Правительство Нижегородской области

Департамент градостроительного развития территории
Нижегородской области

Утверждаю:

Директор Департамента градостроительного
развития территории Нижегородской области

_____ А.В.Бодриевский

«9» апреля 2012 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Нижний Новгород
2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

		стр.
	Введение…….	3
1.	Общие положения…….	6
2.	Основные закономерности карстового процесса и особенности его проявления на территории Нижегородской области……..	8
3.	Характер опасности карста в Нижегородской области для различных инженерных сооружений……..	15
4.	Геоэкологические аспекты карстовых процессов……..	19
5.	Особенности проведения инженерных изысканий на закарстованных территориях……	24
6.	Способы оценки карстовой опасности и карстового риска применительно к различным строительным объектам. Предельно допустимые карстовые риски……...	44
7.	Противокарстовые мероприятия…….	56
8.	Региональный, муниципальный и объектный карстологический мониторинг и использование его результатов в осуществлении мероприятий по обеспечению безопасности зданий и сооружений……	66
9.	Особенность взаимодействия изыскателей, проектировщиков и застройщиков в деле обеспечения безопасности зданий и сооружений на закарстованных территориях……	72
10.	Дополнительные требования по проведению проектно-изыскательских работ на закарстованных территориях для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов……	74
11.	Страхование строительных объектов с учётом карстовых рисков……..	76

Приложения

1.	Основные понятия и определения……...	78
2.	Перечень действующих нормативных и методических документов, в которых отражены вопросы по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации сооружений в карстовых районах……...	82
3.	Требования Федеральных законов и Национальных стандартов, которые должны учитываться при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий……..	85
4.	Карта развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов Нижегородской области (М 1:1 000 000)……	118
5.	Схематические карты закарстованности городов Нижний Новгород (М 1:200 000), Дзержинск, Арзамас, Павлово (М 1:100 000)……	119
6.	Характерные типы геологического строения карстовых районов Нижегородской области……	122
7.	Перечень административных территориальных единиц, расположенных на закарстованных территориях Нижегородской области…….	125
8.	Особенности выбора земельных участков под строительство зданий и сооружений на закарстованных территориях в Нижегородской области……...	134
9.	Примеры аварийных ситуаций на закарстованных территориях Нижегородской области и перечень крупных карстовых провалов…….	135

Введение

Закарстованные территории занимают около трети общей площади Нижегородской области. Карстовые процессы существенно осложняют строительство и эксплуатацию зданий и сооружений. В Нижегородской области вследствие карстовых деформаций произошло несколько крупных аварий. Анализ их причин показал, что во всех случаях были допущены принципиальные ошибки на различных стадиях строительного освоения: выборе площадки, инженерных изысканиях, проектировании, строительстве или эксплуатации сооружений. Большая часть этих ошибок связана с недостаточным знанием как природы карстового процесса вообще, так и специфики природно-техногенных условий Нижегородской области и адекватных им способов противокарстовой защиты, а также со слабым взаимодействием изыскателей, проектировщиков и застройщиков.

В настоящее время в России отсутствуют единые специальные нормы проектирования зданий и сооружений в карстовых районах. Они фрагментарно и в общем виде (включая раздельно инженерные изыскания и проектирование) излагаются в различных СНиП и СП, что нередко затрудняет организацию комплексного подхода к защите сооружений от негативного влияния карстового процесса на всех стадиях существования сооружений. Некоторые из этих документов длительное время не обновлялись и поэтому не отражают результатов научно-технических отечественных и зарубежных разработок последнего времени, а также концепции ООН «устойчивого (поддерживаемого) развития территорий» (с точки зрения инженерно-строительного освоения закарстованных территорий). Данная концепция в 1996г. принята в России в виде специального документа «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». Кроме того, они не учитывают некоторые требования ряда Федеральных законов, принятых в последнее время. Настоящий документ позволяет в определенной мере конкретизировать с точки зрения строительства зданий и сооружений в карстовых районах отдельные требования Федеральных законов («О техническом регулировании», Градостроительный кодекс Российской Федерации, Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», «Об охране окружающей среды», «О недрах», «Об организации страхового дела в Российской Федерации»), Национального стандарта Российской Федерации «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений», а также Строительных норм и правил (СНиП) и Сводов правил (СП), а также Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов

капитального строительства (в соответствии с Приказом Министерства регионального развития России от 30.01.2009 г. № 624).

Отечественная и зарубежная практика инженерно-строительного освоения закарстованных территорий показывает, что безопасность и экономичность инженерных решений зависят, прежде всего, от адекватного учёта особенностей инженерно-геологических (в том числе техногенных) и геотехнических условий развития карстового процесса и его проявлений в основании сооружений. Эти особенности необходимо учесть при разработке региональных (территориальных) нормативных документов. В нашей стране такого рода документы (инструкции, ТСН) до последнего времени действовали в следующих субъектах Российской Федерации: город Москва (1984), Республика Башкортостан (1996), Пермский край (2004, 2005). В Нижегородской области Территориальные строительные нормы (ТСН 22-308-98 НН) были разработаны ГП «Противокарстовая и береговая защита» (ныне ОАО «Противокарстовая и береговая защита») в 1999 г. Этот документ в значительной мере противодействовал наметившейся в Нижегородской области негативной тенденции упрощённого подхода к строительству и эксплуатации строительных объектов на закарстованных территориях. Внедрение ТСН в инженерно-строительную практику повысило безопасность проектируемых сооружений. Введение в последние годы Федеральных законов потребовало приведения в соответствие с ними территориальных норм. В связи с этим в 2009 г. принято решение о разработке нормативного документа по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Настоящие рекомендации составлены в процессе подготовки такого документа с целью апробации на практике его основных положений.

При подготовке документа были учтены:

- требования законов Российской Федерации.

- положения СНиП и СП;

- Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования», 2005;

- результаты наиболее важных отечественных и зарубежных научных разработок последнего времени, имеющих практически значимые выводы, особенно в части дифференцирования закарстованных территорий по типам и степени карстоопасности;

- положения Закона Нижегородской области от 08.04.2008 № 37-З "Об основах регулирования градостроительной деятельности на территории Нижегородской области " в части строительного освоения закарстованных территорий;

- некоторые положения ТСН 22-308-98 НН, направленные на повышение безопасности и экономичности решений при строительстве новых объектов, а также при реконструкции и эксплуатации существующих зданий и сооружений.

В процессе подготовки документа проводились консультации по отдельным вопросам с ведущими специалистами проектных и изыскательских организаций Нижегородской области, Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, Научно-исследовательского института оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова (НИИОСП, г.Москва), Московского государственного строительного университета, Института геоэкологии РАН (г.Москва), Производственного и научно-исследовательского института по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС, г.Москва), Росстройизыскания и др.

Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области разработаны ОАО «Противокарстовая и береговая защита» (к.т.н. В.В.Толмачёв, к.г.-м.н. М.В.Леоненко – руководители работы; П.Р.Афанасьев, Р.Б.Давыдько, С.В.Леоненко, В.К.Пичурова, М.А.Протасова, Т.И.Тихомирова).

/Леоненко М.В/ /Толмачёв В.В/

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цели принятия настоящих нормативов

1.1.1. Настоящие Рекомендации применяются для реализации требований соответствующих Федеральных законов и иных нормативных документов применительно к строительству в специфичных инженерно-геологических условиях, существующих в Нижегородской области, которые определяют развитие карстовых процессов. Карстовые процессы негативно влияют на безопасность строительных объектов, затрудняют условия их строительства и эксплуатации, а также при определённых условиях ухудшают состояние окружающей среды.

1.1.2. Документ преследует три основные цели, определяемые статьёй 1 Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» (применительно к закарстованным территориям Нижегородской области):

1) защиту жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества (с учётом воздействия на здания и сооружения карстовых деформаций);

2) охрану окружающей среды (с учётом значительной чувствительности геологической среды закарстованных территорий к техногенным загрязнениям и воздействиям);

3) предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей строительной продукции (с учётом возможной необъективной оценки карстовой опасности и риска на стадии инженерных изысканий, ошибок при назначении и проектировании противокарстовых мероприятий, которые должны реализовываться при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений).

1.2. Основные понятия и определения

1.2.1. В настоящем документе используются основные понятия и определения установленные законодательством Российской Федерации о техническом регулировании, градостроительной деятельности, природоохранной деятельности, о безопасности зданий и сооружений.

1.2.2. Специальные понятия и определения рекомендованные в соответствующих Сводах правил и Стандартах для строительства в карстовых районах, приводятся в приложении 1.

1.3. Сфера применения настоящего документа

1.3.1. Настоящие Рекомендации учитывают основные требования к проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации всех видов зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области за

исключением гидротехнических сооружений (прудов, плотин, каналов), сооружений горнодобывающей промышленности (карьеров, штолен, шахт), подземных промышленных производств и подземного захоронения промотходов*).

1.3.2. В отношении объектов, указанных в п. 4 статьи 3 ФЗ №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», могут применяться также другие нормативные документы. Для этих строительных объектов, расположенных в Нижегородской области, требования настоящего документа следует рассматривать, как минимально необходимые.

1.3.3. Положения настоящего документа обязательны для органов власти Нижегородской области и местного самоуправления, органов контроля и надзора, предприятий, организаций и объединений независимо от форм их собственности и принадлежности, а также иных юридических и физических лиц (включая зарубежных), осуществляющих свою деятельность на территории Нижегородской области.

**Для этих объектов необходима разработка специальных методических руководств на основе проведения целенаправленных исследований и анализа отечественного и мирового опыта.*

2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1. Карст представляет собой совокупность геологических, гидрогеологических и (или) техногенных процессов и явлений, обусловленных растворением скальных или полускальных горных пород, в результате которых происходят изменения структуры и состояния этих и вышележащих пород, образование системы взаимосвязанных полостей, каверн, трещиноватых и разуплотненных зон и связанных с ними деформаций земной поверхности и оснований сооружений (провалы, оседания и др.).

2.2. Проблемами строительства и эксплуатации сооружений на закарстованных территориях занимается инженерное карстоведение - прикладная наука, находящаяся на стыке карстоведения и практики строительства и эксплуатации сооружений. Основные термины и понятия инженерного карстоведения применительно к условиям Нижегородской области приведены в приложении 1.

2.3. В Нижегородской области основными растворимыми (карстующимися) породами являются карбонатные (известняки, доломиты, реже мергели) и сульфатные (гипсы, ангидриты) породы. В первом случае карст называется карбонатным, во втором сульфатным. В том случае, когда карстующимися породами являются одновременно как карбонатные, так и сульфатные породы, карст относится к карбонатно-сульфатному типу. Хлоридные породы (каменная соль) на территории Нижегородской области залегают на больших глубинах (более 450 м) и, как правило, не оказывают практического влияния на условия строительства.

2.4. На закарстованных территориях Нижегородской области карстующиеся породы залегают, как правило, на глубинах от 5 м до 70-80 м. Вследствие этого карст на земной поверхности и в основании сооружений проявляется преимущественно в центральной, юго-западной и западной частях Нижегородской области, что указано на карте развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов (приложение 4).

