценки риска. Удельный риск в точке  $x$  за время  $t$  определяется как математическое ожидание прямого экономического ущерба на единицу площади города.

Суммарный риск от всех событий:

$$r_s(x,t) = \bar{N}(x) \bar{D}(x) = \lambda(x) t \bar{D}(x) \quad (6.76.)$$

Риск от первого события:

$$r_1(x,t) = P(x,t) \bar{D}(x) \quad (6.77.)$$

Риск от максимального события:

$$r_{max}(x,t) = \exp[-\lambda(x)t] \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} D_i(x) \left( \exp\left\{ \sum_{k=I_{min}}^i \lambda_k(x)t \right\} - \exp\left\{ \sum_{k=I_{min}}^{i-1} \lambda_k(x)t \right\} \right) \quad (7.78)$$

Риск по произвольной области  $S$  определяется как математическое ожидание потерь по этой области:

$$R(S,t) = M_t \int_{x \in S} ds D(x) = \int_{x \in S} ds M_t D(x) = \int_{x \in S} ds r(x,t) \quad (6.79.)$$

Анализ главных ущербобразующих факторов деятельности, формирующих апостериорные риски при землетрясениях отображается следующей последовательностью: 1) ошибки общего сейсмического районирования и микрорайонирования; 2) генерируемые, в основном, ими ошибки проектирования и строительства; 3) ошибки эксплуатации сооружений.

Исследование рисков землетрясений важно не только для краткосрочных прогнозов, но и для паспортизации всей имеющейся застройки.

В Институте литосферы РАН выполнен анализ сейсмического риска в пределах территорий России, разделенных административными границами субъектов Федерации. В качестве систем под



риском выделялись: общая жилая площадь, разделенная на типы А, В, З и С (по данным последних технических инвентаризаций); стоимость основных фондов и валовой продукции промышленности и сельского хозяйства; общая площадь промышленных зданий (по нормативам); население.

Априорный риск для различных территорий принял следующее ранжирование в сторону убывания: Камчатская область, Иркутская область, Дагестан, Чеченская Республика и Ингушетия, Бурятия, Северная Осетия, Краснодарский край, Приморский край и Сахалинская область и т. д. На всех этих территориях несейсмостойкая и сильно амортизированная застройка, возведенная до войны и в 50-60-х годах, составляет не менее 20-30% жилья.

Суммарный среднегодовой ущерб от разрушения и повреждения систем под риском в сейсмоопасной зоне России определен в ценах 1994 года в сумме в 21 млрд. долларов США. Значительная часть этого ущерба приходится на несейсмостойкую застройку.

Математическое моделирование задач прогнозирования последствий потенциального разрушительного землетрясения в городах Сахалинской области было выполнено Военно-инженерной академией (г. Москва).

Были спрогнозированы следующие характеристики:

- средняя степень повреждения застройки для каждого типа сооружений для города в целом, относительный экономический ущерб;
- математическое ожидание потерь людей в населенном пункте при разрушении зданий и сооружений (общие, безвозвратные, санитарные);
- количество путей (дорог), выведенных из строя и количество аварий на КЭС;
- численность населения подвергшегося эвакуации при разрушительном землетрясении (оставшиеся без крова).

Были определены плотность населения, потери населения при разрушениях зданий и сооружений (общие, безвозвратные, санитарные), численность населения оставшегося без крова. Все, имеющиеся в наличии, характеристики потенциальных последствий землетрясения сведены в таблицу 6.2.

С целью ранжирования городов области по степени опасности разрушения от землетрясения (прогнозный риск) на базе данных таблицы 6.2. была проведена оценка каждого представительного фактора. Результаты, выполненной оценки, приводятся в таблице 6.3.

Таблица 6.2.

Значимые факторы для учета прогнозного исторического сейсмического риска городов Сахалинской области.

Наименование показателя	Анива	Горно-вовак	Долинск	Корсаков	Красногорск	Махаров	Невельск	Оха
1	2	3	4	5	6	7	8	9
природные факторы								
Степень пораженности территории экстенсивными геологич. процессами	< 0,1	> 0,25	> 0,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1	> 0,25	0,1-0,25
Степень опасности локальных экстр. геологич. процессов, активизация которых зависит от землетрясения	2	1	1	2	1	1	1	2
социальные факторы								
Общее количество населения, чел.	9500	15000	15900	45300	5500	11500	24600	37600
Сред. плотность населения, чел./тыс. м <sup>2</sup>	68,1	131,9	72,6	75,3	58,9	63,8	76,6	66,4
Людские потери при разрушениях зданий и сооружений (чел.):								
— общие	4181	6594	6439	17015	2196	4586	8617	21785
— безвозвратные	1789	2751	2618	6511	880	1840	3065	11080
— санитарные	2382	3842	3821	10504	1316	2746	5552	10705
Удельные потери при разрушении зданий и сооружений:								
— общие	0,44	0,44	0,41	0,38	0,40	0,40	0,35	0,59
— безвозвратные	0,19	0,18	0,16	0,14	0,16	0,16	0,13	0,30
— санитарные	0,43	0,42	0,41	0,38	0,40	0,40	0,36	0,51
Количество людей, получивших повреждения и подлежащих эвакуации		2070	3050	8400	1050	2200	4440	9690
Количество людей, оставшихся без крова и подлежащих эвакуации	5700	7900	7900	20000	2800	5700	9600	25300

