

## РЕКОМЕНДАЦИИ

### ПО ОЦЕНКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ Г. МОСКВЫ

#### Предисловие

1. Разработаны Государственным унитарным предприятием "Экспертно-инновационный центр по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям" ГУ ГОЧС г. Москвы (ГУП ЭКИнЦ - к.т.н. Белов В.В., к.т.н. Лисица В.Н.), Институтом геоэкологии Российской академии наук (ИГЭ РАН - д.г.-м.н. Рагозин А.Л. (руководитель работы), к.г.-м.н. Батрак Г.И., к.г.-м.н. Болагаева О.Н., к.г.-м.н. Бурова В.Н., д.г.-м.н. Кутепов В.М., к.т.н. Пырченко В.А., инж. Уварова А.В.), Государственным унитарным предприятием "Институт по проектированию промышленных и транспортных объектов для городского хозяйства г. Москвы" (ГУП Моспромпроект - инж. Виноградов М.И., инж. Виноградов Н.И.), Государственным унитарным предприятием "Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана г. Москвы" (ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы - инж. Форалонов В.Д.), открытым акционерным обществом "Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений" (ОАО ЦНИИпромзданий - к.т.н. Беляев А.Г.), Комитетом по архитектуре и градостроительству г. Москвы (Москомархитектура - к.т.н. Хомко А.А.).
2. Согласованы ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы.
3. Внесены ГУП ЭКИнЦ ГУ ГОЧС г. Москвы.
4. Подготовлены к утверждению и изданию ИГЭ РАН (д.г.-м.н. Рагозин А.Л.) и Москомархитектурой (к.т.н. Хомко А.А.).
5. Утверждены ГУ ГОЧС г. Москвы 05.04.2002 и Москомархитектурой 01.08.2002.
6. Введены в действие приказом по Москомархитектуре от 01.08.2002 N 141.
7. Разработаны впервые.

#### Введение

Настоящие Рекомендации разработаны в соответствии с распоряжением Премьера Правительства Москвы от 30.03.2000 N 289-РП "О разработке нормативно-методических документов по разделу "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" проектов строительства" на основе Закона города Москвы "О защите населения и территорий города от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 5 ноября 1997 г. N 46 и развивают обязательные положения и требования СНиП 11-02-96 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения", СП 11-107-98 "Порядок разработки и состав раздела "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" проектов строительства", СП 15-12-01 "Порядок разработки и состав раздела "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований" и Временного положения о составе мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций в специальном разделе "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" градостроительной документации г. Москвы.

Рекомендации устанавливают общие положения и требования к содержанию и методике количественной оценки геологического риска экономических и социальных потерь при обосновании мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного характера, схем и проектов инженерной защиты территорий, зданий и сооружений от опасных природных и техноприродных процессов, разрабатываемых на соответствующих этапах (стадиях) освоения и использования территории г. Москвы и ее отдельных частей, в составе градостроительной, предпроектной (обоснование инвестиций в строительство) и проектной документации на строительство, реконструкцию и эксплуатацию

существующих зданий, сооружений и их систем в районах возможного поражения опасными геологическими и инженерно-геологическими процессами.

Методика может быть использована для оценки ущерба от аварий в результате воздействия на объекты геологических опасностей.

Основные положения настоящих Рекомендаций могут использоваться для оценки геологического риска и обоснования мероприятий по предупреждению природных чрезвычайных ситуаций на территориях других субъектов Российской Федерации, городов, поселений и объектов хозяйства с учетом специфики их природно-техногенных условий и действующих геологических опасностей.

## 1. Область применения

Рекомендации предназначены для применения юридическими и физическими лицами, осуществляющими или контролирующими деятельность в области инженерных изысканий для проектирования, строительства, эксплуатации и инженерной защиты территорий существующих зданий, сооружений и их систем, градостроительства, землепользования на территории г. Москвы.

## 2. Нормативные ссылки

В настоящих Рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- СНиП 2.02.01-83\* "Основания зданий и сооружений";
- СНиП 2.06.15-85 "Инженерная защита территорий от затопления и подтопления";
- СНиП 2.03.11-85 "Защита строительных конструкций от коррозии";
- СНиП 2.01.07-85\* "Нагрузки и воздействия";
- СНиП 2.01.15-90 "Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования";
- СНиП 11-02-96 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения";
- СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов";
- СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов";
- СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов";
- СП 11-107-98 "Порядок разработки и состав раздела "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" проектов строительства";
- СП 15-12-01 "Порядок разработки и состав раздела "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований";
- ВСН 53-86(р)/Гостражданстрой "Правила оценки физического износа жилых зданий";
- Временное положение о составе мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций в специальном разделе "Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций" градостроительной документации г. Москвы"/Правительство Москвы. М.: изд-во ГУП НИАЦ, 2000;
- МГСН 3.01-01 "Жилые здания";
- МРР 2.2.07-98 "Методика проведения обследований зданий и сооружений при их реконструкции и перепланировке";
- МГСН 2.07-97 "Основания, фундаменты и подземные сооружения";
- Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах г.

Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. Упр. МП-1, г. Москва, 1984.

### 3. Определения

В настоящих Рекомендациях используются термины и определения в соответствии с приложением 1.

### 4. Общие положения

4.1. Оценка геологического риска является специальным видом проектно-изыскательской деятельности, направленной на обеспечение безопасности населения, объектов хозяйства и окружающей природной среды в пределах территорий, подверженных воздействиям опасных геологических и инженерно-геологических процессов (далее - геологические опасности), путем заблаговременного осуществления инженерно-технических и других мероприятий по уменьшению негативных последствий и предупреждению природных чрезвычайных ситуаций (далее - природные ЧС), обусловленных этими процессами.

4.2. Оценка геологического риска необходимо выполнять согласно СНиП 11-02-96 в составе или на основе материалов инженерных изысканий для строительства при разработке всех видов градостроительной документации на освоение, использование и функциональную организацию территорий, обоснований инвестиций в строительство, а также проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, эксплуатацию и инженерную защиту территорий, существующих зданий, сооружений и их систем (далее - объекты хозяйства) в г. Москве, что позволяет последовательно уточнять возможные потери от негативных проявлений геологических опасностей и заблаговременно принимать соответствующие решения по их минимизации и предупреждению.

4.3. При оценке геологического риска следует учитывать все возможные случаи активизации существующих и возникновения новых геологических опасностей под воздействием природных и техногенных факторов, а также их негативные последствия в пределах оцениваемых объектов хозяйства и на сопредельных территориях в случае имеющего место и (или) прогнозируемого поражения этих территорий геологическими опасностями, обусловленными созданием и эксплуатацией оцениваемых объектов.

4.4. Прогноз развития геологических опасностей, оценка уязвимости и рисков потерь от этих опасностей, а также верификация (определение достоверности) итоговых оценок риска должны базироваться на анализе всех доступных материалов и данных о случаях проявления и негативных последствиях аналогичных по генезису и (или) интенсивности опасностей на территории г. Москвы, других регионов России и зарубежных стран в природно-техногенных обстановках, подобных существующим на оцениваемой территории (объекте хозяйства).

4.5. Результаты оценки геологического риска должны характеризовать в количественном виде возможные физические, экономические и социальные потери за заданное время, возникающие при поражении оцениваемых объектов хозяйства как отдельными геологическими опасностями (дифференцированный риск), так и всей совокупностью этих опасностей (интегральный риск) при разных вариантах осуществления мероприятий по предупреждению природных чрезвычайных ситуаций, включая в обязательном порядке вариант отказа от этих мероприятий.

В каждом случае рекомендуется рассматривать и оценивать не менее двух прогнозных сценариев развития природных ЧС с наиболее вероятными и максимально возможными потерями (рисками).

4.6. В качестве основных конечных показателей оценки геологического риска, позволяющих перейти к обоснованному сравнительному анализу возможных чрезвычайных ситуаций и мероприятий по их предупреждению, рекомендуется использовать дифференцированные и интегральные характеристики удельного экономического и индивидуального риска потерь за 1 год, а в качестве дополнительных показателей - полные значения таких рисков.

4.7. Основные результаты оценки геологического риска следует представлять в виде соответствующих карт риска, составляемых в большинстве случаев в том же или более мелком масштабе, чем карты и схемы основной градостроительной, предпроектной и проектной документации на строительство, и (или) таблиц геологического риска, характеризующих все исходные данные, использованные при его оценке, а также промежуточные и конечные результаты оценки по всем сценариям развития природных ЧС и вариантам их предупреждения, определенным в п. 4.5.

Карты и таблицы должны сопровождаться пояснительными записками (заключениями, отчетами), содержащими характеристику полноты и качества исходных данных, краткое описание использованных методик прогнозирования геологических опасностей и рисков, а также критический анализ всех принятых допущений и существующих неопределенностей в итоговых оценках возможных потерь.

4.8. Результаты оценки геологического риска, полученные с соблюдением требований и рекомендаций пп. 4.3–4.7, являются основой для определения необходимости, состава, объема, последовательности реализации и социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению природных ЧС, обусловленных развитием геологических опасностей, в составе проектной документации.

4.9. Оценка геологического риска должна выполняться, как правило, компетентными государственными проектно-изыскательскими, научно-исследовательскими, экспертными и другими организациями, специализирующимися в области предупреждения природных ЧС, а также строительной, проектной и изыскательской деятельности в районах развития опасных геологических процессов, имеющими лицензию на выполнение инженерно-геологических изысканий для строительства и (или) на производство оценок геологического риска.

4.10. Стоимость работ по оценке геологического риска определяется согласно условиям и правилам ценообразования в г. Москве.