2.5. Карбонатный карст распространён преимущественно на юге области (Первомайский, Дивеевский и Вознесенский районы, г.Саров и др.), карбонатно-сульфатный карст - в центральной её части (заречная часть г.Нижнего Новгорода, г.Дзержинск, Павловский, Арзамасский районы и др.). Сульфатный карст имеет ограниченное распространение (г.Дзержинск, г.Павлово и др.).

Общая площадь закарстованных территорий в Нижегородской области составляет около 20 000 кв. км (около 30% от всей площади области). Представленная в приложении 4 «Карта развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов Нижегородской

области масштаба 1:1 000 000» составлена на основе региональных полевых обследований 1965-1980 годов с учётом выполненных в последующие годы исследований на локальных участках. В приложении 5 приведены карты закарстованности некоторых городов области (М 1:100 000 и 1:200 000). Учитывая масштабы карт, ими следует пользоваться лишь для сугубо предварительных оценок потенциальной карстовой опасности, планирования специальных (карстологических) инженерных изысканий и выбора принципов противокарстовой защиты. Использовать такие предварительные оценки непосредственно для проектирования объектов повышенного уровня ответственности, а также, как правило, сооружений нормального уровня ответственности не допускается. Исключением можно считать случай, когда на участке предполагаемого строительства объекта нормального уровня ответственности ранее уже были проведены инженерные изыскания в соответствии с СП 11-105-97 (ч. II).

Использование предварительных оценок карстоопасности для конкретного проектирования допускается для объектов пониженного уровня ответственности, а также для зданий, указанных в части 3 статьи 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Объективность карты закарстованности может быть повышена после проведения целенаправленных исследований на территориях, отнесённых к наиболее карстоопасным районам, в местах происшедших карстовых деформаций за последние 50 лет, а также на участках планируемых крупномасштабных проектов и экологически опасных объектов. Корректировка карты должна проводиться по мере необходимости, но с периодичностью не реже 10 лет. Последовательность и объёмы работы по их корректировке должны определяться заданием Правительства Нижегородской области. Последняя по времени составления карта должна размещаться в интернете на сайте Департамента градостроительного развития территории Нижегородской области (official@gsr.kreml.nnov.ru).

2.6. Карстовые проявления на поверхности земли (карстовые воронки, карстовые озёра, котловины, мульды оседания и т.д.) встречаются на площади примерно 14 тыс. кв. км. Проявления карста чаще всего тяготеют к речным долинам и пониженным участкам водоразделов. По этой причине они преимущественно распространены в бассейнах рек Волги, Оки, Тёши, Серёжи, Кудьмы, Пьяны, Алатыря и др.

В таблице 2.1 в алфавитном порядке перечисляются районы и города области, характеризующиеся наличием закарстованных территорий.

Таблица 2.1

№№ п/п	Районы области и города областного подчинения	~% закарстованных территорий к площади района
1	Ардатовский	65
2	Арзамасский	90
3	Балахнинский	60
4	Богородский	55
5	Большеболдинский	7
6	Борский	40
7	Бутурлинский	60
8	Вадский	85
9	Вачский	35
10	Вознесенский	10
11	Володарский	85
12	Выксунский	15
13	Гагинский	50
14	Городецкий	30
15	Дивеевский	20
16	Кстовский	2
17	Кулебакский	30
18	Лукояновский	55
19	Навашинский	80
20	Павловский	75
21	Первомайский	50
22	Перевозский	50
23	Починковский	15
24	Сергачский	20
25	Сосновский	65
26	Чкаловский	15
27	Шатковский	75
28	г. Арзамас	100
29	г. Дзержинск	100
30	г. Нижний Новгород	45
31	г.Павлово	100
32	г. Саров	100

В приложении 7 приведён перечень административных территориальных единиц, расположенных на закарстованной территории Нижегородской области, где необходимо учитывать негативное влияние карста при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений при инженерно-геологических изысканиях и проектировании.

2.7. Интенсивность растворения карстующихся пород зависит от растворимости пород, агрессивности и скорости потока подземных вод, степени трещиноватости пород и ряда других факторов. Растворимость карбонатных пород в сотни раз меньше (при прочих равных условиях) растворимости сульфатных пород. Скорость растворения карбонатных пород в природных условиях имеет весьма низкое значение (доли миллиметров - миллиметры в год на поверхности растворения). Имеющиеся карстовые полости в карбонатах в естественных условиях сформировались за счёт растворения пород за геологически длительное время. Карстовые же полости в сульфатных породах могут

развиться за счёт растворения до критически опасных размеров в пределах расчётного срока службы сооружений. Достаточно активно процессы растворения, как правило, протекают на границе залегания карбонатных и сульфатных пород.

Вынос мелкодисперсного материала из трещин и полостей за счёт изменения гидродинамических условий (в том числе, в результате техногенных воздействий) также может приводить к увеличению размеров пустотного пространства до критического.

2.8. В ряде случаев при техногенных воздействиях (утечки хозяйственных вод, насыщенных кислотами, органическими веществами и др., загрязнение подземных вод в зонах расположения свалок, искусственное увеличение скоростей движения подземных вод и т.д.) скорость растворения сульфатных и карбонатных пород может увеличиться в несколько раз.

2.9. В зависимости от расположения карстующихся пород относительно земной поверхности карст подразделяется на два типа: открытый и покрытый.

О т к р ы т ы й карст. Карстующиеся породы выходят на дневную поверхность или покрыты лишь почвенно-растительным слоем.

П о к р ы т ы й карст. Над карстующимися породами залегают нерастворимые породы: пески, глины, суглинки и т.д.

В Нижегородской области преобладает покрытый карст. Открытый карст имеет лишь островное расположение (например, Ичалковский бор в Перевозском районе, окрестности оз. Родионово в Сосновском районе).

2.10. Глубина залегания карстующихся пород в условиях покрытого карста варьирует в широких пределах. При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений следует учитывать глубину залегания карстующихся пород относительно активной зоны (сжимаемой толщи) оснований сооружений, так как методы оценки карстовой опасности и способы противокарстовой защиты могут принципиально отличаться в условиях, когда карстующиеся породы залегают в пределах сжимаемой толщи оснований сооружений или за её пределами.

2.11. В зависимости от степени водопроницаемости грунтов покровной толщи различают следующие подтипы покрытого карста:

А - карстующиеся породы покрыты водонепроницаемыми грунтами;

Б - карстующиеся породы покрыты водопроницаемыми грунтами;

В - карстующиеся породы покрыты слоями водопроницаемых и водонепроницаемых грунтов.

В случае Б, а также нередко в случае В, может происходить вынос песчано-глинистых грунтов (суффозия) в нижерасположенные полости и трещины. Такой процесс

принято называть карстово-суффозионным. В Нижегородской области он распространен на закарстованных участках в городах Нижний Новгород, Дзержинск, Арзамас и др. (примерно на 15% территории области).

Отличительной чертой карстово-суффозионного процесса является то, что он чрезвычайно чувствителен к таким локальным техногенным воздействиям, как утечки вод из водонесущих коммуникаций, работа грунтовых водозаборов, вибродинамические воздействия на грунтовое основание и т.д. Региональное повышение уровня грунтовых вод (например, в результате увеличения уровня воды в Чебоксарском водохранилище), как правило, приводит к существенной активизации карстово-суффозионных проявлений, прежде всего, на территориях, характеризуемых Дзержинско-Нижегородским типом геологического разреза (приложение 6).

2.12. К наиболее типичным поверхностным карстопроявлениям в Нижегородской области относятся карстовые провалы, локальные оседания, общие оседания, карстовые (карстово-суффозионные) просадки.

2.13. Карстовые провалы - это деформации земной поверхности (основания сооружения) с разрывом сплошности грунта, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах. Карстовым провалам часто предшествуют карстово-суффозионные процессы, формирование промежуточных полостей и локальное разуплотнение грунтов в покровной толще.

Карстовые провалы представляют наибольшую опасность для большинства зданий и сооружений в силу следующих особенностей:

- в большинстве случаев провалы образуются практически мгновенно, хотя иногда им предшествуют просадки или локальные оседания;

- визуальные признаки возможного провалообразования появляются в большинстве случаев лишь за несколько минут или часов до образования провала на земной поверхности или в основании сооружения;

- диаметры карстовых провалов на закарстованных территориях Нижегородской области колеблются в широких пределах (от 1 до 115 м), а глубины от одного до нескольких десятков метров, при этом со временем размеры в плане увеличиваются, а глубины уменьшаются, особенно быстро в песчаных грунтах в первоначальный период после образования провалов;

- нередко на месте ранее образовавшихся провалов или непосредственно вблизи них образуются повторные провалы;

- на месте ранее образовавшихся провалов (карстовых воронок) или вблизи них существует зона разуплотненных пород, которая под действием статических нагрузок или вибродинамических воздействий может быть подвержена периодическим просадкам (эта зона отличается повышенной водопроницаемостью и инфильтрацией атмосферных, поверхностных и технических вод).

Карстовые провалы со временем, вследствие обрушения и эрозии бортов, трансформируются в карстовые воронки конусообразной, а затем и блюдцеобразной формы.

2.14. Карстовые локальные оседания - достаточно плавные деформации земной поверхности (основания сооружений) без разрыва или с частичным разрывом сплошности грунта с образованием постепенно растущей впадины (мульды). Локальные оседания связаны с прогибом толщи грунтов над полостями и разуплотненными зонами в покровной толще.

Локальные оседания в Нижегородской области также представляют серьёзную опасность, хотя и несколько меньшую, чем карстовые провалы, в силу следующих их особенностей:

-вертикальная скорость оседания грунта может достигать нескольких дециметров в сутки;

-время формирования локального оседания может изменяться от нескольких дней до нескольких месяцев;

-конечные диаметры локальных оседаний, как правило, составляют несколько десятков метров, а глубины до 1–2 м;

-в зоне локальных оседаний существуют значительные горизонтальные смещения.

2.15. Карстовые общие оседания - плавные деформации земной поверхности без разрыва сплошности в виде мульды больших размеров в плане, связанные с интенсивным поверхностным и (или) объёмным растворением карстующихся пород, а также с суффозионным выносом частиц песчаных грунтов в закарстованную толщу пород. Карстовые оседания в большинстве случаев представляют значительно меньшую опасность для зданий и сооружений в сравнении с провалами и локальными оседаниями.

Характерными особенностями карстовых оседаний являются следующие:

- формирование мульды оседания продолжается более или менее постоянно в течение длительного времени (годы - десятки лет);

- скорость оседания на разных участках мульды неравномерна и может составлять от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в год (с периодами оживления и затухания);

- размеры мульды оседания в плане могут достигать нескольких сотен метров;

- в краевых частях мульды оседаний, связанных с интенсивным растворением карстующихся пород и прогибом покровной толщи, формируются зоны разуплотнённых с поверхности грунтов, благодаря которым облегчается инфильтрация поверхностных и атмосферных вод в грунт, что увеличивает вероятность образования провалов и локальных оседаний в этих частях мульды;

- в зоне оседаний помимо вертикальных деформаций отмечаются и горизонтальные смещения.