1	2	3	4	5	6	7	8	9
техногенные факторы								
Количество предприятий, имеющих СДЯВ —аммиак, тонн —хлор, тонн				11 35 15				
Количество людей, подвергшихся воздействию СДЯВ				100				400
Количество пожаро- и взрывоопасных предприятий	17		21	6		10	15	29
Относительный материальный ущерб от повреждения зданий	0,5	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,45	0,8
Количество аварий на КЭС	22	40	28	46	30	40	50	46
Протяженность заведенных путей, км	0,46	0,47	0,48	1,52	0,34	0,48	1,53	2,12
Коэффициент пожароопасности (отнош. деревн. сооруж. к их общему числу)	0,08	0,19	0,16	0,12	0,12	0,17	0,17	0,24
Коэффициент плотности застройки	0,19	0,23	0,18	0,18	0,15	0,26	0,20	0,20
Коэффициент этажности (отношение зданий выше 3-х этажей к их общ. числу)	0,88	0,42	0,59	0,68	0,28	0,59	0,72	-

Продолжение таблицы 6.2.

Наименование показателя	Поро-найск	Томари	Угле-горск	Холмск	Чехов	Шах-терск	Южно-Сахал.
1	2	3	4	5	6	7	8
природные факторы							
Степень пораженности территории экзогенными геологическими процессами	> 0,25	> 0,25	0,1-0,25	> 0,25	> 0,25	< 0,1	< 0,1



1	2	3	4	5	6	7	8
Степень опасности локальных экзог. геологич. процессов, активизация которых зависит от землетрясения	2	1	1	1	1	1	2
социальные факторы							
Общее количество населения, чел.	26100	8300	19000	51800	8200	13500	164800
Сред. плотность населения, чел./тыс. м <sup>2</sup>	67,9	63,2	69,4	86,6	65,5	67,6	72,6
Людские потери при разрушениях зданий и сооружений (чел.):							
— общие	9832	4103	12616	18796	3182	8485	61571
— безвозвратные	4250	1770	6725	6959	1250	4436	23416
— санитарные	6282	2343	5891	11837	1804	4049	38155
Удельные потери при разрушении зданий и сооружений:							
— общие	0,38	0,49	0,66	0,36	0,39	0,63	0,37
— безвозвратные	0,16	0,21	0,35	0,13	0,15	0,33	0,14
— санитарные	0,43	0,43	0,53	0,37	0,39	0,52	0,38
Количество людей, получивших повреждения и подлежащих эвакуации	5990	1690	5310	9470	1550	3640	30600
Количество людей, оставшихся без крова и подлежащих эвакуации	13700	5200	12100	22100	3900	8900	73600
технические факторы							
Количество предприятий, имеющих СДЯВ				20			12
— аммиак, тонн				65			50
— хлор, тонн				55			24
Количество людей, подвергшихся отравлению СДЯВ				340			560
Количество пожаро- и взрывоопасных предприятий		27		7			6

1	2	3	4	5	6	7	8
Относительный материальный ущерб от повреждения зданий	0,45	0,45	0,80	0,45	0,45	0,80	0,45
Количество аварий на КЭС	46	30	24	42	27	19	110
Протяженность автальных путей, км	1,46	0,27	0,68	1,5	0,45	0,52	2,92
Коэффициент пожароопасности (отнош. дерев. соор. к их общему числу)	0,22	0,12	0,21	0,11	0,14	0,17	0,09
Коэффициент плотности застройки	0,23	0,18	0,23	0,23	0,18	0,19	0,19
Коэффициент этажности (отношение зданий выше 3-х этажей к их общ. числу)	0,65	0,68	0,64	0,84	0,57	0,67	0,77

Таблица 6.3.