## 5. Особенности проявления и последовательность оценки геологических опасностей и рисков

5.1. Геологический риск экономических и социальных потерь при освоении и использовании территории г. Москвы, строительстве и эксплуатации в ее пределах зданий, сооружений и их систем различного назначения связан преимущественно с развитием карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов, оползнеобразованием, овражной и речной эрозией, подтоплением территорий. Значительные одновременные потери могут также возникать в результате отрицательных и положительных деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, обусловленных уплотнением, разжижением, разупрочнением, набуханием, морозным пучением и усадкой грунтов, имеющих, как правило, специфический состав, состояние и свойства (СП 11-105-97, части III и IV).

5.2. Основной особенностью проявления геологических опасностей и соответствующих геологических рисков на территории г. Москвы является их обусловленность не только естественными природными, но и техногенными факторами: статическими и динамическими воздействиями от предприятий, зданий и сооружений, транспорта и различных механизмов, созданием наземных и подземных выработок, утечками из водонесущих коммуникаций, откачками подземных вод, изменениями тепловых, электромагнитных и других физических полей. Такие воздействия приводят к существенному увеличению интенсивности, повторяемости (частоты) и скорости развития геологических опасностей по сравнению с ненарушенными природными условиями, а также к поражению отдельных территорий, в пределах которых их развитие ранее (до техногенного вмешательства) было практически невозможно.

5.3. Вторая характерная особенность проявления геологических опасностей состоит в пространственной приуроченности отдельных генетических типов геологических опасностей и рисков к территориям, сложным определенными комплексами пород (грунтов), к определенным

современным и древним элементам рельефа (склон, терраса, погребенная долина и т.п.), а также к определенным объектам хозяйства.

5.4. Карстовая опасность и обусловливаемый этой опасностью карстовый риск характерны для большей части территории г. Москвы, в геологическом строении которой имеются закарстованные массивы карбонатных пород каменноугольного возраста, залегающие обычно на глубине в несколько десятков метров (приложение 2). Наибольшая закарстованность массивов карбонатных пород на глубину 80–85 м от их кровли наблюдается в пределах древних погребенных и не выраженных в современном рельефе речных долин Москвы и ее притоков, а также в ослабленных тектонических зонах повышенной трещиноватости пород. По мере удаления от этих долин и зон степень закарстованности массивов пород постепенно уменьшается, становясь минимальной на водораздельных поверхностях древней погребенной речной сети.

5.5. Карстовая опасность обычно проявляется в виде быстрых (секунды, минуты и первые дни) локальных оседаний и провалов земной поверхности диаметром от 2 до 40 м и глубиной от 1–2 до 5–8 м, вызванных гравитационным обрушением кровли подземных карстовых полостей в массивах закарстованных пород (карстовые деформации) и (или) суффозионным выносом в эти полости и более мелкие пустоты (каверны, открытые трещины и т.п.) покрывающих водонасыщенных дисперсных пород (карстово-суффозионные деформации).

5.6. Наибольшая и постоянно увеличивающаяся во времени и пространстве карстовая опасность активизации карстовых и карстово-суффозионных процессов, приводящих к деформациям земной поверхности, зданий и сооружений, существует в настоящее время на территориях с нарушенным естественным режимом подземных вод в результате их откачки (особенно из каменноугольных водоносных горизонтов), а также утечек из водонесущих коммуникаций.

5.7. Суффозионная опасность и суффозионный риск проявляются практически на всей территории Москвы в пределах участков, сложенных в приповерхностной части водонасыщенными четвертичными флювиогляциальными, аллювиальными и техногенными дисперсными отложениями песчаного состава, в виде провалов и оседаний земной поверхности, подобных карстовым деформациям, но имеющих обычно меньшую площадь и глубину, которая в большинстве случаев не превышает 2–3 м. Такие опасность и риск могут также возникать при проходке и эксплуатации наземных и подземных выработок, вскрывающих толщи и прослои песчаных пород четвертичного, мелового и юрского возраста.

5.8. Образование суффозионных деформаций возможно при одновременной реализации следующих трех необходимых условий: присутствия в геологическом разрезе оцениваемых объектов хозяйства разнозернистых песчаных водопроницаемых пород; гидродинамического воздействия подземных природных или техногенных вод, движущихся со скоростью, достаточной для размыва и выноса этих пород; наличия свободного пространства, в которое может выноситься разрушенный материал.

5.9. Повышенная вероятность реализации суффозионных деформаций и обусловленных ими потерь в настоящее время существует в местах откачки подземных вод для производственных нужд и с целью понижения их уровня на подтапливаемых участках, например, в Замоскворечье, над трассами подземных водонесущих коммуникаций (особенно теплопроводных и (или) имеющих большой износ). Высачивание под большим давлением и аварийные прорывы воды из этих коммуникаций постоянно приводят к размыву, разрушению и выносу вмещающих и перекрывающих их дисперсных грунтов и деформациям расположенных над ними объектов муниципального хозяйства.

5.10. Оползневой опасности и риску подвержены примерно 25% береговых склонов рек Москвы и Сходни в пределах 13 оползневых участков, имеющих высоту от 15 до 70 м и крутизну 9–17 град., в нижних и средних частях которых залегает мощная толща юрских глин (приложение 3). Здесь возможна активизация существующих и образование новых глубоких блоковых оползней выдавливания и скольжения (сдвига) мощностью до 100 м, в отдельных случаях захватывающих присклоновые части плато, а также проявления более мелких поверхностных оползней

скольжения, вязкопластического течения, гидродинамического разрушения и внезапного разжижения (по СП 11-105-97, часть II) преобладающей мощностью от 1 до 5 м, реже - до 10 м.

5.11. Экономические и социальные потери от мелких оползней скольжения, течения и других типов с глубиной захвата пород до 7-10 м возможны также более чем на 14% оползневых и потенциально оползневых склонов притоков р. Москвы разных порядков и овражно-балочной сети, имеющих высоту от 5-7 до 20-30 м и сложенных плейстоценовыми моренными и аллювиальными или современными техногенными образованиями глинистого состава.

5.12. Эрозионная опасность и риск от оврагообразования характерны для многих участков склонов долины р. Москвы и ее притоков (особенно для расположенных в южной и западной частях города, в пределах Теплостанской возвышенности) с нарушенным дерново-растительным покровом, сложенных преимущественно четвертичными дисперсными размываемыми грунтами разного генезиса и состава и имеющих, как правило, крутизну более 3-4 град. и площадь водосбора, превышающую 0,1 кв. км. Линейная скорость роста оврагов на первой стадии активного развития процесса обычно составляет 1-1,5 м/год (среднегодовые значения). В многоводные годы с большим количеством атмосферных осадков скорость оврагообразования может достигать 3-5 м/год.

5.13. Опасность и риск от переработки (разрушения) берегов под воздействием колебаний уровня, течений, ветроволновых и судовых волн, дноуглубительных и других строительных работ в водотоках и водоемах существует на отдельных незащищенных участках р. Москвы и ее притоков, Химкинского водохранилища и крупных прудов. Такие берега обычно сложены четвертичными аллювиальными, моренными, флювиогляциальными, оползневыми и техногенными дисперсными образованиями разного состава.

Скорость берегоразрушений в многоводные годы при подъеме уровня воды в р. Москве на 2-2,5 м может достигать 0,5-1 м/год, но обычно составляет 0,15-0,35 м/год. Указанные относительно небольшие эрозионные и абразионные деформации береговых склонов часто являются основной причиной образования в их пределах более крупных оползневых подвижек катастрофического характера.

5.14. Опасность и риск от процесса техногенного подтопления муниципальных объектов хозяйства постоянно реализуются в настоящее время примерно на 40% территории г. Москвы, в верхних 10-15 метрах геологического разреза которой имеются слабопроницаемые глинистые отложения преимущественно четвертичного или юрского возраста. Подземные воды верхнего от поверхности водоносного горизонта залегают в пределах указанных территорий на глубине менее 3 м (приложение 4). Подтопленными следует также считать в соответствии со СНиП 2.06.15-85 и СП 11-105-97 (часть II) территории, в пределах которых подземные воды залегают на глубине более 3 м, если они непосредственно воздействуют на основания и фундаменты эксплуатируемых или проектируемых зданий и сооружений.

5.15. Развитие процесса подтопления возможно практически на всей территории г. Москвы (за исключением сильно расчлененных и хорошо дренированных участков) и обусловлено в основном утечками из водонесущих коммуникаций, неконтролируемыми поливами зеленых насаждений и улиц, затрудненным стоком поверхностных и подземных вод, возникающим из-за нарушений в работе ливневой канализации, засыпки оврагов, барражного эффекта зданий и сооружений, которые приводят к подъему уровня природных подземных вод.

5.16. Основные первичные негативные последствия процесса подтопления муниципальных объектов хозяйства связаны с коррозионным разрушением фундаментов и нижних частей наземных конструкций зданий и сооружений, приводящим к их ускоренному износу и деформированию, с затоплением подвалов, шахт лифтов, подземных сооружений и коммуникаций неглубокого заложения, размножением кровососущих насекомых, появлением сырости и лишайниковых образований в жилых и рабочих помещениях, заболачиванием бессточных понижений рельефа, а также с деградацией и гибелью древесно-травяной растительности в результате отмирания их корневых систем в водонасыщенных и часто техногенно сильно

загрязненных грунтах.

5.17. Вторичные негативные последствия подтопления объектов хозяйства нередко приводят к существенно большим потерям, чем первичные последствия этого процесса. Они связаны с оседаниями и провалами земной поверхности, образующимися в результате доуплотнения замачиваемых при подъеме уровня подземных вод грунтов в основание зданий и сооружений, гидродинамического и тиксотропного (при динамических воздействиях) разжижения этих грунтов, обычно проявляющегося при возможности их выноса на склонах или в строительные выемки, а также с образованием новых и активизацией существующих оползневых, карстовых, карстово-суффозионных, эрозионных и других геологических опасностей.