2.16. Карстовые (карстово-суффозионные) просадки. Характерными особенностями их являются следующие:

- как и провалы, карстовые просадки образуются практически мгновенно;

- диаметры просадок в плане, как правило, составляют ~ 1-2 м, а глубина до 0,5 м;

- чаще всего карстовые просадки образуются под действием статических и вибродинамических нагрузок от сооружений и при длительном замачивании грунта;

- карстовые просадки, как правило, не вызывают прогрессирующих разрушений зданий и сооружений, однако, под их воздействием чаще всего происходят образование трещин в стенах, перекосы и крены конструкций, деформация дорожных конструкций на автомобильных дорогах и т.п.;

- в ряде случаев карстовые просадки предшествуют образованию провалов или локальных оседаний и поэтому могут служить определённым симптомом их образования.

2.17. Кроме поверхностных существуют подземные карстопроявления (полости, локальные разрушения и разуплотнённые зоны, погребённые провальные впадины и др.) в карстующихся породах и перекрывающей их покровной толще, которые следует рассматривать не только как потенциальные причины образования поверхностных карстовых деформаций, но и самостоятельно учитывать при строительстве, особенно при устройстве свайных оснований, фундаментов глубокого заложения и подземных сооружений.

3. ХАРАКТЕР ОПАСНОСТИ КАРСТА В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Опасность карста в Нижегородской области определяется типами карста, разнообразными его проявлениями (поверхностными и подземными), уровнем ответственности, а также типом и конструктивными особенностями зданий и сооружений.

При строительстве и эксплуатации сооружений в карстовых районах следует иметь в виду, что негативное влияние карста на хозяйственную деятельность многоаспектно. По характеру карстовой опасности следует выделять следующие основные типы: A, B, C, D.

Карстоопасность типа A обусловлена повышенной чувствительностью закарстованных территорий к загрязнению геологической среды, в том числе подземных вод. Это, прежде всего, относится к полигонам хранения отходов, несанкционированным свалкам, полигонам подземных закачек жидких промышленных отходов, нефтепроводам, продуктопроводам, канализационным коллекторам, автомобильным и железным дорогам, промышленным площадкам химических предприятий и т.п.

Карстоопасность типа B обусловлена вероятностью повреждения сооружений или земельных участков вследствие различных видов карстопроявлений (провалов, локальных и общих оседаний, карстово-суффозионных просадок, неравномерных осадок оснований сооружений и т.п.). В зависимости от тех или иных видов карстопроявлений целесообразно подразделять карстоопасность типа B на соответствующие подтипы: B_1 (провалы); B_2 (локальные оседания); B_3 (старые карстовые воронки); B_4 (неравномерные осадки); B_5 (общие оседания); B_6 (карстовые или карстово-суффозионные просадки).

Карстоопасность типа C обусловлена возможными осложнениями при устройстве фундаментов и подземных сооружений вследствие наличия и развития различных подземных карстовых и карстово-суффозионных проявлений (карстовых полостей, зон повышенной трещиноватости, разрушенных и разуплотнённых зон, напорных подземных вод в карстующихся породах и т.д.).

Карстоопасность типа D*) обусловлена недопустимыми утечками воды из поверхностных водоёмов и т.д.

Типы опасности следует учитывать при проектировании генеральных планов населённых пунктов, технико-экономическом обосновании строительства, оценки стоимости земли для застройки, страховании зданий и сооружений, определении технологии изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений и решении других инженерных и организационных задач.

---

*) *Ввиду того, что учёт карстоопасности типа D излагается в специальных нормативных документах по проектированию, строительству и эксплуатации гидротехнических сооружений, в настоящем документе этот тип карстоопасности не рассматривается.*

3.2. Возможные аварии и повреждения сооружений на закарстованных территориях в Нижегородской области по их последствиям классифицируются следующим образом:

1 - катастрофические разрушения (потеря общей устойчивости сооружения или основных несущих конструкций, приводящая к пожарам и взрывам, гибели людей и недопустимому заражению окружающей среды вредными химическими и радиоактивными веществами на больших площадях);

2 - частичные разрушения и повреждения, приводящие к временному прекращению нормальной эксплуатации сооружений и к локальному загрязнению окружающей среды;

3 - повреждения, приводящие к существенному затруднению нормальной эксплуатации сооружений;

4 - повреждения, которые могут при определённых условиях привести к временному затруднению нормальной эксплуатации сооружения;

5 - повреждения, практически не приводящие к затруднению нормальной эксплуатации сооружения.

Характер опасности карста для различных типов сооружений и возможные последствия от воздействия карстовых процессов на сооружения представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

№ пп	Типы сооружений	Наиболее характерная опасность карста	Типы и подтипы карстоопасности	Наиболее вероятные последствия
1	2	3	4	5
1	Бескаркасные здания	1.Существенные повреждения вследствие образования карстовых провалов или локальных оседаний с пролётами более 3 м. 2.Образование трещин в несущих конструкциях вследствие образования провалов до 3 м, карстовых просадок и неравномерной сжимаемости грунтов основания при расположении карстующихся пород в сжимаемой зоне основания.	B_1, B_2, B_3 B_1, B_2, B_3, B_4, B_6	1 - 3 3 - 5
2	Здания каркасного типа с отдельно стоящими фундаментами	1.Разрушение несущих конструкций вследствие образования карстовых провалов или локальных оседаний любых размеров. 2.Образование деформаций элементов каркаса вследствие карстовых просадок и общих оседаний.	B_1, B_2, B_3, B_4 B_2, B_3, B_4, B_5, B_6	1 - 2 3 - 4
3	Высотные здания башенного типа, высокие дымовые трубы, ретрансляционные мачты, мачты ЛЭП и т.д.	Потеря общей устойчивости или возникновение недопустимых кренов при образовании провалов и локальных оседаний любых размеров, неравномерной сжимаемости грунтов основания при наличии карстующихся пород в сжимаемой зоне.	$B_1 – B_6$	1 - 2
4	Магистральные железные дороги	Разрушение земляного полотна и верхнего строения пути вследствие карстовых провалов, локальных оседаний и карстовых просадок непосредственно при движении поездов.	B_1, B_2, B_6,	1 - 2
5	Автомобильные дороги	1.Разрушение земляного полотна и дорожной конструкции при образовании провалов и локальных оседаний. 2.Повреждения дорожной конструкции при образовании карстовых просадок и общих оседаний.	B_1, B_2	2 - 3 3 - 4
6	Мосты и путепроводы на железных и автомобильных дорогах	Потеря общей устойчивости опор при образовании провалов, локальных оседаний и карстовых просадок любых размеров.	B_1, B_2, B_6, C	1
7	Трубопроводы	1.Возможное разрушение конструкций стальных трубопроводов вследствие образования провалов и локальных оседаний, как правило, диаметром более 10 м.	B_1, B_2	1 - 2

1	2	3	4	5
		2.Повреждение конструкций трубопроводов карстовыми оседаниями.	B_5	1 - 3
8	Метрополитен	1.Разрушение обделки тоннелей и верхнего строения пути вследствие провалов и локальных оседаний. 2.Повреждение обделки тоннеля и верхнего строения пути вследствие карстовых просадок и оседаний.	C, B_1, B_2 B_5, B_6, C	1 - 2 3 - 4
9	Взлетные полосы аэродромов	1.Повреждение конструкций взлётных полос вследствие провалов, локальных оседаний и карстовых просадок любых размеров. 2.Повреждение конструкций взлётных полос вследствие оседаний. 3.Активизация карстово-суффозионных процессов при повреждении водоотводных сооружений.	B_1, B_2, B_6 B_5 A, B	1 - 3 3 - 5 4
10	Подземные водонесущие коммуникации	1.Разрушение труб вследствие провалов, локальных оседаний. 2.Регулярные утечки воды из коммуникаций вследствие карстовых просадок и оседаний. Активизация карстово-суффозионных процессов на прилегающих территориях.	B_1, B_2, B_5, B_6 B_5, B_6	2 - 4 3 - 5
11	Грунтовые водозаборы	Активизация карстовых и карстово-суффозионных процессов на территории (в зоне депрессионной воронки).		2 - 4
12	Полигоны захоронения промышленных и бытовых отходов	1.Разрушение защитных конструкций и, как следствие, интенсивное загрязнение грунтов и подземных вод на больших глубинах и на значительных расстояниях от мест захоронения вследствие образования провалов, локальных оседаний, а также при расположении полигонов в карстовых воронках. 2.Интенсивное загрязнение геологической среды в местах возможных оседаний.	B_1 – B_6 A A	1 - 2 3 - 4

4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

4.1. При хозяйственном освоении закарстованных территорий следует учитывать следующие геоэкологические аспекты:

I - карстовый и особенно карстово-суффозионный процессы чувствительны к различным техногенным воздействиям;

II - в карстовых районах более интенсивно, чем в других районах (при прочих равных условиях), происходит загрязнение геологической среды;

III - в случае аварии на экологически опасных объектах, расположенных на закарстованной территории, возможно возникновение экологических катастроф и бедствий.

4.2. **I аспект**.

Анализ практики хозяйственного освоения закарстованных территорий в Нижегородской области показал, что на интенсивность карстового и карстово-суффозионного процессов при техногенных воздействиях в той или иной степени влияют следующие факторы:

-изменение скорости растворения карстующихся пород;

-повышение скорости подземной эрозии (вынос заполнителя из карстовых полостей и трещиноватых зон);

-повышение нагрузки на кровлю полостей и других подземных карстопроявлений, в том числе расположенных в покровной грунтовой толще;

-создание условий для развития процессов суффозии или её ускорения;

-создание условий для возникновения разжижения водонасыщенных песков вследствие динамических воздействий;

-изменение физико-механических характеристик грунтов.

Техногенные воздействия, активизирующие карстовый и карстово-суффозионный процессы, различаются по характеру, площади, времени воздействия и по периодам жизненного цикла строительных объектов.

4.2.1. По характеру воздействия:

-увеличение статических напряжений в грунте, в том числе в сжимаемой толще оснований сооружений;

-передача динамических (вибродинамических) воздействий на грунт;

-изменение уровня надкарстовых вод;

-изменение уровня, в том числе пьезометрического, трещинно-карстовых вод;

-увеличение скоростей движения подземных вод;

-изменение химического состава подземных вод;

-изменение температуры подземных вод;

-изменение физико-механических характеристик грунтов вследствие химического загрязнения и влажностного режима;

-нарушение водоупорных свойств покровных грунтов.

4.2.2. По площади воздействия:

-в пределах региона (несколько сотен или десятков квадратных километров, например, вследствие подъёма уровня воды в Чебоксарском водохранилище);

-в пределах района, города (несколько квадратных километров);

-в пределах жилой или промышленной зоны, промпредприятия (гектары, квадратные километры);

-в пределах одного или нескольких сооружений (сотни квадратных метров, гектары).

4.2.3. По времени воздействия:

-практически постоянные (продолжительность воздействия соизмерима со сроком службы сооружения);

-долговременные (продолжительностью от одного года до десятка лет);

-краткосрочные (продолжительностью до одного года).