Ранжирование городов Сахалинской области по степени потенциальной опасности разрушения от землетрясения

Населенный пункт	Коэффициент относительной опасности	Группа опасности
1	2	3
Южно-Сахалинск	392,1	I
Оха	169,2	II
Холмск	136,1	II
Корсаков	126,1	II
Поронайск	97,3	III
Углегорск	96,1	III
Невельск	85,1	III
Шахтерск	69,0	IV
Горнозаводск	63,1	IV
Долгинск	57,2	IV
Махров	53,2	IV
Анива	43,4	IV
Томаги	42,3	IV
Чехов	37,8	IV
Красногорск	30,5	IV

Одной из важнейших компонент федеральной системы предотвращения и смягчения ущерба от землетрясения должно явиться страхование, роль и значение которого до настоящего времени недооцениваются и оно не используется в полной мере.

Так, при Спитякском землетрясении общая сумма ущерба в ценах 1989 года была обозначена в размере около 12 млрд. руб. (сумма, по нашему мнению, заниженная и не только потому, что косвенный ущерб никоим образом не оценивался). Но даже с этой величиной ущерб страховые выплаты составили смехотворно малую величину.

В результате работы, выполненной в 1989 году специалистами Госстраха СССР, основные суммы выплаты страховой компенсации ущерба оказались следующими: по обязательному страхованию строений граждан — 156 млн. руб.; по добровольному страхованию строений граждан — 25 млн. руб.; по добровольному страхованию домашнего имущества — 76 млн. руб.; по страхованию жизни — 25 млн. руб. и другие незначительные выплаты. Всего же выплаты страхового возмещения и страховых сумм по экспертным оценкам должны были составить по 15 наиболее пострадавшим районам более 500 млн. руб.

Следовательно, система страхования сейсмического риска требует дальнейшего развития и совершенствования, чему в значительной степени будет способствовать оценка сейсмического риска. Эта оценка предоставляет возможность информационного обеспечения дифференциации страховых ставок; исключения из страхового обеспечения (или ограничения в страховании) заведомо худших территорий и сооружений (стимулируя тем самым их инженерную защиту и усиление); уточнения страховой ответственности сейсмологов, проектировщиков, строителей и муниципальных властей; планирования компенсационной политики, направленной на стимулирование освоения опасных территорий, эксплуатация которых является необходимой в экономическом или военном отношениях.

Согласно классификации Н. Buhlmann'a различают три периода в страховании.

Страхование первого рода восходит к E. Halley, который в 1693 г. составил таблицы страхования, считая, что число смертей в заданной группе людей в заданном периоде детерминистично.

Страхование второго рода связано с внедрением вероятностной идеологии и методов как в страховании жизни, так и в страховании других случаев, о которых и будет идти речь далее.



Страхование третьего рода характеризуется активным использованием финансовых инструментов с целью уменьшения риска страхования.

При страховании от землетрясений целесообразно выделить: страхование ущерба жизни и здоровью населения; страхование строений и имущества, принадлежащих физическим лицам; страхование строений, инфраструктуры и имущества, принадлежащих юридическим лицам и др.

Для оценки рисков в страховании используется несколько методов, в том числе, метод индивидуальных оценок, метод средних величин, метод процентов.

Метод индивидуальных оценок применяется только в отношении рисков, которые невозможно сопоставить со средним типом риска. Оценка риска выполняется страховщиком произвольно исходя из личного опыта и профессиональных качеств.

Для метода средних величин характерно подразделение отдельных рисков на группы и подгруппы. Этим создается аналитическая база для определения размера по рисковым признакам (например, балансовая стоимость основных производственных фондов).

Метод процентов представляет собой совокупность скидок и надбавок к имеющейся аналитической базовой величине в зависимости от потенциальных позитивных и негативных отклонений от среднего рискового типа. Используемые скидки и надбавки выражаются в процентах (промилле) от среднего рискового типа.

Страховщики имеют дело только с рисками которые возможно застраховать.

Страховой риск — это риск, который может быть оценен с точки зрения вероятности наступления страхового случая и количественных размеров возможного ущерба.

Отнесение риска к страховому осуществляется исходя из следующих критериев: риск, который включается в объем ответственности страховщика должен быть возможным; риск должен носить случайный характер, т. е. объект страхования должен характеризоваться неустойчивым, временным типом связи по отношению к страхуемой опасности; случайность проявления данного риска должна соотноситься с массой однородных объектов; наступление страхового случая не должно быть связано с волеизъявлением страхователя или иного заинтересованного лица; факт наступления страхового случая не известен во времени и пространстве; страховое событие не должно иметь размеры катастрофического бедствия; вредоносные последствия реализации риска должны быть объективно оценены.

Все виды страхования отвечают его основным функциям: рисковой, предупредительной, контрольной.