5.18. Значительные потери могут возникать на подтопленных территориях при понижении уровня подземных вод и дополнительного уплотнения осушенных грунтов, обуславливающего также увеличение градиентов подземных вод вблизи мест их отбора (разгрузки) и активизацию по этой причине суффозионных процессов.

5.19. Опасность и риск от процесса морозного пучения грунтов, приводящего к подъему земной поверхности, выдавливанию обломочного материала, свай, столбов, фундаментов и деформациям легких зданий и сооружений, проявляются на локальных участках г. Москвы, сложенных в основном четвертичными озерными органоминеральными (илы, сапропели, заторфованные грунты) и органическими (торф) водонасыщенными и увеличивающими свой объем при промерзании в зимнее время образованиями. Оттаивание таких грунтов сопровождается усадочными деформациями, которые иногда не полностью компенсируют деформации сезонного (зимнего) пучения.

Подобные деформации земной поверхности, зданий и сооружений величиной более 50 мм, которые считаются недопустимыми в соответствии со СНиП 2.02.01-83\*, могут проявляться при искусственном замораживании водонасыщенных глинистых грунтов разного возраста и генезиса, а также при их набухании.

5.20. Опасность и риск от оседаний и провалов земной поверхности, обусловленных уплотнением грунтов под зданиями и сооружениями, а также с их гидродинамическим или тиксотропным разжижением и выносом на поверхность и в строительные выемки, существуют практически на всей территории г. Москвы в пределах локальных участков, сложенных преимущественно неконсолидированными четвертичными озерными органоминеральными (органическими) и современными техногенными образованиями. Разжижение и вынос характерны также для песчаных и супесчаных пород мелового, юрского и четвертичного возраста.

5.21. Оценку риска потерь от охарактеризованных в пп. 5.1-5.20 и других менее распространенных на территории г. Москвы геологических опасностей следует проводить на всех стадиях обоснования градостроительной, предпроектной и проектной строительной документации в следующей последовательности, составляющей общую процедуру перманентного циклического анализа геологических опасностей и рисков, направленного на уменьшение и предупреждение негативных последствий природных ЧС (приложение 5):

- идентификация и прогноз развития геологических опасностей в пространстве и во времени;
- оценка уязвимости территорий, зданий, сооружений и населения, находящегося в пределах этих объектов хозяйства, для геологических опасностей;
- оценка геологического риска;
- управление геологическим риском.

## 6. Идентификация и прогнозирование геологических опасностей

6.1. Идентификация геологических опасностей заключается в установлении характерных особенностей, показателей, условий, факторов и закономерностей развития всех имеющихся проявлений этих опасностей на оцениваемой территории, включая определение площадей их

распространения, объемов охвата геологической среды, генезиса, возраста, стадийности, интенсивности, периодичности активизации и длительности воздействия, приуроченности к определенным комплексам пород, разрывным нарушениям, геологическим структурам, геоморфологическим элементам и строительным объектам.

6.2. Идентификацию следует начинать с выявления в литосферном пространстве качественной и количественной характеристики, типизации и картирования имеющихся и имевших место проявлений геологических опасностей вместе с природными и техногенными условиями и действующими факторами (воздействиями) их образования и развития в масштабе, определяемом в соответствии с п. 4.7 настоящих Рекомендаций.

Особое внимание необходимо уделять установлению относительного геологического и абсолютного возраста отдельных типов и разновидностей геологических опасностей, современных и прошлых природных и природно-техногенных обстановок их образования, стадийности и интенсивности развития в настоящее время и в недалеком геологическом прошлом (обычно в голоцене) по данным анализа палеопроявлений опасностей, топографических карт, космо- и аэрофотоснимков, исторических сведений и режимных наблюдений, если они имеются.

6.3. В результате идентификации должны быть получены следующие необходимые для прогнозирования развития геологических опасностей данные, характеризующие:

- площади развития, интенсивность и повторяемость опасных геологических и инженерно-геологических процессов определенных типов в различных частях оцениваемой территории;

- критические характеристики геологической среды, природные и техногенные воздействия, при которых происходили образование и активизация опасных процессов, смена их характера, механизма и интенсивности при переходе от одной стадии развития к другой;

- площади развития, особенности залегания и физико-механические свойства массивов грунтов, являющихся необходимой средой для развития определенных типов геологических опасностей (уплотняющихся, разжижающихся, пучинистых, карстующихся, суффозионно- и оползненеустойчивых и т.д.), в т.ч. и не проявлявшихся в пределах оцениваемой территории.

6.4. В качестве основных регистрируемых и прогнозируемых показателей интенсивности рекомендуется использовать следующие количественные характеристики геологических опасностей:

- диаметры, площади, глубины (амплитуды) и скорости провалов, оседаний, просадок и других отрицательных деформаций земной поверхности - для карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов, а также для процессов уплотнения, разжижения и выноса грунтов;

- площади, амплитуды и скорости поднятия и опускания земной поверхности - для процессов морозного пучения, набухания и усадки грунтов;

- линейные скорости, объемы и давления смещающихся масс грунтов - для оползневых процессов;

- линейные и объемные скорости разрушения массивов грунтов и территорий - для процессов оврагообразования и переработки берегов рек, водохранилищ и прудов;

- скорости подъема уровня подземных вод и его спада при проведении дренажных работ и откачек - для процесса подтопления территорий;

- площадные скорости ежегодного поражения освоенных и осваиваемых территорий с различными исходами (выведение из землепользования, локальные и площадные деформации земной поверхности определенной амплитуды и т.п.) - для всех типов геологических опасностей, дифференцированных по генезису, механизму, масштабу охвата литосферного пространства и (или) другим признакам, характеризующим их разрушительную силу.

6.5. Прогноз развития геологических опасностей, выполняемый для оценки обуславливаемых ими рисков потерь в различных сферах и соответствующих чрезвычайных ситуаций, рекомендуется выполнять с

использованием комплексных вероятностно-детерминированных методов в следующей последовательности:

- разработка вербальных моделей образования, развития и трансформации геологических опасностей в отдельных частях оцениваемой территории, различающихся по природным и техногенным условиям, существующим и возможным негативным процессам, при разных сценариях внешних природных и техногенных воздействий с определением вероятности их реализации за заданное время;

- подбор математических детерминированных или вероятностно-статистических моделей (расчетных методов) для разных стадий развития геологических опасностей, наиболее адекватно отражающих их характерные особенности, и производство постадийного детерминированного прогноза развития событий по разным сценариям возможных воздействий с учетом особенностей строения и критических характеристик геологической среды;

- оценка вероятности реализации прогнозов геологических опасностей по детерминированным моделям (методам) при различных сочетаниях внешних воздействий и физико-механических свойств неустойчивых к этим опасностям массивов грунтов с определением окончательных результатов вероятностно-детерминированного прогнозирования геологических опасностей.

6.6. Прогнозирование отдельных малоизученных геологических опасностей на предпроектной подготовке строительства допускается проводить на основе анализа их проявлений в схожих природно-техногенных обстановках с использованием методов вероятностно-статистических и экспертных оценок исходя из наихудшего (пессимистического) и наиболее вероятного сценария развития негативных событий.

6.7. При обосновании инвестиций в строительство и проектной документации на строительство зданий, сооружений и их систем повышенного (по СНиП 2.01.07-85\*) уровня ответственности прогнозные вероятностно-детерминированные оценки геологических опасностей целесообразно дополнительно основывать на математическом и (или) физическом моделировании развития этих опасностей при различных сочетаниях природных и техногенных воздействий.

6.8. Основные результаты идентификации и прогнозирования следует приводить согласно СНиП 11-02-96 и СП 11-105-97 (часть II) при обосновании решений в градостроительной, предпроектной и проектной документации на строительство на картах опасности отдельных геологических процессов и (или) их территориальных комплексов, а также в экспликациях (условных обозначениях) этих карт, которые должны характеризовать с детальностью (в масштабе), указанной в п. 4.7, основные природные и техногенные условия и факторы развития геологических опасностей, их интенсивность и повторяемость в любой точке оцениваемой территории до и после осуществления строительных и защитных мероприятий по ее освоению, перепрофилированию и предупреждению природных ЧС в течение заданного промежутка времени.

## 7. Оценка уязвимости зданий, сооружений, территорий и населения для геологических опасностей

7.1. Оценка уязвимости для геологических опасностей выполняется по результатам прогнозирования их интенсивности для отдельных зданий и сооружений, инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры (далее - сооружения), незастроенных территорий общественно-делового, производственного, рекреационного, сельскохозяйственного, специального или иного назначения (далее - территории), а также для населения, относительно постоянно или периодически находящегося в пределах перечисленных выше объектов городского хозяйства.

7.2. Уязвимость проектируемых и строящихся зданий и сооружений следует устанавливать для геологических опасностей определенного генезиса и интенсивности по результатам оценки актуальной (реализованной) экономической уязвимости аналогичных или подобных по типу конструкций объектов после аналогичных по интенсивности

разрушающих воздействий и (или) по результатам расчетов возможных деформаций оцениваемых объектов, превышающих предельно допустимые значения, установленные в документации на строительство в соответствии с требованиями главы СНиП 2.02.01-83\*, по общей формуле:

$$V_e(H) = D_d(H)/D_e = \sum_{i=1}^{i=n} (N_i/N) \times K_{ei}, \quad (1)$$

где:

$V_e(H)$  - экономическая уязвимость нового здания или сооружения (объекта) для опасности  $H$  определенного генезиса и интенсивности (в долях единицы);

$D_d(H)$  - возможный ущерб с учетом потерь от воздействия опасных геологических процессов и затрат на компенсацию последствий от этих воздействий (руб.);

$D_e$  - стоимость объекта до поражения (руб.);

$N_i$  - размеры (объем, площадь или длина) поврежденной части  $i$ -го элемента объекта;

$N$  - исходные размеры  $i$ -го элемента;

$K_{ei}$  - коэффициент, учитывающий удельную стоимость ущерба от разрушения отдельной конструкции (элемента, инженерной системы) в общих потерях от аварии;

$n$  - количество отдельных элементов в объекте.