4.2.4. По периодам жизненного цикла строительных объектов:

-в период изысканий (например, бурение скважин);

-в период строительства сооружения (например, забивка свай);

-в период эксплуатации сооружения (например, длительные утечки воды из коммуникаций);

-в период после прекращения эксплуатации объекта или его консервации (например, после прекращения эксплуатации полигонов складирования отходов).

4.2.5. Один и тот же вид хозяйственной деятельности может по-разному влиять на карстовый процесс. Применительно к конкретным инженерно-геологическим и хозяйственным условиям необходимо проводить специальный анализ влияния конкретных и потенциально возможных техногенных воздействий на активизацию карстового или карстово-суффозионного процессов, а также разрабатывать сценарии этих воздействий с возможными мероприятиями по снижению их негативного влияния. Наиболее характерными видами техногенных воздействий, влияющих на активизацию карстовых процессов в Нижегородской области, являются следующие:

-дополнительное статическое давление на грунт от сооружений;

-вибродинамические воздействия на основание сооружений;

-утечки воды из водонесущих коммуникаций;

-откачки грунтовых и (или) трещинно-карстовых вод;

-горные работы с водоотливом;

-строительство и эксплуатация подземных сооружений с дренированием подземных вод;

-создание и эксплуатация искусственных водохранилищ, водоёмов и водотоков;

-намыв искусственных террас, стройплощадок, устройство насыпей и т.д.;

-орошение земель;

-взрывные работы;

-забивка или вибропогружение свай;

-бурение скважин;

-тампонаж полостей и трещиноватых зон в карстующихся породах, устройство противофильтрационных завес.

Особенно опасно влияние указанных техногенных воздействий на сжимаемую толщу оснований сооружений.

4.3. **II аспект**.

В большинстве случаев наиболее интенсивное загрязнение среды происходит на территории промпредприятий, на участках нефтехранилищ, автозаправочных станций, в полосе отвода автомобильных и железных дорог и, особенно, в зонах расположения полигонов складирования промышленных и бытовых отходов.

Повышенная интенсивность загрязнения геологической среды на закарстованных территориях при складировании промышленных и бытовых отходов объясняется следующими причинами.

4.3.1. Существует определённая вероятность образования внезапных провалов с быстрым сдвижением некоторого объёма массива горных пород и загрязнителей на значительную глубину. При этом провалы (в условиях эксплуатации полигона складирования отходов) своевременно могут быть не замечены. Это приводит к активному проникновению вредных веществ в глубь массива горных пород и загрязнению водоносных горизонтов.

4.3.2. На отдельных участках может происходить медленное оседание земной поверхности с образованием мульд размером до нескольких сот метров. Эти деформации непременно вызовут напряжение в защитных конструкциях полигонов и, как следствие, появление трещин и потерю функционального назначения сооружений.

4.3.3. Зоны древних карстовых воронок и краевые зоны мульд оседания отличаются повышенной водопроницаемостью, способствующей интенсификации поступления загрязнения в глубь массива горных пород. В связи с этим особую опасность для геологической среды представляют несанкционированные свалки в карстовых воронках

и мульдах оседания. При этом происходит быстрое загрязнение грунтовых и трещинно-карстовых вод.

4.3.4. Несанкционированные свалки, образованные в карстовых воронках, со временем засыпаются грунтом, а в дальнейшем используются для застройки, часто являясь основанием зданий и сооружений, что негативно влияет на безопасность строительных объектов и здоровье людей. Поэтому перед засыпкой воронок несанкционированные свалки должны быть ликвидированы.

4.3.5. При наличии в геологическом разрезе слоёв песчаных водонасыщенных грунтов карст осложняется суффозионными процессами.

4.3.6. Движение подземных вод в толще карстующихся пород наиболее интенсивно проходит по трещиноватым зонам, карстовым каналам и полостям. Такие воды часто используются как источники водоснабжения. Их загрязнение может отрицательно сказываться на качестве питьевой воды на значительном удалении от источников загрязнения. Именно с учётом этого обстоятельства должны разрабатываться мероприятия специального контроля за загрязнением подземных вод.

4.3.7. Под действием растворов-загрязнителей и нефтепродуктов происходит изменение структуры грунтов, вызванное процессами набухания (физико-химического и химического), усадки и выщелачивания, что ведёт к снижению несущей способности грунтов. В ряде случаев грунты приходят в плывунное состояние.

4.4. **III аспект**.

Карстовые провалы и локальные оседания, вследствие их внезапности, относительно больших размеров в плане и по глубине, а также трудности прогнозирования их образования, в большинстве случаев обладают разрушительным характером для зданий и сооружений, имеющих недостаточную противокарстовую защиту. Поэтому при расположении на закарстованных территориях потенциально экологически опасных объектов (АЭС, производства с использованием радиоактивных веществ, химические предприятия, газо-нефтепроводы, железные дороги и т.д.) вероятность возникновения экологических катастроф и бедствий в значительной степени увеличивается. Это обстоятельство следует учитывать на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

4.4.1. Выбор площадок для размещения экологически опасных объектов должен быть проведён с максимально возможной детальностью.

4.4.2. При необходимости размещения экологически опасных объектов на закарстованных территориях объём и характер специальных инженерных изысканий должны обеспечить пространственный и временной прогнозы проявления карста в

основании сооружений с учётом предполагаемых техногенных воздействий. В этом случае при проектировании объекта должен быть намечен комплекс противокарстовой защиты капитального и эксплуатационного характера, обеспечивающий практически абсолютную надёжность сооружений и технологического оборудования при воздействии карстовых деформаций.

4.4.3. Технология строительства экологически опасных объектов не должна вызывать активизации карстовых и карстово-суффозионных процессов при строительстве (включая период работ нулевого цикла).

4.4.4. Условием надёжной эксплуатации экологически опасных объектов на карстоопасной территории должно быть проведение регулярного объектного карстологического мониторинга с целью обеспечения краткосрочных (до 10 лет) и оперативных (до 1 года) прогнозов реальной карстовой опасности, необходимых для принятия руководством объекта мер по недопущению экологических катастроф или бедствий под воздействием карстовых деформаций.

5. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

5.1. Общие положения

5.1.1. Настоящий раздел подготовлен с учётом положений Свода правил СП 11-105-97, ч. II. В связи с этим приводятся лишь те положения по проведению инженерных изысканий в районах развития карста, которые требуют их развития применительно к инженерно-геологическим условиям Нижегородской области. Кроме того, учтён опыт применения ТСН 22-308-98 НН «Инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области» (1999).

5.1.2. Закарстованные территории характеризуются особыми природными условиями. При изысканиях на этих территориях необходимо руководствоваться законами Российской Федерации, проанализированными в приложении 3, а также нормативными и методическими документами, указанными в приложении 2.

5.1.3. Инженерные изыскания на закарстованных территориях для целей строительства и эксплуатации зданий и сооружений требуют специальных знаний в области инженерного карстоведения, инженерной геологии, гидрогеологии, геофизики, геотехники, теории сооружений и других видах инженерно-строительной деятельности. Эти изыскания должны включать анализ физико-географических и тектонико-литологических условий района проектирования, карстологическую съёмку, геофизические исследования, бурение скважин и т.д. Поэтому для проведения инженерных изысканий с целью оценки (прогноза) карстовой опасности и определения способов и параметров противокарстовой защиты необходимо привлекать специализированные организации, имеющие в своём составе квалифицированных специалистов в области инженерного карстоведения и инженерной геологии, а также соответствующее оборудование.

Для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов (см. статью 48^1 Градостроительного кодекса РФ) изыскания должны проводиться с обязательным участием научно-производственных организаций, специализирующихся в области инженерного карстоведения.

5.1.4. При проведении инженерных изысканий на закарстованных территориях не разрешается привлекать организации и лиц, использующих в своих работах способы, базирующиеся на субъективных оценках развития карста (экстрасенсорика, лозоходство и т. п.).

5.1.5. Перед началом инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях Нижегородской области следует определиться с положением участка относительно региональной характеристики территории по «Карте развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов Нижегородской области» (приложение 4), картам (схемам) закарстованности городов (приложение 5) или перечню административных территориальных единиц, расположенных на закарстованной территории (приложение 7), с характерным типом геологического разреза для территории строительства (приложение 6), а также с особенностями выбора участков и причинами имевших место аварий на закарстованных территориях (приложения 8, 9).

5.1.6. При планировании инженерных изысканий и проектировании зданий и сооружений следует иметь в виду следующее обстоятельство.

Применительно к инженерно-геологическим условиям Нижегородской области, особенно для районов, где глубина залегания карстующихся пород более 15-20 м от поверхности земли, достаточно чётко выражена следующая тенденция: чем более тщательно и целенаправленно проведены инженерно-геологические изыскания с использованием различных методов, тем меньше, как правило, объём и стоимость противокарстовой защиты. При этом стоимость изысканий всегда меньше стоимости капитальной противокарстовой защиты до 3 порядков, если она осуществлена без должных инженерных изысканий.

5.2. Инженерно-геологические условия развития карста

5.2.1. В пределах Нижегородской области с учётом физико-географических и тектонико-литологических условий развития карста выделяются Дзержинско-Нижегородский, Арзамасско-Павловский и Выксунско-Первомайский карстовые районы.

5.2.2. Дзержинско-Нижегородский карстовый район.

Особенностью Дзержинско-Нижегородского карстового района является приуроченность карста к долинам рек Оки и Волги.

Развитие карста в данном районе связано с особенностями его тектонического строения и проявлением неотектоники, обуславливающими относительно близкое к поверхности залегание растворимых отложений казанского и сакмарского ярусов пермской системы и повышенной проницаемостью покровной и карстующихся толщ.

В определённые моменты формирования древних долин рек Оки и Волги, когда базис эрозии понижался и русла рек заглублялись в коренные породы пермского возраста, создавались предпосылки для развития карста. Наибольшая закарстованность приурочена к участкам сильнорасчленённой поверхности растворимых карбонатных и сульфатных пород в пределах древних и современных долин рек Клязьмы, Оки и Волги.

Карст на данной территории покрытый, карбонатно-сульфатный, реже только карбонатный или сульфатный.

Характерный тип геологического строения приводится в приложении 6 (лист 1).

Покровная толща сложена преимущественно четвертичными аллювиальными отложениями и породами уржумского яруса средней перми.

Аллювиальные отложения (aQ_{I-IV}) представлены разнозернистыми песками, как правило, с увеличением их крупности с глубиной. Местами в них встречаются прослои супеси, суглинка и иловатых глин. Мощность песчаной толщи изменяется от 14 м до 80 м.

Подстилаются песчаные отложения, как правило, породами уржумского яруса средней перми (P_2ur), сложенными глинами мергелистыми и алевритистыми с прослоями алевролитов, от слабо сцементированных до крепких, алевритов, реже песков и песчаников, мергелей, доломитов, гипса. Глины твёрдые, полутвёрдые, как правило, трещиноватые. Местами по трещинам отмечается вторичный гипс. Прослои гипса в глинах часто выщелочены, в результате чего в них встречаются каверны, полости и трещины. Толща литологически не выдержана по простиранию и в разрезе. На некоторых участках она полностью размыта. Мощность отложений уржумского яруса средней перми изменяется от 0 до 40 м.