Рисковая функция страхования понимается как перераспределение риска между многими участниками, осознавшими серьезность риска того или иного события и необходимость страхования от него.

Предупредительная функция риска направлена на смягчение последствий землетрясения за счет части средств страхового фонда, а контрольная функция определяет необходимость слежения за ходом страховых операций.

В зависимости от величины ущерба, определяемого по страховой оценке, выделяют крупные, средние и мелкие страховые риски, а тяжести ущерба — более опасные и менее опасные. Например, землетрясение в зоне высокой сейсмичности, застроенной зданиями с большим дефицитом сейсмостойкости, может быть охарактеризовано как крупный и опасный страховой риск. Подобный риск имеет место в г. Нефтегорске, но он не был формализован в страховой, т. е. указанная территория не была охвачена страхованием.

Довольно проблематичным, но необходимым, при страховании в условиях чрезвычайных ситуаций является количественное и качественное моделирование.

При анализе сейсмического риска важным является квалификационная оценка качества объекта, подвергающегося воздействию землетрясения, по количественным характеристикам свойств объекта, составляющих его качество.

С позиции установления количественных значений свойств продукции качество следует рассматривать, как количественное значение различных частных признаков объекта, от которых зависит соответствие этого объекта его назначению. Таким образом, уровень качества рассматривается как степень приближения количественных значений показателей, оказывающих влияние на уровень качества оцениваемого объекта к базовым значениям этих показателей, принятых за основу при сравнительной оценке качества объекта.

На практике стремятся выделить некий единственный показатель качества который может быть выбран один из множества показателей или может быть функцией и выражен в виде отдельных показателей. Качество объекта представляется множеством показателей разной степени важности. Возникла идея иерархического представления совокупности качества. Целесообразно индивидуальные показатели качества выражать в безразмерном виде. Родственные, близкие по смыслу индивидуальные показатели



обычно объединяются в группы, которым ставят в соответствие групповые показатели качества. Далее групповые показатели агрегируются в главный или обобщенный показатель качества, который наиболее полно характеризует объект в целом. Оценка объектов по главному показателю широко применяется сегодня на практике. Разработаны подходы использования количественного и качественного моделирования для оценки уровня опасности различных промышленных объектов, если отождествить уровень опасности с качеством объекта. В последнее время используются разделы прикладной математики, основанной на комбинаторике.

Метод анализа и синтеза технических решений был разработан в тридцатых годах швейцарским астрономом Ф. Цвикки для конструирования астрономических приборов. Суть его в том, что в интересующем нас объекте или изделии выделяют группу основных конструктивных или других признаков. Для любого признака выбирают альтернативные варианты, т. е. возможные варианты его исполнения или реализации. Далее строят морфологические таблицы, заполняя их всевозможными альтернативными вариантами и выбирают из всего множества получаемых комбинаций наиболее подходящее и наилучшее решение.

Морфологический анализ объекта целесообразно использовать перечня признаков-свойств, влияющих, в конечном счете, на обобщенный показатель уровня опасности объекта. Все признаки объекта, влияющие на обобщенный показатель качества измеряются в тех или иных натуральных единицах.

Основное понятие теории измерений — шкала измерений. Шкала измерений — есть математическая структура, представляющая собой множество значений на шкале, для которых заданы те или иные значения. Основные типы шкал: шкала наименований (взаимно однозначные отображения  $X$  на себя), шкала порядковая (строго возрастающие отображения  $X$  на себя), интервальная шкала (линейные преобразования), разностная (сдвиги), шкала пропорциональности или отношений (подобные преобразования), абсолютная шкала (тождественные преобразования), степенная шкала (степенные преобразования), шкала логарифмических преобразований.

Особое внимание в теории измерений уделяется взаимосвязи между шкалами и средними функциями. Средние функции целесообразно использовать при количественном и качественном моделировании, поскольку они позволяют строить такие соотношения между показателями качества разного иерархического уровня, при которых и аргументы и функции меняются в одних и тех же пределах. Под средними функциями понимается такое их значение, которое является средним на множестве аргументов.



Перечислим основные типы средних функций: среднее арифметическое; среднее взвешенное арифметическое, среднее геометрическое; среднее взвешенное геометрическое; среднее гармоническое; среднее взвешенное гармоническое; среднее квадратичное; среднее взвешенное квадратичное; среднее степенное; среднее взвешенное степенное; среднее логарифмическое; среднее взвешенное логарифмическое; среднее ассоциативное по Колмогорову.