Все стоимостные показатели должны быть приведены к единому моменту времени.

7.3. Уязвимость эксплуатируемых зданий и сооружений для геологической опасности  $H$  рекомендуется определять с учетом физического износа несущих конструкций этих объектов на момент оценки по формуле:

$$V_c(H) = V_e(H) + W_s, \quad (2)$$

где:

$V_c(H)$  - экономическая уязвимость эксплуатируемого объекта для опасности  $H$ ;

$V_e$  - начальная экономическая уязвимость этого объекта для опасности  $H$ , определенная без учета его износа по формуле (1);

$W_s$  - физический износ несущих конструкций объекта (основание, фундамент, наружные и внутренние стены, колонны), устанавливаемый в соответствии с требованиями ВСН 53-86 (р) по формулам:

$$W_c = \sum_{i=1}^{i=n} (P_i/P_c) W_{ci}; \quad (3)$$

$$W_s = \sum_{i=1}^{i=m} W_{ci} \times K_{ci}, \quad (4)$$

где:

$W_c$  - физический износ отдельной конструкции, элемента или системы объекта, определяемый в долях единицы по результатам их

обследования с использованием таблиц 1-71 ВСН-53-86 (р) для зданий и по действующим ведомственным нормативно-методическим документам для сооружений;

$P_i$  - размеры (площадь или длина) поврежденного участка конструкции, элемента или системы;

$P_c$  - исходные размеры конструкции, элемента или системы;

$m$  - число поврежденных участков;

$K_{ci}$  - коэффициент, соответствующий доле восстановительной

стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости объекта, устанавливаемой в долях единицы;

$n$  - число отдельных конструкций, элементов или систем в объекте.

В случае отсутствия таблиц износа для сооружений его величину допускается устанавливать по фактическим данным осмотра этих сооружений и тем же критериям, которые используются в таблицах ВСН-53-86 (р).

7.4. Уязвимость зданий и сооружений для отдельных провалов и оседаний земной поверхности, обусловленных развитием карстовых, карстово-суффозионных, суффозионных, пльвунных и других подобных геологических опасностей, в случае отсутствия достоверных аналогов и расчетов деформаций этих объектов допускается определять в составе градостроительной документации и обоснований инвестиций в строительство по приложениям 6 и 7 с использованием следующей формулы:

$$V_e(N) = V_{ei}(N) \times S_d(N) / S_f + W_s, \quad (5)$$

где:

$V_{ei}(N)$  - уязвимость части здания или сооружения для опасности  $N$  определенной интенсивности (площади поражения), устанавливаемая по приложениям 6 и 7;

$S_d(N)$  - площадь фундаментной части (основания) здания или сооружения, пораженная опасностью  $N$  (кв. м);

$S_f$  - площадь фундамента, равная суммарной площади отдельных фундаментов под несущие конструкции (кв. м);

$W_s$  - физический износ несущих конструкций объекта, определяемый по рекомендациям п. 7.3.

7.5. При обосновании вариантов инженерной защиты от опасных геологических процессов уязвимость зданий и сооружений для провалов, оседаний и других геологических опасностей следует оценивать преимущественно по результатам расчетов прочности и устойчивости этих объектов к воздействию соответствующих опасностей.

7.6. Оценку уязвимости зданий и сооружений для процесса подтопления подземными водами следует выполнять на соответствующих стадиях с использованием приложения 8 и основных рекомендаций пп. 7.4, 7.5.

7.7. Уязвимость зданий и сооружений для оползневых процессов следует принимать равной единице, если поверхность оползания проходит ниже подошвы фундамента. Во всех остальных случаях оползневую уязвимость следует устанавливать по рекомендациям пп. 7.2, 7.5.

7.8. Уязвимость отдельных частей зданий и сооружений, поражаемых процессами оврагообразования и переработки берегов, рекомендуется принимать равной единице, а общую уязвимость этих объектов устанавливать с учетом степени их пораженности оцениваемыми опасностями по формуле (5).

7.9. Средние и среднемаксимальные значения уязвимости зданий и сооружений для процесса подъема земной поверхности, обусловленного

набуханием или морозным пучением грунтов, рекомендуется принимать в размере 50% значений уязвимости этих объектов для осадок оснований соответствующей амплитуды, приведенных в приложении 7.

7.10. Уязвимость территорий для геологической опасности  $N$  определенного генезиса и интенсивности следует оценивать в физическом и экономическом виде по формулам:

$$V_{tf}(N) = S_d(N)/S; \quad (6)$$

$$V_{te}(N) = D_{td}/D_{te} = V_{tf} \times K_t, \quad (7)$$

где:

$V_{tf}(N)$  и  $V_{te}(N)$  - соответственно физическая и экономическая уязвимость территории для опасности  $N$  (д.е.);

$S_d$  - площадь поражения участка территории при единичном проявлении опасности  $N$  (кв. м, га, кв. км);

$S$  - оцениваемая площадь (кв. м, га, кв. км);

$D_{td}$  - стоимость пораженной части территории (руб.);

$D_{te}$  - общая стоимость оцениваемой территории (руб.);

$K_t$  - коэффициент, характеризующий долю стоимости пораженной части территории в ее общей стоимости.

Стоимость земельных участков определяется в соответствии с установленными средними размерами платы за право на заключение договора аренды в Москве по состоянию на момент оценки (постановление Правительства Москвы от 13 ноября 2001 г. N 1022-ПП).

7.11. Социальную уязвимость населения для геологической опасности  $N$  следует устанавливать применительно к возможности поражения людей по аналогии с происшедшими ранее в г. Москве, России и других странах мира негативными событиями по общей формуле:

$$V_s(N) = P_d/P_t = V_t(N) \times V_{st}(N) \times V_{ss}(N), \quad (8)$$

где:

$V_s(N)$  - показатель социальной уязвимости, доля пораженных людей в результате аварии на объекте;

$P_d$  - количество пораженных с летальным исходом в результате проявления опасности  $N$  (чел.);

$P_t$  - общее количество людей, находившихся в зоне поражения (чел.);

$V_t(N)$  - физическая уязвимость территории или экономическая уязвимость здания или сооружения для опасности  $N$ , определяемые соответственно по формулам (6), (2) или (1) (д.е.);

$V_{st}(N)$  - социальная уязвимость населения во времени, равная вероятности оказаться в зданиях, сооружениях или в пределах незастроенной территории в момент поражения этих объектов опасностью  $N$  (д.е.);

$V_{ss}(N)$  - социальная уязвимость населения в пространстве, равная вероятности погибнуть в объекте, пораженном опасностью  $N$  (д.е.).

7.12. Уязвимость населения во времени для опасности Н необходимо оценивать по фактическим данным о продолжительности пребывания людей разного возраста и профессий в поражаемом объекте или в объекте-аналоге по следующей формуле:

$$V_{st}(H) = t_d \times t_y / 24 \times 365, \quad (9)$$

где:  
 $t_d$  и  $t_y$  - средняя продолжительность пребывания типичного индивида в поражаемом объекте соответственно в течение дня и года, часы, сутки.

7.13. При оценке уязвимости населения для одномоментных геологических опасностей, приводящих к быстрым (минуты, часы и первые дни) разрушениям объектов хозяйства, рекомендуется использовать данные о физических, экономических и социальных потерях, обусловленных разрушающими воздействиями иных по генезису природных и техногенных опасностей на аналогичные по конструктивным решениям и наполняемости объекты. В случае отсутствия таких данных социальную уязвимость населения в зданиях и сооружениях допускается устанавливать при обосновании любых решений на этапах разработки предпроектной и проектной документации и мероприятий по предупреждению природных ЧС по приложению 9.

## 8. Оценка геологических рисков

8.1. Оценку геологических рисков рекомендуется выполнять последовательно для отдельных однородных по природным и техногенным условиям и развивающимся геологическим опасностям территорий, зданий, сооружений и их систем с периодом упреждения (время, на которое производится оценка возможных негативных последствий природных ЧС), равным сроку действия градостроительной документации на освоение и использование оцениваемых территорий или установленному сроку службы зданий, сооружений и их систем без капитального ремонта, но не более чем на 50 лет, из-за существенных изменений, происходящих с оцениваемыми опасностями и объектами хозяйства за более длительное время.

8.2. В качестве конечных показателей оценки следует использовать на всех стадиях разработки градостроительной документации, а также при разработке мероприятий по предупреждению природных ЧС полные и удельные значения дифференцированных (от отдельных процессов) и интегральных (от совокупности процессов) экономических и социальных рисков потерь от геологических опасностей, приведенные к 1 году.