Карстующиеся породы представлены карбонатными и сульфатными отложениями среднего и нижнего отделов пермской системы. Казанский ярус средней перми (P_2kz) сложен известняками и доломитами. Породы большей частью средне- и сильнотрещиноваты, местами разрушены до щебня, дресвы, известково-доломитовой муки. На отдельных участках они полностью уничтожены эрозионными и карстовыми процессами. В интервале их залегания отмечаются полости высотой от 1 до 10 м, заполненные как водой, так и целиком или частично привнесённым и обрушенным материалом. Мощность отложений изменяется от 0 до 25 м. Следует отметить, что данные породы вследствие их значительной трещиноватости и пористости наиболее подвержены карстовому процессу, несмотря на то, что скорость растворения их относительно мала. При техногенном загрязнении подземных вод химическими соединениями скорость растворения карбонатных пород может увеличиться в десятки и сотни раз. Растворение карбонатных пород может происходить по-разному, а именно, как:

- выборочное растворение - растворение внутри толщи пород по поверхностям наслоения или по трещинам с образованием полостей;
- поверхностное растворение - растворение поверхности карстующихся пород со снижением кровли карбонатов;

• объёмное растворение всего или части массива карстующихся пород в целом с формированием разрушенной до щебня породы и (или) карбонатной муки.

Гипсы и ангидриты сакмарского яруса нижней перми (P_1s) залегают на глубинах от 20 до 80 м. Эти породы подвержены растворению со скоростью, в сотни раз превышающей скорость растворения карбонатных пород. Характерной особенностью такого растворения является зависимость скорости растворения от скорости движения воды. Как правило, растворение сульфатных пород происходит по трещинам с образованием полостей и (или) формированием понижений по кровле сакмарских отложений. Отмечено, что наибольшая активность карста проявляется на участках совместного залегания известняков и гипсов при отсутствии или же небольшой мощности (до 10 м) перекрывающих глинистых пород уржумского яруса средней перми.

Следует отметить, что закарстованность сульфатных отложений не ограничивается первым от кровли слоем гипса, лежащего на ангидрите. Достаточно часто в верхней части сульфатов встречается слоистый разрез (гипс-ангидрит), когда залегающие ниже слоя ангидрита гипсы обладают значительной трещиноватостью и кавернозностью. В таких разрезах характерно наличие «зон цементации древнего карста», представленных обломками гипса, доломита и ангидрита, сцементированных пёстроокрашенной глиной.

Грунтовые воды, приуроченные к четвертичным песчаным отложениям, как правило, пресные, агрессивные по отношению к карбонатным и сульфатным породам. Они часто гидравлически связаны с трещинно-карстовыми водами пермских отложений.

В рассматриваемом районе встречаются деформации земной поверхности, связанные как с собственно карстовым, так и с карстово-суффозионным процессами. Наиболее часты провалы и карстово-суффозионные просадки.

5.2.3. Арзамасско-Павловский карстовый район.

В Арзамасско-Павловском районе на участках развития карста растворимые карстующиеся породы (известняки, доломиты, гипсы, ангидриты), как правило, залегают относительно близко к земной поверхности. Реже встречаются участки, где они залегают на глубине до 60 м. В большинстве случаев карстующиеся породы перекрыты глинистыми грунтами четвертичного и пермского возраста. По долинам рек (Теши, Сережи, Пьяны и т.д.) карстующиеся породы залегают непосредственно под четвертичными аллювиальными отложениями, на склонах долин иногда выходят на поверхность. Преобладает карст карбонатно-сульфатный и реже только карбонатный или сульфатный.

Характерный тип геологического строения для Арзамасско-Павловского карстового района приводится в приложении 6 (лист 2).

Четвертичные отложения представлены элювиально-делювиальными песчано-глинистыми грунтами, лёссовыми и моренными суглинками, флювиогляциальными, а в долинах рек аллювиальными песчано-глинистыми отложениями. Мощность четвертичных отложений изменяется от 0 до 30 м.

Ниже залегают породы уржумского яруса средней перми, представленные в основном глинами, мергелями, алевролитами. Мощность этих отложений колеблется от 0 до 50 м.

Отложения казанского яруса средней перми, чаще залегающие под глинами пермского возраста, представлены известняками с прослоями доломитов. Мощность отложений может достигать 28 м. На отдельных участках казанские отложения отсутствуют. Для них, как правило, характерно выборочное или объёмное растворение. Породы трещиноваты, часто разрушены до состояния щебня, дресвы, известково-доломитовой муки, местами полностью растворены с образованием полостей различной высоты, заполненных водой или привнесённым материалом. Высота зафиксированных полостей до 3 м.

Гипсы и ангидриты сакмарского яруса нижней перми на контакте с вышележащими отложениями казанского и уржумского ярусов средней перми в данном районе наиболее подвержены процессам растворения с образованием каверн и полостей. Зафиксированные высоты полостей до 7 м.

К известнякам и доломитам и верхней части гипсо-ангидритовой толщи приурочен напорный водоносный горизонт, нижним водоупором для которого служит монолитная часть гипсо-ангидритовой толщи.

Из поверхностных карстопроявлений наиболее распространены провалы (карстовые воронки).

5.2.4. Выксунско-Первомайский карстовый район.

Выксунско-Первомайский карстовый район характеризуется развитием карбонатного карста в породах казанского и ассельского ярусов пермского возраста и в отложениях каменноугольной системы, представленных известняками и доломитами. Карстующиеся карбонатные породы залегают близко к поверхности земли, особенно на склонах долин рек, ручьев и оврагов, где они нередко выходят на дневную поверхность. Для этих пород характерно объёмное или выборочное растворение (с образованием глубоких трещин и расчленённого рельефа поверхности карстующихся пород), в результате чего они местами разрушены до состояния известняково-доломитовой муки, дресвы, щебня. Вне речных долин карстующиеся породы залегают под четвертичными флювиогляциальными, моренными, делювиальными, в основном песчано-глинистыми

отложениями, мощностью до 20 м. Карстующиеся породы обводнены или находятся в зоне аэрации. Часто наблюдается активизация процессов суффозии под действием техногенного обводнения.

В южной части района нередко под четвертичными отложениями залегают юрские породы, представленные глинами с прослоями песка. Их наличие резко снижает активность карстовых процессов и суффозии.

Характерный тип геологического строения для Выксунско-Первомайского карстового района приводится в приложении 6 (лист 3).

Наиболее характерными поверхностными карстопроявлениями являются карстово-суффозионные просадки и неравномерные осадки оснований сооружений. Карстовые провалы происходят реже, чем в других районах развития карста Нижегородской области.

5.3. Цели, задачи и методы инженерных изысканий

5.3.1. Целью инженерных изысканий в районах развития карста является оценка карстовой опасности для строительных объектов и определение условий их проектирования. Для этого необходимо установить следующее:

- геоморфологические, геологические, структурно-тектонические, гидрологические и гидрогеологические условия развития карста;

- распространение, характер и интенсивность проявления карста;

- закономерности его развития и вероятность формирования карстопроявлений в основании сооружений;

- физико-механические свойства грунтов как в естественном залегании, так и измененные карстовыми процессами;

- характер и наиболее вероятный вид карстовых деформаций земной поверхности и основания сооружений;

- возможность активизации развития карстовых процессов в результате хозяйственной деятельности, в том числе на смежных территориях.

5.3.2. Основными задачами инженерно-геологических изысканий в районах развития карста являются:

- выделение границ территорий различной степени карстоопасности;

- выявление возможных механизмов формирования карстопроявлений (карстово-обвального, карстово-суффозионного и смешанного типов);

- определение типов карстовой опасности (A, B, C, D);

- оценка степени опасности выявленных подземных карстопроявлений в карстующихся породах и грунтах покровной толщи (полостей, разуплотнённых зон и т.д.);

- прогнозирование количественных параметров карстопроявлений (удельная интенсивность провалообразования, диаметры карстовых провалов (воронок), вероятность образования провалов за расчётный срок службы сооружения и др.);

- оценка развития карста под влиянием природных и техногенных факторов;

- разработка рекомендаций по рациональному использованию территорий для строительства и возможных вариантов противокарстовых мероприятий;

- определение параметров проектирования противокарстовой защиты;

- оценка карстового риска до и после реализации противокарстовых мероприятий.

5.3.3. Инженерные изыскания на неизученных ранее закарстованных территориях должны выполняться, как правило, в несколько этапов для разработки:

-схемы территориального планирования муниципальных образований Нижегородской области;

-генерального плана города, посёлка;

-проектов планировки территорий;

- проектной документации под отдельные здания и сооружения.

5.3.4. На закарстованных территориях Нижегородской области, где уже имеется районирование по карстоопасности в масштабе 1:50 000 и крупнее, изыскания допустимо выполнять в один этап.

5.3.5. В состав изысканий входят, как правило, следующие виды работ:

- сбор, анализ и обобщение материалов исследований прошлых лет, а также сведений по опыту строительства и эксплуатации зданий и сооружений;

- изучение аэрокосмофотоматериалов и топографических карт разных масштабов;

- маршрутные карстологические обследования местности;

- геофизические исследования;

- специальные полевые исследования грунтов;

- буровые работы;

- гидрогеологические исследования;

- лабораторные работы и экспериментальные исследования;

- районирование и микрорайонирование (зонирование) закарстованной территории по характеру и степени карстоопасности и карстового риска;

- разработка рекомендаций по противокарстовой защите и эксплуатации сооружений;

- определение параметров проектирования конструктивной противокарстовой защиты и дифференцирование (районирование, зонирование) участка строительства по этим параметрам.

Состав работ должен обеспечить получение данных, необходимых и достаточных для разработки соответствующих проектных материалов.

5.4. Сбор, анализ и обобщение материалов изысканий прошлых лет

5.4.1. Сбор и систематизация фондовых материалов геолого-съёмочных работ, результатов инженерно-геологических изысканий прошлых лет выполняются для всех стадий проектирования. Кроме того, следует изучить материалы по опыту строительства и эксплуатации зданий и сооружений в заданном районе.

5.4.2. При сборе и обобщении материалов необходимо:

- проанализировать крупномасштабные топоосновы различных годов съёмки и, по возможности, с целью выявления новых карстопроявлений провести сравнение старой топоосновы с современной;

- проанализировать материалы аэрокосмофотосъёмки по району проектирования;

- собрать данные по инженерно-геологическим работам, выполненным ранее;

- изучить сведения по деформациям существующих зданий и сооружений и выявить причины этих деформаций;

- проанализировать эффективность осуществлённых противокарстовых мероприятий в районе проектирования.

5.4.3. При сборе этих материалов необходимо использовать архивы организаций, занимающихся вопросами изучения карста в Нижегородской области.

5.5. Изучение аэрокосмофотоматериалов (АКФМ) и топографических карт и планов.

5.5.1. При наличии аэрокосмофотоматериалов выполняется их дешифрирование. Такая работа, как правило, проводится на начальных стадиях проектирования объектов с целью рационального выбора участка их размещения и с учётом карстологической ситуации, морфоструктурных, структурно-тектонических особенностей строения изучаемой территории.