Основные этапы построения модели:

- подбор экспертов;
- составление иерархической структуры дерева свойств с учетом мнений экспертов;

- выбор формы зависимостей, связывающих обобщенный показатель с групповыми показателями из класса средних функций с учетом особенностей исследуемого объекта и теории шкалирования;

- определение весов групповых и индивидуальных показателей качества с использованием прямых и обратных методов;

- выбор формы зависимостей для перевода именованных количественных и лингвистических переменных в безразмерные функции желательности, лингвистические кривые, психофизические шкалы;

- нахождение зависимостей безразмерных индивидуальных показателей качества от именованных или безразмерных признаков (свойств) на основе полиномиальных моделей, коэффициенты которых оцениваются с помощью метода наименьших квадратов на основе спланированного "эксперимента", апробация построенной квалиметрической модели на реальных объектах.

Модель может иметь место при решении задач прогноза и управления, при оценивании уровня опасности страхуемого объекта и пр.

Специфика землетрясения как страхового случая слабо исследована в специальной литературе. Так, имущественное страхование землетрясения может быть классифицировано как комплексный страховой случай, обладающий каскадным эффектом, поскольку при реализации вторичных воздействий землетрясения возникают пожары, взрывы, аварии и пр. Это необходимо в обязательном порядке учитывать при определении тарифных нетто-ставок.

Страховой случай, связанный с землетрясением, характерен для иллюстрации процесса определения франшизы, т.е. неоплачиваемой части ущерба, равной затратам страховщика на определение суммы ущерба. Размер франшизы устанавливается в процен-

тах от страховой суммы или в определенной денежной сумме. В случае землетрясения, как страхового события, затраты на франшизу должны включать затраты по оценке вклада в формирование ущерба природных факторов, технических и социальных факторов на стадиях изысканий, проектирования и строительства.

Страхование от землетрясений может проводиться в обязательной и добровольной формах. Обязательная форма страхования должна распространяться на приоритетные объекты страховой защиты (страхование строений), добровольное страхование может охватывать страхование части имущества и др.

В сейсмических зонах обязательное страхование целесообразно устанавливать законом который определяет перечень объектов, подлежащих обязательному страхованию, объем страховой ответственности, нормы страхового возмещения, средние размеры и порядок дифференциации тарифных ставок, периодичность страховых платежей, основные права и обязанности страховщика и страхователей, бессрочность обязательного страхования, принцип сложного охвата.

Порядок дифференциации тарифных ставок и нормы страхового возмещения должны в сейсмических районах определяться сейсмической опасностью территории и сейсмической уязвимостью объектов. Сочетание различных видов сейсмической опасности и факторов уязвимости формирует экспертный страховой рейтинг территории. Значительное влияние на страховой рейтинг оказывают и другие природные факторы: характеристика процессов, которые могут усугубить эффект землетрясения (наводнений, тайфунов, оползней, селей и др.), устойчивость блока земной коры в зоне риска, выраженность активной разломной тектоники, тип грунтов, грунтовые воды, климатические характеристики и пр.

Среди факторов уязвимости выделяют дефицит сейсмостойкости сооружений, этажность, плотность застройки, конфигурация домов, а так же плотность основных промышленных фондов, наличие опасных производств, пожароопасность и т. д. Важными характеристиками страхового рейтинга территории являются социальные факторы, в особенности — степень готовности к чрезвычайным ситуациям.

При оценке страхового рейтинга территорий все факторы были разделены на три группы. В первую группу вошли оценки, соответствующие наиболее высокому страховому рейтингу, во вторую — промежуточные оценки, в третью — оценки факторов с наибольшим риском и наименьшим страховым рейтингом. Соответствующие экспертные оценки факторов принимались равными 3, 2, 1 (от низкого риска к высокому). Безразмерные оценки факторов так же могут быть получены экспертным путем.

Значения рейтинга различных городских территорий были получены\* по формуле:

$$r = \sum_{i=1}^I (F_i W_i / D) \quad (6.80.)$$

где:  $F_i$  — оценка фактора по трехбалльной шкале;  
 $W_i$  — вес фактора по двухбалльной шкале;  
 $I$  — количество факторов.

Приведенное значение рейтинга определялось по формуле:

$$r_r = r_i / r_{max}, \quad \text{где } r_{max} = 85,8 \quad (6.81.)$$

В таблице 6.4. приведена оценка факторов страхового рейтинга городских территорий, а в таблице 6.5. — экспертные оценки страховых рейтингов для некоторых городов сейсмоопасных территорий России.

Таблица 6.4.

Оценка факторов страхового рейтинга городских территорий.