8.3. Дифференцированный экономический риск потерь от оползней, провалов и оседаний земной поверхности, обусловленных развитием карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов, разжижением и выносом грунтов, от других одномоментных геологических опасностей, образующихся за секунды, минуты и первые дни, следует оценивать в виде полного и удельного (приведенного к единице площади) значений этого риска по следующим формулам:

$$R_e(H) = P^*(H) \times P_s(H) \times V_e(H) \times D_e; \quad (10)$$

$$R_{se}(H) = R_e(H) / S_o, \quad (11)$$

где:  
 $R_e(H)$  и  $R_{se}(H)$  - соответственно полный (руб./год) и удельный (руб./кв. м x год, руб./га x год, руб./кв. км x год) риск потерь от

опасности Н определенного генезиса и интенсивности;

$P^*(H)$  - повторяемость опасности Н в пределах определенной по площади территории, численно равная ее статистической вероятности (случаев/год);

$P(H) = \frac{S_o}{S_t}$  - геометрическая вероятность поражения оцениваемого объекта опасностью Н в пространстве;

$S_o$  - площадь объекта (кв. м, га, кв. км);

$S_t$  - площадь, в пределах которой может проявиться опасность Н (кв. м, га, кв. км);

$V_e(H)$  - экономическая уязвимость оцениваемого объекта для опасности Н, определяемая по формуле (7) - для территорий и по формулам (1), (2) или (5) - для зданий и сооружений;

$S_o$  - площадь объекта (кв. м, га, кв. км);

$D_e$  - стоимость объекта до его поражения (руб.).

Если объект оценки совпадает по площади с территорией, на которой может проявиться опасность Н, то  $P(H)$  в формуле (10) равна 1.

8

8.4. Полный дифференцированный экономический риск потерь от переработки берегов рек, водохранилищ и прудов, оврагообразования, а также от других относительно постоянно развивающихся во времени и пространстве перманентных геологических опасностей следует определять преимущественно через скорости поражения этими опасностями оцениваемых объектов по формуле:

$$R_e(H) = W_h \times P_h(W_h) \times V_e(H) \times d_e, \quad (12)$$

где:

$W_h$  - площадная скорость поражения оцениваемого объекта опасностью Н определенной интенсивности (кв. м/год, га/год, кв. км/год);

$P_h(W_h)$  - вероятность реализации этой скорости;

$h$

$V_e(H)$  - экономическая уязвимость объекта, определяемая в соответствии с п. 8.3;

$d_e$  - стоимость объекта, отнесенная к единице его площади (удельная стоимость основных фондов, руб./кв. м, руб./га, руб./кв. км).

8.5. Полный дифференцированный риск экономических потерь в результате подтопления зданий и сооружений рекомендуется устанавливать с учетом времени негативного воздействия этой опасности на оцениваемый объект по формуле:

$$R(S) = P(S) \times V_e(S) \times D_e, \quad (13)$$

где:

$P(S) = \frac{T_s}{T_c}$  - вероятность реализации процесса подтопления в течение срока службы объекта;

$T_s$  - длительность подтопления объекта (годы);

$s$

$T_c$  - срок службы объекта (годы);

$c$

$V_e(S)$  - экономическая уязвимость объекта для процесса

-1

подтопления, определяемая по аналогии или по приложению 8 (год);

$D_e$  - стоимость объекта до поражения процессом (руб.).

8.6. Полный дифференцированный риск от медленных оседаний и поднятий земной поверхности, связанный с уплотнением, набуханием, пучением и усадкой грунтов в основании зданий и сооружений, рекомендуется определять по формуле:

$$R_e(N) = P_e(N) \times V_e(N) \times D_c \times T_c, \quad (14)$$

где:

$P_e(N)$  - вероятность реализации деформации определенной амплитуды в конце срока службы объекта;

$V_e(N)$  - экономическая уязвимость оцениваемого объекта для этой деформации, определяемая по аналогии или по приложению 7;

$D_e$  - стоимость объекта до поражения процессом (руб.);

$T_c$  - срок службы объекта (годы).

8.7. Удельные значения дифференцированного экономического риска потерь от перманентных опасностей, охарактеризованных в пп. 8.4-8.6, устанавливаются по формуле (11). При оценках риска от этих опасностей по формулам (12) и (14) рекомендуется использовать соответственно средние скорости развития процесса и средние амплитуды деформаций, вероятность реализации которых за срок службы объекта принимается равной единице.

8.8. При проведении оценок геологического риска экономических потерь для зданий и сооружений, являющихся историческими или архитектурными памятниками, рекомендуется заменять в формулах (10)-(14) стоимость этих объектов до поражения одной или несколькими опасностями на стоимость их восстановления.

8.9. При оценке дифференцированных экономических рисков потерь для зданий и сооружений необходимо дополнительно к пп. 8.3-8.8 оценивать геологические риски, возникающие на сопредельных территориях в результате подпора этими объектами потоков подземных вод, строительного или эксплуатационного понижения их уровня, образования оползней, просадок земной поверхности и других геологических опасностей.

8.10. Дифференцированный и интегральный риски потерь соответственно от многократных проявлений с разной интенсивностью отдельной геологической опасности определенного генезиса (типа) в пределах оцениваемого объекта хозяйства и от совокупности одномоментных и перманентных опасностей любого генезиса, интенсивности и повторяемости, одновременно или разобщенно во времени и пространстве воздействующих на объект, учитывая их малые значения, можно определять как сумму дифференцированных рисков от этих опасностей, вычисленных по формулам (10)-(14).

8.11. Геологический риск социальных потерь населения на территории г. Москвы следует оценивать для одномоментных геологических опасностей, проявляющихся в виде быстрых смещений, провалов и оседаний грунтов оползневого, карстового, карстово-суффозионного, суффозионного или иного генезиса, приводящих к разрушению участков территорий, зданий и сооружений, автомобильных и железных дорог, трубопроводов, к гибели и ранению людей, находящихся в пределах указанных и других объектов муниципального хозяйства.

8.12. Дифференцированный социальный риск от одномоментных геологических опасностей рекомендуется определять в виде

индивидуальных и полных значений возможных потерь населения с летальным исходом по следующим формулам:

$$R_i(H) = P^* \times V_s(H); \quad (15)$$

$$R_s(H) = R_i(H) \times D_p, \quad (16)$$

где:

$R_i(H)$  - индивидуальный риск погибнуть от опасности  $H$ , численно

равный вероятности такого события для одного человека из группы людей, находящихся в пределах оцениваемого объекта (чел./чел. x год);

$P^*(H)$  - повторяемость опасности  $H$  (случаев/год);

$V_s(H)$  - социальная уязвимость населения для опасности  $H$ ,

определяемая по рекомендациям пп. 7.11-7.13 с использованием формул (8) и (9);

$R_s(H)$  - полный социальный риск погибнуть от опасности  $H$ , равный

числу летальных исходов от этой опасности в течение года (чел./год);

$D_p$  - общая численность населения в пределах оцениваемого объекта (чел.).

8.13. Интегральный социальный и индивидуальный риск гибели населения от нескольких одномоментных геологических опасностей, поражающих оцениваемый объект, следует определять путем сложения соответствующих дифференцированных рисков потерь населения от этих опасностей, установленных по формулам (15) и (16).

8.14. При обосновании мероприятий по предупреждению природных ЧС в составе предпроектной и проектной документации на строительство отдельных типовых зданий и сооружений нормального и пониженного уровня ответственности (по СНиП 2.01.07-85\*) допускается не проводить оценку риска потерь от образования карстовых провалов, оползней и подтопления объектов в пределах территорий с малой опасностью развития этих процессов (приложения 2-4). Такая оценка не является также обязательной для объектов с пониженным уровнем ответственности в пределах территорий со средней опасностью развития указанных процессов.

8.15. При обосновании мероприятий по предупреждению природных ЧС в составе градостроительной документации, обоснований инвестиций в строительство и проектов крупных площадных объектов основные результаты оценки геологического риска потерь необходимо представлять согласно СНиП 11-02-96 и п. 4.7 настоящих Рекомендаций в виде соответствующих карт дифференцированных и интегральных удельных экономических и индивидуальных рисков потерь в пределах оцениваемого объекта, а также на сопредельных территориях в случае, определенном в п. 8.5.

8.16. При обосновании мероприятий по предупреждению природных ЧС в составе обоснований инвестиций в строительство, проектов и рабочей документации отдельных зданий и сооружений, создание которых по результатам прогнозирования не приведет к образованию новых геологических опасностей на сопредельных с ними территориях, допускается представлять результаты оценки риска в табличной форме.

8.17. Результаты оценки геологического риска во всех случаях должны оформляться по согласованию с заказчиком в виде пояснительных записок к картам риска, заключений о риске, отчетов или глав в соответствующих разделах градостроительной, предпроектной и проектной строительной документации в соответствии с п. 4.7 настоящих Рекомендаций.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
Опасность	Процесс, свойство или состояние природы, общества или техники, представляющие угрозу для жизни или благосостояния людей, объектов экономики или окружающей среды
Опасный геологический процесс	Любое изменение состояния приповерхностной части литосферы (геологической среды), обусловленное естественными причинами, которое может привести к негативным для человека, объектов хозяйства и окружающей среды (живой природы) последствиям
Опасный инженерно-геологический процесс (синоним (син.) опасный техноприродный геологический процесс)	Подобное описанному выше изменение геологической среды, вызываемое человеческой деятельностью (техногенный аналог природного процесса)
Опасность геологическая (син. геологическая опасность)	Угроза образования нового или активизации существующего геологического или инженерно-геологического процесса с определенными параметрами (интенсивность, повторяемость и т.д.) на определенной площади за заданный промежуток времени. Потенциальное событие в геологической среде, которое не привязано к определенному объекту хозяйства или социума
Территориальный комплекс опасных геологических и (или) инженерно-геологических процессов (син. территориальный комплекс геологических опасностей)	Совокупность синергически связанных и не связанных между собой процессов установленного генезиса (типа, вида) с известными характеристиками интенсивности, повторяемости (частоты), площадей поражения и длительности воздействия, относительно одновременно проявляющихся или возможных на определенной территории
Интенсивность	Показатель геологической или другой природной опасности, прямо или косвенно характеризующий ее разрушительную силу
Источник геологического риска	Геологическая опасность или совокупность геологических опасностей, которые поражают или могут поразить определенную территорию, объекты хозяйства и (или) население, находящееся в их пределах
Объект геологического риска (син. реципиент риска)	Определенная территория вместе с расположенными в ее пределах объектами хозяйства и населением, подверженные