5.5.2. Для получения АКФМ следует обращаться в специализированные организации. Для предварительного ознакомления с ситуацией на начальных стадиях работ допускается использование космоснимков, находящихся в свободном доступе на геоинформационных порталах Internet.

5.5.3. Для получения наиболее объективной информации следует, по возможности, использовать весь комплекс АКФМ, включая съёмки в видимой и инфракрасной части спектра.

5.5.4. При дешифрировании АКФМ целесообразно проводить анализ не только рассматриваемого участка, но и смежных территорий. Это позволяет более объективно

выявить пространственные закономерности развития карста. Использование разномасштабных АКФМ (космофотоснимки и космофотопланы масштабов 1:1 000 000-1:50 000, аэрофотоснимки и аэрофотопланы масштабов 1:50 000-1:10 000 и крупнее) позволяет уточнить положение изучаемой площади в региональном неотектоническом плане.

5.5.5. При анализе топографических карт и планов выявляются участки проявления карста и одиночные карстовые формы, которые должны быть зафиксированы топографической съёмкой в ходе проведения инженерно-геодезических изысканий в районах развития карста (п.10.40-10.46 СП 11-104-97).

5.5.5. Для изучения геодинамических и морфодинамических процессов, определяющих тенденцию развития процессов карстообразования, целесообразно использовать разновременные материалы космо- и аэрофотосъёмок.

5.5.6. Учитывая, что локальные карстопроявления небольших размеров трудно различимы на аэрофото- и космоснимках, дешифрирование АКФМ следует проводить в комплексе с морфоструктурным, морфометрическим и карстологическим анализом разномасштабных топокарт. После дешифрирования должна выполняться заверка их результатов при проведении маршрутного карстологического обследования.

5.6. Маршрутное карстологическое обследование местности

5.6.1. Маршрутное карстологическое обследование местности (инженерно-геологическая рекогносцировка, инженерно-геологическая съёмка) является обязательным видом инженерно-геологических изысканий, наиболее эффективным на ранних стадиях проектно-изыскательских работ.

5.6.2. Маршрутное карстологическое обследование должно установить закономерность распространения поверхностных карстопроявлений, их возраст, характер и интенсивность проявления.

5.6.3. При маршрутном карстологическом обследовании фиксируются:

- проявления карста на земной поверхности (свежие провалы, воронки, мульды оседания, просадки земной поверхности и т.д.);

- характерные для закарстованных территорий деформации зданий и сооружений;

- геологические, почвенно-геоботанические и геоморфологические особенности обследуемой территории;

- источник и место техногенных воздействий, их характер, продолжительность и интенсивность;

- гидрологические и гидрогеологические проявления карста - замкнутые водосборы, очаги поглощения поверхностных вод, карстовые источники, карстовые озера и т.д.

5.6.4. Дополнительно обследуются водозаборные, гидротехнические сооружения, водонесущие коммуникации и другие сооружения с точки зрения их влияния на активизацию карстовых и карстово-суффозионных процессов.

5.6.5. На территории, где проводилось дешифрирование аэрокосмофотоматериалов, при инженерно-геологической съёмке должна быть проведена полевая заверка выявленных карстопроявлений, зон повышенной влажности и других особенностей.

5.6.6. В процессе маршрутных наблюдений ведётся полевое описание и картирование всех имеющихся проявлений карста с детальностью, обеспечивающей достаточный объём исходных данных для их корректной статистической обработки. Важна фотодокументация карстопроявлений и их точная координатная привязка. Описание провалов дополнительно должно включать время образования карстовых деформаций и наблюдения за явлениями в процессе их формирования. При необходимости проводится расчистка воронок с целью определения возраста и установления других закономерностей формирования воронок.

В ходе маршрутных обследований проводится опрос местных жителей и представителей администрации о карстопроявлениях по заранее подготовленной анкете.

5.6.7. При инженерно-геологической съёмке масштабов 1:25 000 и 1:10 000 среднее число точек наблюдений на 1 кв.км следует устанавливать с учётом категорий сложности инженерно-геологических условий и масштаба съёмки. На участках с количеством карстопроявлений более 50 на 1 кв.км съёмку следует проводить в укрупнённых масштабах (1:5 000-1:2 000).

5.6.8. При выполнении изысканий для проектирования отдельных сооружений должно проводиться картирование поверхностных карстовых форм как на участке расположения сооружений, так и за пределами его на расстоянии не менее 100 м от границ участка.

Для линейных сооружений, проходящих по закарстованным территориям, ширина полосы съёмки должна назначаться в соответствии с СП 11-105-97 (ч.I) и СП 11-104-97.

5.7. Геофизические исследования

5.7.1. Целью геофизических исследований является инженерно-геологическое обоснование оценки карстоопасности.

5.7.2. Практика карстологических исследований в Нижегородской области показала, что геофизические работы являются наиболее эффективными, экономичными и экологичными в комплексе инженерных изысканий. Геофизические исследования выполняются на всех стадиях изысканий (п.5.7 СП 11-105-97, ч.I), как правило, в

сочетании с другими методами инженерно-геологических работ. Геофизические работы должны предшествовать полевым опытным работам и бурению скважин.

5.7.3. Задачи геофизических исследований при инженерно-геологических работах на закарстованных территориях должны соответствовать возможностям методов в конкретных геологических условиях.

Наряду с общегеологическими задачами по определению геологического строения массива и гидрогеологических условий (расчленение разреза; установление границ между слоями различного литологического состава и состояния; определение уровня грунтовых вод) решаются и специальные задачи:

а) обнаружение полостей (при благоприятных условиях) и определение их размеров;

б) выявление зон повышенной трещиноватости в карстующихся отложениях;

в) выявление разуплотненных зон в покровной и карстующейся толщах;

г) выявление зон тектонических нарушений;

д) выявление погребенных эрозионных форм;

е) определение минерализации, скорости и направления потока подземных вод, мест питания и разгрузки;

ж) оценка степени разрушенности карстующихся отложений;

з) изучение изменчивости физико-механических свойств карстующихся и покровных отложений.

5.7.4. Геофизические методы исследований обеспечивают получение достоверной и достаточной для практического использования информации о строении и физических свойствах геологической среды, если одновременно выполняются следующие условия (требования):

- пространственные характеристики и дифференциация физических свойств горных пород и подземных вод достаточны для того, чтобы они могли быть установлены с требуемой точностью применяемыми геофизическими измерительными средствами;

- разработаны и применяются корректные системы наблюдений во внешних и внутренних точках инженерно-геологической среды;

- разработаны и освоены приёмы интерпретации результатов измерений на базе решения необходимого и достаточного количества прямых задач геофизики для геолого-геофизических сред различной сложности строения;

- работы проводятся в границах применимости используемого метода.

5.7.5. Выбор отдельных методов геофизических исследований или их комплекса в составе инженерно-геологических работ, последовательность выполнения зависят от поставленной задачи, физических предпосылок, стадийности изысканий, инженерно-

геологических условий, технико-экономических показателей, вида и уровня ответственности зданий и сооружений.

Вид и размеры геофизических установок, шаг сети исследований, точность наблюдений должны выбираться в соответствии с особенностями геологического строения участка и ожидаемыми размерами поисковых аномалий.

При определении объёмов геофизических исследований рекомендуется ориентироваться на приложение Б СП 11-105-97, ч.VI. При изысканиях на сильно закарстованных территориях или при проектировании сооружений повышенного уровня ответственности плотность сети наблюдений может быть увеличена относительно рекомендованных, а комплекс геофизических методов может не ограничиваться 2-3 основными и 1-2 вспомогательными методами.

5.7.6. Комплексирование методов осуществляется исходя из их возможностей при решении поставленных задач в конкретных инженерно-геологических условиях и экономической целесообразности. Рационально в комплексе применять методы, использующие различные физические предпосылки, что способствует снижению уровня неоднозначности решений при их совместной интерпретации.

5.7.7. Геофизические исследования выполняются планомерно с постепенным охватом всей площади изучения и укрупнением масштаба исследований с последующими детализационными работами на выявленных карстоопасных участках и проведением при необходимости режимных (мониторинговых) наблюдений в наиболее опасных и ответственных местах.

По мере выполнения исследований для повышения их эффективности выполняется экспресс-интерпретация и при необходимости производится корректировка сети и методов исследований.

5.7.8. Детализационные исследования должны проводиться на участках, в пределах которых обнаружены признаки опасных карстовых и карстово-суффозионных проявлений. При этом должны использоваться как основные, так и вспомогательные геофизические методы, обеспечивающие получение максимального объёма информации о пространственных характеристиках карстопроявлений.

5.7.9 Геофизические работы сопровождаются измерениями физических свойств горных пород на образцах, керне, в обнажениях и горных выработках для изучения зависимостей физических свойств от их состава (литологии, минерализации поровых растворов, влажности и т.д.), строения и состояния с целью их определения в природном залегании по измеренным и интерпретационным параметрам.

5.7.10. Интерпретация геофизических работ проводится на базе геолого-геофизической модели участка, составленной с учётом известных и прогнозируемых особенностей строения, физических свойств грунтов и процессов, в них протекающих.

Результаты интерпретации геофизических данных представляются в виде геолого-геофизических разрезов и карт, на которых показано положение, форма и размеры выделенных геолого-геофизических элементов со значением физических свойств или геофизических параметров, характеризующих наличие или отсутствие карстопроявлений.

Результаты геофизических исследований, по возможности, сопровождаются оценкой физико-механических характеристик горных пород и грунтов в естественном залегании, определённых по значениям физических свойств или геофизических параметров через теоретические и эмпирические зависимости.

В отчётной части следует акцентировать внимание на обнаруженных неоднородностях различного (в первую очередь, карстового) генезиса.

6.7.11. Режимные (мониторинговые) геофизические наблюдения производятся для определения тенденции и интенсивности развития карстовых и карстово-суффозионных процессов на изучаемых участках, контроля за их развитием во времени и прогноза образования провалов и оседаний. Периодичность наблюдений выбирается в соответствии с установленной или ожидаемой скоростью развития карстовых и карстово-суффозионных процессов и их проявлений (рис. 8.1).

Проведение режимных и мониторинговых наблюдений сопровождается статистической обработкой оценочных физических, инженерно-геологических и интерпретационных параметров для определения тенденции их изменения с целью составления кратко- и среднесрочных прогнозов.