N п/п	Наименование фактора $F_i$	Размерность	Обозначение	Интервальные значения по группам			Вес фактора $W_i$
				1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сейсмичность	балл MSK-64	I	<7	7-8	9 и >	2,0
2	Повторяемость землетрясений	1 раз/ 100 лет	P	<0,01	0,1	>1	2,0
3	Устойчивость мегаблока земной коры	-	S	высокая	средняя	низкая	1,0
4	Плотность региональных разломов	км/км	D	<0,01	0,01- 0,05	>0,05	1,5
5	Тип пород основания	тип	T	скальные	средние	слабые	1,5
6	Уровень подземных вод	M	H	>10	5-10	<5	1,5

\* Кофф Г. Л., Чеснокова И. Д. Оценка сейсмического риска и вопросы страхования от землетрясений. // Сб. трудов отд. ГЭИ МАИ и ИЛСАН: Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995. — С. 58-64.



1	2	3	4	5	6	7	8
7	Наличие опасных природных геологических процессов	-	G	нет	слабо выражены	хорошо выражены	1,0
8	Дефицит сейсмостойкости преобладающей застройки	балл MSK-64		0-1	1	2-3	2,0
9	Этажность	этаж	e	<3	4-5	>5	0,8
10	Плотность застройки	кв. м/га	PF	низкая	средняя	высокая	0,5
11	Конфигурация домов	-	K	простая	усложненная	сложная	0,3
12	Плотность основных промышленных фондов	млрд. руб./га	FF	низкая	средняя	высокая	1,0
13	Уровень экономических связей с другими территориями	% внешних поставок	ec	<10	10-50	>50	1,0
14	Наличие опасных производств	производство	dP	нет		2 и >	2,0
15	Пожароопасность	-	dF	слабая	средняя	высокая	2,0
16	Качество проекта	-	qF	высокое	среднее	низкое	0,5
17	Качество строительства и строительных материалов	-	qC	высокое	среднее	низкое	1,5
18	Качество эксплуатации	-	qE	высокое	среднее	низкое	1,0
19	Плотность населения	чел./кв. км.	n	<100	100-1000	>1000	1,0
20	Автономность сил спасения и жизнеобеспечения	% потребности	rF	100		<50 отс.	2,0
21	Психологическая готовность общества	-	PC	высокая	средняя	низкая	0,5
22	Уровень транспортных коммуникаций и связи	-	rC	высокий	средний	низкий	1,5
23	Климат	-	C	мягкий	умеренный	суровый	0,5

Таблица 6.5.

Страховые рейтинги для некоторых городов сейсмоопасных территорий России (по факторам и суммарные)

N факторов (вес)	г. Грозный			г. Петропавловск-Камчатский			г. Улан-Удэ		г. Оха	г. Южно-Курильск (о. Кунашир)	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 (2)	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2[2]	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1
3[1]	1	2	3	1	2	2	2	3	2	1	1
4[1,5]	1	2	3	2	2	2	2	3	2	1	1
5[1,5]	3	1	3	2	3	2	2	3	2	1	3
6[1,5]	1	2	2	2	2	3	2	3	2	1	2
7[1]	3	1	3	3	1	2	3	3	3	1	1
8[2]	2	1	3	2	1	3	1	3	1	1	2
9[0,8]	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3
10[0,5]	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2
11[0,3]	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
12[1]	1	2	3	1	3	3	3	1	3	3	3
13[1]	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3
14[2]	1	3	3	1	3	3	3	1	2	3	3
15[2]	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
16[0,5]	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3
17[0,5]	2	2	3	3	2	3	2	3	1	1	2
18[1]	3	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2
19[1]	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
20[2]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21[0,5]	1	1	1	3	3	3	2	2	2	2	2
22[1,5]	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1
23[0,5]	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Абсолютный страховой рейтинг	2,19	2,22	3,04	2,04	2,25	2,59	2,41	2,67	2,00	1,82	2,9
Относительный рейтинг	0,59	0,59	0,82	0,55	0,61	0,69	0,65	0,72	0,54	0,49	0,78

*Примечание:* I — заводской район; II — микрорайон Старо-промышленский; III — микрорайон N3; IV — район ТЭЦ-1; V — сопка Мишенная; VI — район Зазеркальный; VII — центр; VIII — район Тальцы; IX — морская терраса; X — плато.

Учет страхового рейтинга позволит дифференцировать страховые ставки как при обязательном, так и при добровольном страховании. Последнее, в отличие от обязательного, ограничено во времени и действует только при уплате взносов. Установление таблицы страховых ставок является сложной оптимизационной задачей, направленной на сбалансирование доходов и расходов страховщика при соблюдении доступности страхования.