	негативным воздействиям одной или нескольких геологических опасностей
Риск	Вероятностная мера опасности или совокупности опасностей, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время. Осознанная опасность (угроза) наступления в любой системе негативного события с определенными во времени и пространстве последствиями
Риск геологический	Вероятностная мера геологической опасности или совокупности геологических опасностей, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время
Риск дифференцированный (син. риск частный)	Вероятностная мера определенной опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время
Риск интегральный (син. риск суммарный, риск совокупный)	Вероятностная мера совокупности опасностей, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время
Риск физический (син. риск событийный)	Вероятностная мера опасности или совокупности опасностей, установленная для определенного объекта в виде числа негативных случаев его поражения с определенным уровнем потерь (количество разрушенных и поврежденных зданий и сооружений, число погибших или получивших ранения, число чрезвычайных ситуаций определенных категорий и т.п.) за заданное время
Риск экономический	Показатель опасности или совокупности опасностей, установленный для определенного объекта в стоимостном выражении его потерь (ущерба) за заданное время
Риск экономический удельный	Показатель опасности или совокупности опасностей, установленный для определенного объекта в стоимостном выражении его потерь на единице площади за заданное время
Риск социальный	Показатель опасности или совокупности опасностей, установленный для определенной группы населения, находящейся в зоне возможного поражения, в виде потерь этой группы (гибель, ранение, заражение, моральная травма и т.д.) за заданное время
Риск индивидуальный	Вероятностная мера опасности или совокупности опасностей, установленная для типичного или конкретного представителя определенной группы населения, находящейся в зоне возможного поражения, в виде гибели, ранения, потери здоровья, моральной травмы и других возможных негативных для этого представителя исходов

	за заданное время
Уязвимость	Свойство объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате его поражения опасностью определенного генезиса, интенсивности и длительности воздействия. Выражается долей физических, экономических или социальных потерь объекта при поражении указанной опасностью
Износ физический	Свойство строительного объекта и его элементов (конструкций, систем) утрачивать в процессе эксплуатации способность к выполнению своих заданных функций в результате негативных природных и техногенных воздействий. Выражается соотношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения, и восстановительной стоимости объекта
Оценка риска	Процесс последовательно выполняемых действий по идентификации и прогнозированию опасности (опасностей), оценке уязвимости объекта для этой опасности (опасностей) и установлению возможных потерь объекта и его составляющих для всех случаев реализации опасности (опасностей) с определенной интенсивностью, повторяемостью (частотой) и длительностью воздействия за заданное время
Карта геологического риска	Графический документ, характеризующий в определенном масштабе возможные потери объектов хозяйства и (или) населения от одной, нескольких или всех установленных геологических опасностей в каждой точке оцениваемой территории

Приложение 2  
к Рекомендациям  
(справочное)

Приводится схема карстовой опасности Москвы.

Приложение 3  
к Рекомендациям  
(справочное)

Приводится схема оползневой опасности Москвы.

Приложение 4  
к Рекомендациям  
(справочное)

Приводится схема опасности подтопления территории Москвы.

ОБЩАЯ СХЕМА - ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ТЕРРИТОРИЙ,  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

<p>Идентификация и прогноз геологических опасностей:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие по генезису первичные и вторичные геологические опасности, где, когда и при каких условиях поражали и могут поразить оцениваемую территорию и объекты?</li> <li>2. Какова была в прошлом и ожидается стадийность, интенсивность, повторяемость (частота), скорость и длительность воздействия этих опасностей без осуществления мероприятий по их предупреждению?</li> <li>3. Какими будут интенсивность, повторяемость, скорость и длительность воздействия геологических опасностей при разных вариантах их предупреждения?</li> </ol>	<p>Оценка уязвимости территорий, объектов строительства и населения для геологических опасностей:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как используется и (или) планируется использовать оцениваемую территорию?</li> <li>2. Какие по назначению и строительным конструкциям объекты расположены и (или) предполагается расположить на этой территории?</li> <li>3. Какова численность, состав, распределение и подвижность населения в пределах оцениваемой территории и объектов?</li> <li>4. Какова уязвимость отдельных частей территории, объектов, их систем и населения для прогнозируемых геологических опасностей определенного типа и интенсивности?</li> <li>5. Какой будет уязвимость запроектируемых сооружений инженерной защиты и защищенных территорий, строительных объектов и населения для геологических опасностей?</li> </ol>
<p>/\</p>	<p>\/</p>
<p>Управление геологическим риском:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие меры предполагается осуществить для уменьшения и предупреждения риска?</li> <li>2. Какие уровни риска следует считать допустимыми (приемлемыми)?</li> <li>3. Как осуществляется или будет осуществляться контроль за геологическими опасностями, состоянием объектов, потерями и рисками?</li> <li>4. Как воспринимает население и органы власти установленные опасности, риски, меры предупреждения и контроль за ними?</li> <li>5. Какие дополнительные меры необходимы для уменьшения и контролирования оставшихся рисков?</li> </ol>	<p>Оценка геологического риска:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие сценарии развития и негативные первичные и вторичные последствия геологических опасностей возможны?</li> <li>2. Какова вероятность реализации этих сценариев?</li> <li>3. Какими будут потери от отдельных проявлений и от всех опасностей?</li> <li>4. Какими будут дифференцированные и интегральные риски потерь от отдельных проявлений и от всех опасностей?</li> <li>5. Какими станут сценарии развития, вероятности и размеры потерь, дифференцированные и интегральные риски после осуществления мероприятий по их предупреждению?</li> </ol>

Приложение 6  
к Рекомендациям  
(рекомендуемое)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УЯЗВИМОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ НОВЫХ ЗДАНИЙ  
И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ,  
ОБУСЛОВЛЕННЫХ РАЗВИТИЕМ КАРСТОВЫХ, КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ,  
СУФФОЗИОННЫХ, ПЛЫВУННЫХ И ДРУГИХ ПОДОВНЫХ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ <\*>

Здания и сооружения <***>	Площадь провала/суммарная площадь отдельных фундаментов под несущие конструкции					
	< 1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	> 0,9
Каркасные	0,05-0,2	0,15-0,4	0,35-0,7	0,66-1	0,86-1	0,9-1
Бескаркасные неармированные	0,02-0,15	0,1-0,35	0,3-0,65	0,64-1	0,84-1	0,93-1
Бескаркасные армированные	0,004-0,03	0,02-0,07	0,05-0,6	0,62-1	0,82-1	0,92-1
Монолитные	0,002-0,015	0,01-0,04	0,02-0,55	0,6-1	0,8-1	0,9-1

<\*> Средние и среднемаксимальные значения уязвимости. Уязвимость объектов в целом определяется по формуле (5).

<\*\*\*> Уязвимость объектов промежуточных типов допускается принимать в виде среднего значения из двух наиболее близких типов.

Приложение 7  
к Рекомендациям  
(рекомендуемое)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УЯЗВИМОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ НОВЫХ ЗДАНИЙ  
И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ (ОСАДОК  
ОСНОВАНИЙ), ОБУСЛОВЛЕННАЯ УПЛОТНЕНИЕМ ГРУНТОВ, РАЗВИТИЕМ  
КАРСТОВЫХ, КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ, СУФФОЗИОННЫХ,  
ПЛЫВУННЫХ И ДРУГИХ ПОДОВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ <\*>

Здания и сооружения <***>	Осадка (амплитуда), см	Площадь оседания/суммарная площадь отдельных фундаментов под несущие конструкции			
		< 1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7
Каркасные	8-20	0,002-0,02	0,01-0,04	0,03-0,07	0,06-0,09
0,08-0,093	0,09-0,1				

	20-50	0,01-0,07	0,05-0,17	0,15-0,34	0,30-0,42
0,36-0,45	0,40-0,50				
	> 50	0,02-0,15	0,10-0,35	0,32-0,68	0,61-0,89
0,80-0,95	0,90-1,0				
-----					
Бескаркасные	10-20	0,02-0,015	0,01-0,035	0,03-0,065	0,06-0,085
0,08-0,09	0,092-0,1				
неармированные	20-50	0,04-0,06	0,05-0,16	0,14-0,32	0,31-0,44
0,35-0,04	0,46-0,5				
	> 50	0,02-0,15	0,10-0,35	0,30-0,65	0,62-0,85
0,82-0,94	0,92-1,0				
-----					
Бескаркасные	15-30	0,0004-0,003	0,002-0,007	0,065-0,012	0,01-0,015
0,015-0,03	0,02-0,05				
армированные	30-50	0,002-0,015	0,01-0,035	0,02-0,07	0,05-0,08
0,08-0,09	0,07-0,1				
	> 50	0,004-0,03	0,02-0,07	0,05-0,13	0,12-0,16
0,16-0,18	0,15-0,2				
-----					
Монолитные	30-50	0,0002-0,0015	0,001-0,004	0,002-0,006	0,005-
0,008	0,007-0,009	0,001-0,01			
	50-100	0,001-0,007	0,005-0,02	0,01-0,003	0,02-0,04
0,03-0,05	0,005-0,05				
	> 100	0,002-0,015	0,01-0,04	0,02-0,06	0,05-0,08
0,07-0,09	0,01-0,1				

<\*> Средние и среднемаксимальные значения уязвимости. Уязвимость объектов в целом определяется по формуле (5).