5.7.12. При выборе методов геофизических исследований необходимо учитывать их возможности и характеристики (приложение Г и Д СП 11-105-97, ч.VI). Апробированные для решения карстологических задач на территории Нижегородской области методы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

N п/п	Наименование метода	Основные инженерно-геологические задачи исследований	Примечание
1	2	3	4
		Основные методы	
1	Гравиразведка	Задачи п. 5.7.3 (а, б, в, г, д, з)	Выполняется в варианте микрогальной точности (микрогравиразведка)
2	Сейсморазведка	Задачи п. 5.7.3 (а, б, в, г, ж, з)	Преимущественно методом преломлённых волн (МПВ)

1	2	3	4
3	Электроразведка	Задачи п. 5.7.3 (а, б, в, г, д, ж, з)	Выполняется методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ); -в осложнённых геоэлектрических условиях двухсторонними трехэлектродными установками; - в сложных условиях методом двух составляющих (ВЭЗ МДС)
		Вспомогательные методы	
4	Геофизическое исследование скважин (ГИС)	Задачи п. 5.7.3 (а, б, е);	Получение параметрических характеристик разреза для уточнения геолого-геофизической интерпретации
5	Межскважинное радио- и сейсмопросвечивание (радио- и сейсмотомография)	Задачи п. 5.7.3	На промышленных площадках под особо ответственными эксплуатируемыми и проектируемыми сооружениями переходит в разряд основных методов
6	Непродольное сейсмопрофилирование и лучевая томография МОВ и МПВ	Задачи п. 5.7.3 (а, б, г, д)	То же, что и п.5. На застроенных площадках
7	Сейсморазведка методами отражённых волн (МОВ, ОГТ) и анализа спектральных и амплитудных характеристик (MASW, SASW) сейсмических волн	Задачи п. 5.7.3 (а, б, в. г, д)	Используют различные типы сейсмических волн.
8	Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ ВП) и профилирование (ЭП)	Задачи п. 5.7.3 (б, г, д)	Выполняются для исследования геологической среды преимущественно в простых в геоэлектрическом отношении условиях
9	Различные модификации злектромагнитного профилирования и зондирования	Задачи п. 5.7.3 (б, г, д)	То же, что и п.8. Выполняются на участках преимущественно неглубокого залегания карстующихся пород
10	Метод естественного импульсного электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ) и акустической эмиссии (АЭ)	Локализация мест напряжённого состояния	Изучение напряжённого состояния грунтового массива и конструкций сооружений
11	Метод естественного поля (ЕП)	Выявление очагов разгрузки трещинно-карстовых и поглощения поверхностных вод	Использование в условиях урбанизированных территорий затруднено .
12	Метод заряженного тела	Определение скорости и направления движения подземных вод	При неглубоком залегании водоносного горизонта

1	2	3	4
13	Резистивиметрия водоёмов	Выявление очагов разгрузки трещинно-карстовых и поглощения поверхностных вод	Выполняется совместно с термометрией

Примечания:

1. К основным относятся геофизические методы, которые позволяют получить максимальный объём достоверной информации об изучаемой геологической среде при минимальных затратах средств и времени. Вспомогательными являются геофизические методы, уточняющие или уменьшающие неоднозначность при решении поставленной задачи исследований основными методами и дающие дополнительную информацию об изучаемых процессах и явлениях.

2. Существует ряд других геофизических методов, не упомянутых в табл.5.1, с помощью которых в определённых геологических условиях возможно решение некоторых частных задач, способствующих оценке карстоопасности.

5.8. Полевые исследования грунтов

5.8.1. В соответствии с программой инженерно-геологических изысканий выполняются статическое, динамическое зондирование или пенетрационно-каротажные исследования, полевые испытания грунтов в скважинах и горных выработках.

5.8.2. Полученные в ходе полевых исследований грунтов данные используются для выявления и оконтуривания в покровной толще пород разуплотнённых зон и полостей, погребённых карстовых форм, изучения условий естественного залегания грунтов и подземных вод, необходимых для уточнения геологического разреза, а также с целью прогноза наиболее вероятных зон провалообразования.

5.8.3. На объектах Нижегородской области разработаны и апробированы методики прогнозирования опасности провалообразования по результатам вероятностно-статистической обработки данных статического и динамического зондирования (например, патент Российской Федерации, 1989 г. № 1752869 и другие методики). Выполнение различных видов зондирования и обработка их результатов по подобным методикам позволяют выявить зоны, где вероятность развития карстовых деформаций наиболее высока.

5.9. Буровые работы

5.9.1. На участках интенсивного развития карста, выявленного по результатам маршрутных наблюдений, геофизических исследований и полевых опытных работ, выполняется бурение скважин. Следует иметь в виду, что назначение скважины (особенно единичной) без проведения подобных работ лишь случайно (только в точке бурения) характеризует грунтовый массив в карстологическом отношении. Проходка скважин должна осуществляться, в первую очередь, на ключевых участках исследуемых площадок в контуре проектируемых сооружений, на которых геофизическими методами выявлены аномалии, соотносимые с крупными полостями и закарстованными зонами.

Разработка проектной (рабочей) документации для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов без проведения бурения для оценки карстовой опасности непосредственно в контуре проектируемых зданий и сооружений не допускается.

5.9.2. Основными задачами бурения скважин являются:

- изучение геологического строения заданной площади;

- изучение гидрогеологических параметров водоносных горизонтов;

- изучение состава, состояния, свойств пород покрывающей толщи, включая выявление и изучение полостей и разуплотнённых зон в покровной толще пород;

- изучение состава, состояния и свойств пород карстующейся толщи, выявление карстовых полостей и разрушенных зон, трещиноватости и кавернозности;

- отбор образцов горных пород и подземных вод для лабораторных исследований.

5.9.3. Проходка скважин при инженерных изысканиях на закарстованных территориях производится механическим способом колонковым видом бурения. Конструкция и глубина буровых скважин определяется типом геологического разреза и зависит от глубины залегания карстующихся пород и мощности закарстованной зоны. Начальный диаметр скважины должен быть не менее 127 мм. Скважинами должна вскрываться вся закарстованная зона с заглублением в монолитные, неизменённые карстовым процессом породы на глубину не менее, чем 5 м, а для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов — не менее, чем на 10 м. Конечный диаметр бурения должен быть не менее 89 мм.

5.9.4. При бурении покровных песчаных или глинистых отложений допустима их проходка обсадной колонной сплошным забоем, без отбора керна, с промывкой глинистым раствором, с заглублением и «затиркой» обсадной колонны на 0,5-1,0 м в коренные глинистые породы, а при их отсутствии - в карбонатные или сульфатные отложения, не допуская «прихвата» башмака колонны. При этом выполняется фиксация скорости проходки, наблюдение за режимом промывки, шламом, цветом промывочной жидкости. Особое внимание следует обращать на случаи провалов и быстрого погружения бурового снаряда и на случаи резкого поглощения промывочной жидкости.

5.9.5. Плотные глинистые породы средне- и верхнепермского возраста проходятся с промывкой водой; трещиноватые, алевритистые - с подливом воды в скважину или всухую. Сильнотрещиноватые отложения казанского и сакмарского ярусов пермской системы и верхнего отдела каменноугольного возраста проходятся без промывки укороченными рейсами (до 0,5 м) с фиксацией скорости проходки и обеспечением максимального выхода керна. Заполненные и незаполненные полости фиксируются по провалу или быстрому погружению бурового снаряда. Крепкие гипсы и ангидриты

проходятся с промывкой водой с полным отбором керна. Технология проходки скважин должна учитывать данные геофизических исследований.

5.9.6. В процессе бурения обязательны гидрогеологические наблюдения, при которых отмечаются:

- интервалы различного характера циркуляции промывочной жидкости (нормальная циркуляция, частичное, большое или полное поглощение);

- глубина появления воды для каждого водоносного горизонта;

- скорость восстановления уровня воды в скважине и установившийся уровень для каждого из интервалов поглощения.

5.9.7. Буровые работы при необходимости должны сопровождаться комплексом геофизических исследований скважин (ГИС) для получения дополнительной информации об инженерно-геологическом строении и состоянии грунтов.

С помощью ГИС определяют состав и физические свойства грунтов, места водопритоков, скорость и направление потока подземных вод, уточняют положение литологических границ, зон трещиноватости и полостей.

Основными методами комплекса ГИС являются электрокаротаж методом кажущихся сопротивлений (КС), потенциалов самопроизводной поляризации (ПС), гамма-каротаж (ГК), кавернометрия, расходометрия, резистивиметрия и термометрия.

Как вспомогательные методы используются измерение вызванного потенциала (ВП), сейсмоакустический каротаж (АК), нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) и гамма-гамма каротаж (ГГК).

5.9.8. На объектах повышенного уровня ответственности выполняется межскважинное электромагнитное или сейсмическое просвечивание (радио- или сейсмотомография).

5.9.9. По окончании работ скважины должны ликвидироваться с помощью тампонажа (интервалы в глинистых породах - глиной с уплотнением; в скальных и полускальных - песчано-цементным раствором).

5.10. Гидрогеологические исследования

5.10.1. К гидрогеологическим исследованиям на закарстованных территориях предъявляются особые требования. Для всей толщи карстующихся и покровных отложений должны быть установлены имеющиеся водоносные горизонты и водоупорные толщи, определены уровни, химический состав и растворяющая способность вод по отношению к карстующимся породам.

5.10.2. При необходимости в программе изысканий предусматриваются дополнительные гидрогеологические задачи: режимные наблюдения (мониторинг);

гидрогеологическое моделирование; изучение взаимосвязи между водоносными горизонтами, гидравлическая связь с ближайшими поверхностными водотоками и водоёмами, а также с утечками воды из водонесущих коммуникаций и ёмкостей и т.д.

5.10.3. Опытно-фильтрационные работы (откачки, наливы, нагнетания) производятся по имеющимся методикам для определения коэффициентов фильтрации (водопроводимости), уровнепроводности (пьезопроводности), водоотдачи (водовместимости), удельных и общих дебитов, направления и скорости движения вод, а также коэффициентов сопротивления водоупоров, коэффициентов перетекания, величины перетекания вод, градиентов горизонтальной и вертикальной фильтрации. При необходимости проводятся опыты по запуску индикаторов в скважины или в места поглощения вод для определения направления и скорости их движения. При выполнении опытно-фильтрационных работ отбираются пробы воды на химический анализ.

5.10.4. При выполнении мониторинга на исследуемой территории часть скважин должна оставляться и оборудоваться колоннами труб, фильтрами и оголовками для стационарных наблюдений за уровнями, температурой и химическим составом вод по специальной программе работ.

5.11. Лабораторные работы и экспериментальные исследования

5.11.1. Лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов в карстовых районах проводятся для определения расчётом степени опасности обнаруженных карстовых полостей, уточнения механизма провалообразования, в том числе с учётом техногенных воздействий и т.д..

5.11.2. Определяются физико-механические характеристики карстующихся пород (плотность, удельный вес, модуль деформации и упругости, предел прочности на одноосное сжатие, растяжение и изгиб) как в образцах ненарушенного сложения, так и в естественном залегании.

5.11.3. Для глинистых, песчаных и крупнообломочных пород выполняются общепринятые лабораторные исследования физико-механических свойств. В случае необходимости проводятся специальные лабораторные исследования, которые используются не только в обычных целях, но и для решения специфических задач: оценка гидрогеологических условий развития карста, определение суффозионных свойств, возможности выноса заполнителя из карстовых полостей и трещин, изучение тиксотропных свойств песчаных грунтов и доломитовой муки.

5.11.4. При необходимости проводятся минералого-петрографические исследования и изучение химического состава горных пород с целью оценки способности горных пород к растворению подземными водами, в том числе с учётом их техногенного загрязнения, а

также для уточнения литолого-стратиграфического расчленения карстующейся толщи и покрывающих отложений, решения специфических задач (например, изучение возраста).