В сейсмических районах объективно растет нагрузка к нетто-ставке, что, естественно, повышает брутто-ставку. На размер нетто-ставки влияют степень сейсмостойкости и нестойкости строе-

ний, внешние факторы условий спасения и жизнеобеспечения населения и др. Основным фактором формирования нетто-ставки должна быть вероятность ущерба определенного размера.

Нагрузка к нетто-ставке включает накладные расходы страховщика. Однако, в сейсмическом районе в нагрузку к нетто-ставке следует, вероятно, дополнительно включать расходы на использование результатов сейсмического мониторинга, направленного, в частности, и на актуализацию нетто-ставок, расходы на паспортизацию зданий и сооружений и т. п.

Вместе с тем следует стремиться к стабильности страховых тарифов.

Принципы территориальной дифференциации тарифных ставок в сейсмических районах заслуживают отдельного исследования. Включение в тарифную ставку расходов на паспортизацию зданий и сооружений имеет целью не только уточнить объемы тарифной ставки и страхового возмещения, но и учесть износ основных фондов, влияющих на объемы возмещения.

С другой стороны, определяя, на основании паспортизации, объем страхового возмещения, во многих случаях в сумму возмещаемого ущерба заведомо должны включаться расходы на разборку зданий, демонтаж оборудования, усиление или восстановление здания (сооружения).

Во многих странах страховые правила оговаривают, что не подлежит возмещению ущерб, появившийся вследствие ошибок строителей, проектировщиков, изыскателей и неправильной эксплуатации зданий. Для подобных случаев в США, Великобритании и других странах предусмотрено страхование ответственности, в том числе и вышеперечисленных лиц.

Важна инфляционная индексация приоритетного имущества (жилого дома, представляющего имущество первой категории). Как уже отмечалось, приоритетное имущество подлежит обязательному страхованию. В сейсмических районах страховая стоимость приоритетного имущества подлежит обязательному уточнению не только ежегодно, как это оговорено страховыми правилами, но и после сильных движений, сопровождающихся макросейсмическими эффектами.

В России строение, подлежащее обязательному страхованию (в том числе и в сейсмических районах), считается застрахованным со дня воздействия в размере 40% стоимости (с учетом амортизации). Эта оценка является страховой суммой, определяющей платежи (недифференцированные, но определенные с учетом факторов риска). Дополнительно к обязательному страхованию, строения могут быть застрахованы по добровольному страхованию в любой страховой сумме в пределах 60% от их стоимости (оцен-



ки). Таким образом обязательное и добровольное страхование могут охватить полный объем стоимости здания.

Страховой практикой установлена следующая последовательность определения ущерба и страхового возмещения: установление факта ущерба; установление причины ущерба и определение случая как страхового или нестрахового; расчет суммы ущерба и страхового возмещения (в ущерб страхователя обычно включается стоимость погибшего имущества по страховой оценке, стоимость поврежденного имущества, стоимость работ по спасению поврежденного имущества и вычитаются стоимость строительных материалов, годных для восстановительных работ).

Следует отметить, что для сейсмических районов указанный порядок не вполне подходит, поскольку не включает стоимость компенсации вторичных последствий, стоимость жизнеобеспечения населения, учет ответственности физических и юридических лиц-ущербообразователей.

В России до настоящего момента остается неразработанной методика страхования на случай смерти и потери здоровья при землетрясении. Примером может служить выплата страховок по уже отмечавшемуся Спитакскому землетрясению. При 25000 погибших и свыше 10000 раненых было выплачено по страхованию жизни всего лишь 25 млн. руб., по страхованию от несчастных случаев — 7 млн. руб.

Отметим, что, хотя значительная доля экономического ущерба при Спитакском землетрясении (около 40%) и значительное число погибших "обязаны" модальным ошибкам ученых, проектировщиков, строителей, никто из них не понес никакой ответственности.

В высокосейсмичных районах целесообразно страховать профессиональную ответственность лиц, причастных к планировке территорий, определению их сейсмичности, проектированию и возведению зданий и сооружений, соблюдению условий хранения сильнодействующих ядовитых веществ, соблюдению условий пожаробезопасности.

Страхование профессиональной ответственности заключается в возможности предъявления претензий ко всем перечисленным и иным лицам, действия или бездействия которых способствовали формированию ущерба. По этому виду страхования юридическое основание для претензии возможно в том случае, если профессионализм не отвечает необходимым требованиям. В этом случае потерпевший может предъявить судебный иск. Во франшизу включаются расходы на привлечение независимых экспертов.

Дальнейшее развитие страхования от землетрясения должно включать компенсацию за причиненный косвенный ущерб, в том

числе потери, вызванные остановкой производства после землетрясения, недопоставками продукции и пр.