<\*\*\*> Уязвимость объектов промежуточных типов допускается принимать в виде среднего значения из двух наиболее близких типов.

Приложение 8  
к Рекомендациям  
(рекомендуемое)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УЯЗВИМОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ СИЛЬНОАГРЕССИВНЫМИ ПОДЗЕМНЫМИ  
ВОДАМИ В ТЕЧЕНИЕ 1 ГОДА <\*> <\*\*\*>

Фундамент заложения (толщина) зданий и сооружений	Мощность зоны подтопления в пределах фундамента/глубина фундамента				
	< 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-
0,9	> 0,9				
-----					
Столбчатый или свайный	0,0035-0,0045	0,0065-0,0075	0,007-0,008	0,0075-	
0,0086	0,008-0,009	0,0085-0,0094			

Ленточный	0,003-0,0035	0,006-0,007	0,0065-0,0075	0,007-0,008
0,0076-0,0085	0,008-0,009			
Плитный	0,002-0,0025	0,003-0,005	0,006-0,007	0,0065-
0,0074	0,007-0,008	0,0075-0,0085		

<\*> Средние и среднемаксимальные значения уязвимости объектов  
-1  
(год ).  
<\*\*\*> При средней по СНиП 2.03.11-85 агрессивности подземных вод к  
строительным конструкциям уязвимость уменьшается на 20%, а при слабой  
агрессивности - на 30%.

Приложение 9  
к Рекомендациям  
(рекомендуемое)

СООТНОШЕНИЕ УЯЗВИМОСТИ БЫСТРО РАЗРУШАЮЩИХСЯ ЗДАНИЙ,  
СООРУЖЕНИЙ И ПОРАЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЭТИХ ОБЪЕКТАХ  
ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ПРИРОДНЫХ  
И ТЕХНОПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Уязвимость зданий и сооружений	Уязвимость населения в зданиях и сооружениях разной этажности <*>		
	1-4	5-10	более 10
0,005	0,000006-0,0001	0,000006-0,0001	0,000006-0,0001
0,05	0,00006-0,001	0,00006-0,001	0,00006-0,001
0,1	0,0003-0,07	0,0003-0,08	0,0003-0,09
0,2	0,0006-0,15	0,0006-0,16	0,0007-0,17
0,3	0,003-0,25	0,003-0,27	0,004-0,28
0,4	0,0052-0,35	0,0052-0,38	0,0061-0,39
0,5	0,015-0,45	0,015-0,48	0,018-0,49
0,6	0,031-0,55	0,031-0,58	0,038-0,59
0,7	0,047-0,65	0,05-0,68	0,059-0,69
0,8	0,064-0,75	0,07-78	0,08-0,79
0,9	0,42-0,85	0,5-88	0,54-0,89
1,0	0,7-0,91	0,8-0,96	0,9-0,99

<\*> Средние и среднемаксимальные значения.

Приложение 10  
к Рекомендациям

## ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Пример 1. Оценка дифференцированного экономического риска от процесса подтопления строительного объекта.

На северо-западе г. Москвы на участке со средней опасностью развития процесса подтопления (приложение 4) запроектировано строительство жилого здания. Здание типовое бескаркасное кирпичное 5-этажное, 4-подъездное. Форма в плане прямоугольная со сторонами 13 и 76 м. Фундамент ленточный сборный: три продольные ленты под несущие наружные и внутреннюю стены шириной 1,5 м и общей площадью 342 кв. м. Площадь фундаментной части здания или его основания составляет 988 кв. м. Стоимость строительства здания вместе с обосновывающими проектно-изыскательскими работами определена по укрупненным расчетам в размере 2,470 млн. долларов.

Участок строительства сложен сверху вниз: техногенными отложениями (2-3 м), верхнеплейстоценовыми флювиогляциальными песками (20 м), верхнеюрскими глинами (2 м), каменноугольными закарстованными известняками с прослоями доломитов, мергелей и глин (> 70 м). Первый от поверхности горизонт безнапорных подземных вод залегает на глубине 5 м (т.е. участок строительства не подтоплен), а пьезометрический уровень напорных вод карбона зафиксирован на глубине 20 м. Среднегодовалая скорость подъема уровня первого водоносного горизонта составляет, по данным режимных наблюдений, 15 см/год.

Требуется оценить риск экономических потерь от подтопления охарактеризованного выше здания за срок его службы без капитального ремонта, который определен в 50 лет.

Для оценки риска от подтопления был выполнен методом математического моделирования прогноз дальнейшего хода уровня первого от поверхности водоносного горизонта, который показал, что среднегодовалая скорость его подъема после строительства здания увеличится до 16 см/год за счет дополнительных утечек из подведенных к зданию водонесущих коммуникаций. Подъем уровня будет происходить до глубины 2,5 м, а затем стабилизируется на этой отметке благодаря естественной дренированности участка.

Фундамент здания расположен на 1,5 м выше уровня подземных вод до начала строительства. Значит, он начнет подтапливаться при установленной скорости подъема уровня примерно через 9,4 года и будет подтоплен на 1 м через 15,6 лет.

Таким образом, в течение 50-летнего срока службы здание будет подтоплено 40,6 лет. При этом большую часть этого времени (38,5 лет) мощность зоны подтопления в пределах фундамента составит от 0,35 до 1 м, а отношение этой мощности к глубине заложения фундамента (3,5 м), необходимое для определения уязвимости здания по приложению 8, будет находиться все это время в интервале 0,1-0,3.

Для упрощения вычислений примем за расчетные значения уязвимости этого интервала для оцениваемого здания на ленточном фундаменте и определим по формуле (13) полный средний и максимальный риск экономических потерь этого объекта от процесса подтопления в течение 50 лет его службы.

С учетом приведенных выше данных указанные риски будут соответственно равны:

$$R_e(S) = \frac{h}{e} \cdot 40,6 \times 0,006 \times 2470000 = 12034 \text{ у.е./год};$$

$$R_m(S) = \frac{m}{e} \cdot 40,6 \times 0,007 \times 2470000 = 14039 \text{ у.е./год.}$$

Соответствующие удельные средние и среднемаксимальные экономические риски потерь от подтопления здания составят по формуле

(11) в течение срока его службы:

$$R(S) = \frac{h}{e} = \frac{12034}{988} = 12,81 \text{ у.е./кв. м } \times \text{ год};$$

$$R(S) = \frac{m}{e} = \frac{14039}{988} = 14,21 \text{ у.е./кв. м } \times \text{ год}.$$

Из приведенных выше прогнозных оценок следует, что полный экономический ущерб от подтопления составит за 50 лет эксплуатации здания от 24,4 до 28,4% от его общей стоимости (табл. 10.1), что является (с экономических позиций) малооправданным.

Таблица 10.1

ОЦЕНКА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА  
ОТ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

Стоимость здания, млн. долл., D е		2,470
Срок службы, лет, T с		50
Площадь по подошве фундамента, кв. м, S о		988
Тип фундамента		Ленточный
Глубина заложения фундамента, м		3,5
Глубина залегания уровня подземных вод, м	до начала строительства	5
	в период эксплуатации	5-2,5
Скорость подъема уровня подземных вод, см/год		16
Время подтопления, лет, T с		40,6
Мощность зоны подтопления/глубина заложения фундамента		0,1-0,3
Уязвимость, год <sup>-1</sup> , V(S) е	средняя	0,006
	максимальная	0,007
Риск средний	полный, у.е./год, R(S) е	12034
	удельный, у.е./кв. м × год, R(S) se	12,81
Риск максимальный	полный, у.е./год, R(S) е	14039

	удельный, у.е./кв. м х m х год, R (S) se	14,21
Ожидаемый полный экономический ущерб за 50 лет, млн. у.е. (%)	средний	0,602 (24,4)
	максимальный	0,702 (28,4)

Указанные цифры могут быть также проинтерпретированы как время, на которое уменьшится срок службы здания без капитального ремонта (от 12 до 14,2 лет). В этот ущерб не включены затраты на проведение работ по постоянной откачке подземных вод из подвального помещения здания, которая станет необходимой примерно на 9-й год его эксплуатации. В рассмотренной ситуации на стадии подготовки проектной документации на строительство необходимо рассмотреть несколько вариантов инженерной защиты здания от подтопления и произвести выбор наиболее оптимального из них по результатам уточненных оценок экономического риска потерь от этого процесса.

Пример 2. Оценка дифференцированного экономического риска от карстово-суффозионных провалов земной поверхности.

Дано: тот же участок и то же здание на северо-западе г. Москвы, для которых характерна большая карстовая опасность (приложение 2).

Требуется оценить карстовый риск экономических потерь за срок службы здания (50 лет).

Оцениваемый участок строительства расположен в пределах территории распространения сильно закарстованных отложений карбона, имеющей общую площадь около 1000 кв. км. За последние 30 лет (до 2002 г.) на этой территории образовалось 42 провала диаметром от 2-3 до 40 м (6 м - среднее значение).

Пораженность указанной территории карстовыми провалами составляет в настоящее время 0,042 провала/кв. км. Среднегодовое количество интенсивность провалообразования составляет, таким образом, в пределах этой территории и оцениваемого участка строительства 0,0014 провалов/кв. км х год. Другими словами, на площади в 1 кв. км за 1000 лет образуются не более 1-2 провалов.

До начала 70-х годов прошлого века карстовые провалы в Москве не наблюдались. Их образование в настоящее время обусловлено преимущественно постоянно возрастающими во времени и пространстве техногенными воздействиями на геологическую среду. Поэтому в ближайшие 50 лет, на которые оценивается риск, интенсивность или повторяемость провалов на рассматриваемой площади или сохранится, или несколько увеличится.