Средства от страховых платежей используются для финансирования предупредительных и восстановительных мероприятий.

Предупредительная деятельность направлена на уменьшение вероятности страховых случаев, смягчение страхового риска. За счет страховых средств могут финансироваться только некапиталоемкие предприятия повышенной пожаро- и взрывоопасности, организация отселения людей из ветхих строений и т. п.

Выбор превентивных мероприятий при ограниченных условиях финансирования могут произвести высококвалифицированные эксперты. При подобном подходе оценкой риска является не только определение эквивалентной страховой стоимости объекта страхования, но и нормативный прогноз — выбор оптимального комплекса мероприятий для получения требуемого состояния объекта, при котором минимизируются негативные последствия страхового случая.

Большое число одновременно наступивших страховых событий (как при землетрясении) может существенно снизить финансовую базу страхования. Для этих целей предусматривается перестрахование, заключающееся в передаче части ответственности по страховым рискам другим страховщикам. Перестрахование рисков связанных с землетрясением является не только желательным, но и необходимым процессом.

Существующая на настоящий момент практика возложения бремени финансовой ответственности за возмещение ущерба от землетрясений только лишь на федеральный бюджет, на федеральный резервный фонд является несправедливой и неэффективной. Естественно, федеральный фонд должен остаться основным источником помощи пострадавшим, но соответствующее место здесь должно принадлежать и страхованию.

Нельзя недооценивать и роль федеральных властей в разработке и издании нормативно-правовых актов, направленных на смягчение последствий землетрясений.

В качестве примера можно привести принятие в январе 1990 года в США закона N12699, согласно которому, в частности, создавалось 25 федеральных агентств, которым предписывалось в течение трех лет обеспечить соответствие государственных зданий сейсмостойким стандартам.

Однако, и в США роль страхования в смягчении последствий землетрясений остается явно недостаточной. Даже в Калифорнии, где страхование наиболее развито, только одна четвертая часть землевладельцев владеет страховыми полисами. После земле-

трисении в Лома Приета страхование компенсировало только около 10% стоимости утраченной в результате землетрясения.

В качестве основных препятствий на пути развития системы страхования от землетрясений называются следующие: ограниченность данных для предсказания землетрясения; большие интервалы между сильными движениями; частые ошибки в прогнозировании времени, места и интенсивности землетрясения; относительно высокая величина ущерба от землетрясений; трудности с расчетом страховых ставок.

Комбинирование ограниченных данных с катастрофическими ущербами драматически влияет на развитие рынка страхования от землетрясений. На ограниченность развития страхового рынка могут влиять относительно высокие тарифные ставки: 400-500 долларов в год за 20000 долларов покрытия в зоне высокого риска в Калифорнии.

Вышеизложенное иллюстрирует, таким образом, крайнюю неэффективность существовавшей системы страхования. К сожалению, на сегодняшний день эта эффективность если и возросла, то в части страхования сейсмического риска незначительно.

Известно, что в любой стране источником возмещения локального ущерба является не только страхование, но главным образом различные резервные фонды, как натуральные, так и финансовые. В течение длительного времени у нас при компенсации ущерба доминировали общегосударственные резервные фонды различного назначения. Для страхового фонда, формирующегося с помощью страхования, оставалась ограниченная сфера действия. Помимо общегосударственных резервных фондов для компенсации ущерба широко использовались централизованные финансовые резервные фонды отраслевых министерств и ведомств, а также децентрализованные резервные фонды предприятий. Рыночные отношения коренным образом меняют соотношения между резервными фондами широкого назначения и страховым фондом, формирующимся при помощи страхования, поскольку вертикально-командные отношения трансформировались в горизонтальные связи между производством, обменом и потреблением. Следовательно, страхование становится объективно необходимым элементом современных экономических отношений.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Экономические оценки косвенных эффектов (вступительная статья). Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г.....	3
Предисловие.....	9
Глава 1. Основные дефиниции проблемы экономической оценки негативных последствий чрезвычайных ситуаций.....	11
Глава 2. Краткая характеристика катастрофических землетрясений и их последствий.....	44
Глава 3. Анализ социально-экономического положения Сахалинской области и макросейсмических последствий некоторых землетрясений.....	69
Глава 4. Экономический ущерб от землетрясений по основным реципиентам и по элементам экономической системы.....	116
Глава 5. Подходы к определению косвенного ущерба от развития каскадных эффектов и от потерь продукции в связи с цикличностью межотраслевых связей.....	138
Глава 6. Некоторые положения теории риска применительно к землетрясениям, оценка сейсмического риска территорий и вопросы страхования.....	149