Оценка дифференцированного полного карстового экономического риска проводится по формуле (10). Базируясь на приведенном выше анализе карстопроявлений, примем, что повторяемость провалов на площади в 1 кв. км (S), часть которой займет оцениваемое здание, составит в течение 50 лет по наиболее вероятному и наихудшему вариантам соответственно 0,0014 и 0,1 случая в год. Примем также, что расчетные средние и среднемаксимальные диаметры провалов по этим вариантам будут равны соответственно 6 и 35 м, а их площади 28,26 и 961,63 кв. м.

Геометрическая вероятность поражения здания карстовыми провалами любого размера в рассматриваемом случае равна:

$$P(S) = \frac{988 \text{ кв. м}}{1000000 \text{ кв. м}} = 0,00099.$$

Экономическую уязвимость здания для карстовых провалов установленных выше размеров определим по приложению 6, вычислив предварительно отношение их площадей к суммарной площади отдельных фундаментов под несущие конструкции, которая равна 342 кв. м (см. пример 1).

Указанное отношение составляет для провалов среднего и максимального размеров соответственно:

$$28,26/342 = 0,083 \text{ и } 961,63/342 = 2,8.$$

Последний результат, значительно превышающий 1, означает, что ожидаемый провал диаметром 35 м полностью захватит оцениваемое здание и приведет к его смещению на глубину не менее 5–8 м (см. п. 5.5). Экономическая уязвимость оцениваемого здания при такой катастрофе согласно приложению 6 составит 1, а в первом случае (при отношении 0,083) 0,02–0,15.

Установив таким образом для оцениваемого здания значения основных членов формулы (10), вычислим по ней средний и максимальный риск экономических потерь здания от карстово-суффозионных провалов. При этом в первом случае будем использовать средние значения всех составляющих риска (площадь, повторяемость, уязвимость), а во втором – их среднемаксимальные значения, сведенные в табл. 10.2. С учетом приведенных выше вычислений и принятых допущений средний полный и удельный карстовые риски экономических потерь здания будут равны:

$$R(C) = 0,0014 \times 0,00099 \times 0,02 \times 2470000 = 0,07 \text{ у.е./год};$$

$$R(C) = \frac{0,07}{988} = 7 \times 10^{-5} \text{ у.е./кв. м} \times \text{год}.$$

Максимальные риски потерь в оцениваемом случае составят:

$$R(C) = 0,1 \times 0,00099 \times 1 \times 2470000 = 244,53 \text{ у.е./год};$$

$$R(C) = \frac{244,53}{988} = 0,25 \text{ у.е./кв. м} \times \text{год}.$$

Из приведенных выше расчетов следует, что риск экономических потерь от карстовых провалов оцениваемого здания (даже при наиболее неблагоприятном варианте развития событий) весьма мал. Он не превышает за 50 лет 0,5% общей стоимости этого здания (табл. 10.2), т.к. максимальная вероятность его поражением провалом во времени и пространстве составляет всего  $1 \times 10^{-5}$  (0,000099), или 1 раз за 100 тыс. лет.

Поэтому осуществление противокарстовых мероприятий в пределах здания экономически не оправдано.

Данный вывод справедлив для случая отсутствия крупных карстовых пустот непосредственно под зданием на глубине более 24 м и нуждается в проверке по результатам дополнительного бурения и проведения геофизических работ непосредственно в контуре здания на стадии подготовки проектной документации на его строительство.

Пример 3. Оценка дифференцированного социального риска от карстово-суффозионных провалов.

Дано: то же здание с установленной величиной карстового экономического риска потерь.

Требуется оценить риск социальных потерь населения, проживающего в этом здании, при образовании карстово-суффозионных провалов.

Для расчета такого риска необходимы дополнительные данные о времени пребывания людей в здании в течение суток и года. Они были получены путем выборочного опроса населения, проживающего в аналогичном здании в том же микрорайоне города, и отражены в табл. 10.3.

С использованием данных этой таблицы определим вначале по формуле (9) социальную уязвимость населения в оцениваемом здании во времени. Такая уязвимость равна:

$$V(C) = \frac{11,8 \times 311,45}{24 \times 365} = 0,42.$$

Далее по приложению 9 установим среднюю и среднемаксимальную уязвимость населения в оцениваемом здании, которое имеет соответственно среднюю экономическую уязвимость для среднего по размерам провала (0,02) и наибольшую уязвимость для среднемаксимального провала (0,96, табл. 10.2).

Оценим теперь по формулам (14) и (15) индивидуальный и социальный полный риск гибели населения в здании для наиболее вероятного и наилучшего вариантов образования под ним карстового провала:

$$R(C) = 0,0014 \times 0,000011 = 1,5 \times 10^{-8} \text{ чел./чел.} \times \text{год};$$

$$R(C) = 0,1 \times 0,403 = 4 \times 10^{-2} \text{ чел./чел.} \times \text{год};$$

$$R(C) = 1,5 \times 10^{-8} \times 180 = 2,7 \times 10^{-6} \text{ чел./год};$$

$$R(C) = 4 \times 10^{-2} \times 180 = 7,25 \text{ чел.}$$

Индивидуальный риск гибели населения в оцениваемом здании в результате образования под ним карстового провала составляет по наиболее худшему варианту весьма большую величину  $4 \times 10^{-2}$  чел./чел.  $\times$  год. При оценке этого варианта использовались максимально возможные значения размеров и повторяемости карстовых провалов, а также вероятности поражения и уязвимости для них здания и населения.

Суммарная вероятность реализации этого варианта составляет  $2 \times 10^{-7}$  (2 случая из 10 млн.), т.е. весьма мало. Но она должна приниматься во внимание при решении вопросов по обеспечению безопасности объектов с повышенным уровнем ответственности. При решении этих вопросов для объектов массового промышленно-гражданского строительства с нормальным уровнем ответственности рекомендуется использовать преимущественно результаты оценки индивидуального риска по наиболее вероятному варианту развития негативных событий. Указанный риск составляет

для жителей оцениваемого здания  $1,5 \times 10^{-8}$  чел./чел.  $\times$  год. Это означает возможность летального исхода для 1-2 человек из 10 млн. жителей города в течение года. Такую величину риска следует, по всей видимости, считать допустимой (приемлемой), т.к. она на порядок меньше фонового индивидуального риска гибели населения на территории России от всех опасных природных и техноприродных процессов, который составляет в настоящее время (по статистическим

данным 1991-2000 гг.)  $1,8 \times 10^{-6}$  чел./чел.  $\times$  год (около 2 человек из 1

млн.).

Таблица 10.2

ОЦЕНКА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО И СОЦИАЛЬНОГО  
РИСКА ОТ ОБРАЗОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ ПОД ЗДАНИЕМ

Стоимость здания, млн. долл., $D_e$		2470	
Срок службы, лет, $T_c$		50	
Площадь по подошве фундамента, кв. м, $S_o$		988	
Тип фундамента и его площадь, кв. м, $S_f$		Ленточный 342	
Средние и среднемаксимальные расчетные характеристики провалов		Диаметр, м, $d$	6; 35
		Площадь, кв. м, $S_c$	28,26; 961,63
		Повторяемость, $P^*(C)$	0,0014;
		случаев/кв. км x год, $P^*(C)$	0,1
$S_{ot} / S_o$		0,00099	
$S_{cf} / S_f$		Среднее	0,083
		Максимальное	2,8
Экономическая уязвимость здания, $V_e(C)$		Средняя	0,02
		Максимальная	1
Риск экономический	Средний	Полный, у.е./год, $R_{he}(C)$	0,07
		Удельный, у.е./год, $R_{hse}(C)$	0,00007
	Максимальный	Полный, у.е./год, $R_{me}(C)$	244,53
		Удельный, у.е./кв. м x год, $R_{mse}(C)$	0,25
Ожидаемый полный	Средний	3,5	



Поэтому разработка специальных мероприятий по предупреждению карстового риска в рассматриваемом случае не требуется как по экономическому, так и по социальному критерию, если только дополнительные изыскания для обоснования проектной документации здания не выявят наличия под ним крупной карстовой полости (см. пример 2).

Пример 4. Оценка интегрального экономического риска от нескольких геологических опасностей.

Дано: то же здание с установленными значениями экономических рисков потерь от процессов подтопления и карстообразования.

Требуется оценить интегральный экономический риск потерь от этих процессов.

Таблица 10.4

ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ПРОЦЕССОВ  
ПОДТОПЛЕНИЯ И КАРСТООБРАЗОВАНИЯ В ОСНОВАНИИ ЗДАНИЯ

Геологическая опасность (%)	Риск средний		Риск максимальный		Ожидаемый полный экономический ущерб за 50 лет, у.е.	
	полный, у.е./год	удельный, у.е./кв. м х h	полный, у.е./год	удельный, у.е./кв. м х h	средний	
максимальный	R (H) e	h R (H) se	R (H) e	m R (H) se		
Подтопление	12034	12,81	14039	14,21	601700	(28,4)
701950						(24,4)
Карстовые провалы	4	0,004	244,53	0,25	200	(-)
12227						
Подтопление и карстовые провалы	12038	12,81	14284	14,46	601900	(28,9)
714177						(24,4)

-----  
-----

Оценка интегрального экономического риска потерь от нескольких геологических опасностей, поражающих объект, производится в соответствии с п. 8.6 настоящих Рекомендаций путем сложения соответствующих дифференцированных рисков от отдельных опасностей. Результаты этой операции для оцениваемого объекта сведены в табл. 10.4.