5.11.5. Химический анализ подземных вод выполняется для определения степени их агрессивности к карстующимся породам и скорости растворения этих пород, выделения гидрохимических зон, изучения взаимосвязи между водоносными горизонтами, изменений химического состава подземных вод под влиянием естественных и техногенных факторов.

5.11.6. При необходимости определения возраста карстовых воронок и полостей применяются спорово-пыльцевой, палеонтологический, археологический и радиоактивный методы.

5.11.7. Экспериментальные лабораторные исследования, включая физическое моделирование, проводятся для решения следующих задач:

- установление основных закономерностей карстового процесса (определение скоростей растворения пород, выявление механизма карстовых и карстово-суффозионных деформаций применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям);
- прогноз развития карста во времени и в пространстве с учётом воздействия техногенных факторов;
- оценка степени опасности обнаруженных карстовых полостей;
- определение параметров проектирования противокарстовых мероприятий.

5.11.8. Химико-кинетическое моделирование применяется при экспериментальном изучении процессов растворения в карстующихся породах, в том числе с учётом техногенных воздействий.

5.11.9. В целях экспериментального изучения различных гравитационных процессов, протекающих над карстовыми полостями, и прогноза их развития используется моделирование методом эквивалентных материалов, центробежное моделирование, оптическое моделирование и др.

5.11.10. Физическое гидрогеологическое моделирование применяется для экспериментальных исследований фильтрационно-гравитационных деформаций, протекающих в водонасыщенных грунтах над карстовыми полостями и трещинами или над сквозными нарушениями в водоупорах, обусловленных карстовыми процессами.

5.11.11. Физико-геологическое моделирование применяется для оценки эффективности геофизических методов в конкретных инженерно-геологических условиях, для определения оптимальных размеров измерительных установок и сети наблюдений.

5.11.12. Лабораторное моделирование карстово-суффозионных процессов и их активизации обязательно на участках строительства, расположенных в зоне существенного влияния грунтовых водозаборов.

5.11.13. При значительных статических и вибродинамических нагрузках используется численное моделирование на ЭВМ для решения специальных геотехнических задач в условиях влияния на основание сооружений различных карстопроявлений.

5.11.14. Лабораторные работы и экспериментальные исследования обязательны при изысканиях на площадках особо опасных, технически сложных и уникальных объектов с высокими техногенными нагрузками на природную среду.

5.12. Районирование территории по условиям и степени развития карста

5.12.1. При районировании территории по условиям и степени развития карста учитываются виды поверхностных и подземных карстопроявлений, состав карстующихся пород, их мощность и глубина залегания, мощность и состав покрывающих отложений, наличие водоупорных слоёв и их мощность, приуроченность к тектоническим структурам и зонам, погребённый карстово-эрозионный рельеф разного возраста, гидрогеологические условия развития карста. Кроме того, устанавливается связь с геоморфологическими элементами, где наиболее развиты карстовые процессы: речные террасы, склоны долин, прибровочные участки водоразделов, водораздельные поверхности разного возраста и строения.

5.12.2. Подробное изложение требований к камеральной обработке материалов изысканий приводится в СП 11-105-97 ч.II, «Руководстве по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста» и других нормативно-методических документах (см. приложение 2).

6. СПОСОБЫ ОЦЕНКИ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ И КАРСТОВОГО РИСКА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАЗЛИЧНЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТАМ. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КАРСТОВЫЕ РИСКИ

Требования к оценке карстоопасности

6.1. Оценка карстоопасности должна установить:

1) потенциально возможные типы карстоопасности на рассматриваемой территории или на участке расположения строительного объекта за расчётный срок эксплуатации сооружения;

2) вероятность образования тех или иных карстопроявлений на заданной площади или на единице площади (гектар, квадратный километр) рассматриваемой территории за определённый (расчётный) срок или в единицу времени (год, 100 лет);

3) вероятные геометрические размеры прогнозируемых карстопроявлений, которые необходимы для назначения и проектирования противокарстовых мероприятий;

4) закономерности (механизм) формирования различных карстопроявлений на участке расположения сооружения, в том числе непосредственно в основании сооружений;

5) характер и степень влияния различных техногенных воздействий на развитие карстовых и карстово-суффозионных процессов как на участке расположения сооружения, так и на окружающей территории. При этом, к числу основных техногенных воздействий на геологическую среду относятся следующие: откачка подземных вод, долговременные утечки из водонесущих коммуникаций, подтопление и затопление территории и другие изменения гидрогеологических условий, вибродинамические и повышенные статические нагрузки и т.д.

6.2. Оценка карстовой опасности должна осуществляться по результатам комплекса инженерных изысканий (инженерно-геологических, в том числе геофизических, геодезических, геотехнических, инженерно-экологических), а при необходимости и специальных научно-исследовательских работ. Такая оценка должна в максимальной степени учитывать специфику проектируемых, реконструируемых или существующих объектов.

6.3. Закарстованные территории в зависимости от естественных и техногенных условий развития карста и закономерностей его поверхностных и подземных проявлений следует классифицировать по типу и степени карстовой опасности.

Типы карстовой опасности

6.4. При строительстве и эксплуатации сооружений в карстовых районах Нижегородской области следует иметь в виду, что негативное влияние карста на

хозяйственную деятельность многоаспектно. По характеру карстовой опасности следует выделять следующие типы: A, B, C и D (см. раздел 3):

6.5. Указанные типы карстоопасности необходимо учитывать при решении не только инженерно-строительных, но и ряда экономических, природоохранных и юридических задач (корректировка стоимости земель и объектов недвижимости на карстоопасных участках при их продаже, страхование строительных объектов с учётом карстовых рисков, защита от нарушения прав собственности вследствие влияния хозяйственной деятельности на активизацию карста, например, из-за неправомерных действий юридических лиц на смежных территориях и т.д.).

6.6. Различные типы карстоопасности и их сочетания следует учитывать при инженерных изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, природоохранной деятельности, организации водоснабжения и водоотведения, мелиорации земель, проведении горных работ и агрокультурных мероприятий и т. д.

6.7. При оценке карстоопасности типа A следует принимать во внимание следующие закономерности и особенности загрязнения геологической среды на закарстованных территориях:

- весьма значительное повышение скорости загрязнения геологической среды имеет зона на участках образования провалов, существующих карстовых воронок, краевых зон мульд оседаний, подземных карстопроявлений в покровной толще и карстующихся породах;

- загрязнение трещинно-карстовых вод может в плане распространяться на значительные расстояния (десятки километров) от источника загрязнения;

- на закарстованных территориях наиболее отчётливо проявляется сезонность интенсивного загрязнения трещинно-карстовых вод, как правило, приходящегося на весенне-летний период;

- загрязнение подземных вод во времени имеет, как правило, пульсирующий характер, что связано с дискретным характером карстопроявлений;

- скорости переноса загрязнений в трещинно-карстовом водоносном горизонте на несколько порядков выше, чем в других водоносных горизонтах;

- загрязнение трещинно-карстовых вод, как правило, приводит к значительному повышению скорости растворения карстующихся пород;

- загрязнение грунтов покровной толщи приводит к снижению несущей способности грунтов, в результате чего облегчаются условия формирования поверхностных карстопроявлений, а в сжимаемой толще основания сооружений создаются предпосылки для сверхнормативных осадок оснований;

- поверхностных карстовых форм.

По результатам проведения инженерных изысканий и специальных научных исследований могут быть установлены и другие закономерности загрязнения геологической среды на конкретной закарстованной территории, а также оценены количественные характеристики карстоопасности типа А и параметры проектирования защитных мероприятий.

Характеристики карстоопасности типа А определяются в зависимости от прогнозируемого механизма загрязнения геологической среды, обусловленного различными карстологическими и геоэкологическими факторами. Они должны, как правило, оцениваться при научно-техническом сопровождении специализированными организациями.

6.8. При оценке карстоопасности типа В необходимо учитывать особенности и закономерности формирования различных поверхностных карстопроявлений (карстовых деформаций).

По степени опасности для большинства сооружений поверхностные карстовые деформации располагаются в следующем порядке (по мере уменьшения их опасности при прочих равных условиях): 1) провалы; 2) локальные оседания; 3) старые или древние карстовые воронки, находящиеся вблизи сооружений; 4) неравномерные осадки, обусловленные карстовыми (карстово-суффозионными) процессами; 5) общие (медленные) оседания земной поверхности; 6) карстовые (карстово-суффозионные) просадки; 7) коррозионные воронки (при открытом типе карста).

6.9. Провальная опасность (подтип B_1) имеет следующие особенности:

- Провалы образуются практически мгновенно. Иногда их возникновению предшествуют просадки, небольшие локальные оседания, концентрические трещины на земной поверхности и т.п.

- Провалообразование носит ярко выраженный вероятностный характер (по времени и в пространстве возникновения провалов, а также по размерам их в плане и по глубине).

- Часто на месте ранее образовавшихся провалов или непосредственно вблизи них образуются повторные провалы.

- Зона вблизи свежего провала характеризуется пониженной несущей способностью грунтов и повышенной водопроницаемостью.

- Форма провальной впадины на земной поверхности (или в основании подошвы фундаментов сооружений) достаточно быстро (в зависимости от вида грунта и соотношения её диаметра и глубины) изменяется во времени (диаметр её поверху

увеличивается, а глубина уменьшается), принимая в итоге достаточно устойчивую конусообразную форму воронки.

6.10. При оценке провальной опасности на закарстованных территориях (при решении тех или иных проектных задач) должны применяться следующие прогнозные показатели провального процесса:

- Удельная интенсивность (частота) провалообразования (λ) на единице площади территории (км^2, га) в единицу времени (год, 100 лет) или расчётная интенсивность провалообразования на площади, занимаемой сооружениями за заданный срок (например, расчётный срок эксплуатации сооружения, планируемый период до реконструкции сооружения и т.п.).

- Средние ($d_{ср}$) и максимальные ($d_{макс}$) значения размеров карстовых воронок (диаметров, глубин), их площадей и объёмов. При этом для решения практических проектных задач целесообразно построение эмпирических и теоретических распределений диаметров воронок и свежих провалов.

- Удельная поражаемость 1 км^2 суммарной площадью провальных форм (в процентах) за срок 100 лет, используемая при разработке генеральных планов городов, проектировании больших по площади объектов (полигоны складирования отходов, спортивные объекты, кладбища и т.д.).

6.11. Значения параметров λ и d должны оцениваться на основе инженерно-геологических изысканий, с использованием экспериментальных и расчётных методов, вероятностно-статистических и (или) детерминистических моделей, методов физического и математического моделирования, экспертных оценок и инженерно-геологических аналогий и др.

Примечания:

При оценке диаметров провалов с использованием расчётных детерминистических (геомеханических) моделей для конкретных участков строительства целесообразно принимать во внимание следующие обстоятельства:

- Расчётное значение диаметров провальных воронок, определённое на основе геотехнических моделей с учётом физико-механических характеристик, полученных в результате инженерных изысканий на участке строительства, следует рассматривать, как среднее значение нормального распределения;

- Расчётные геомеханические модели по оценке диаметров провалов на земной поверхности или в основании сооружений должны учитывать закономерности формирования провалообразования на различных глубинах (деформации кровли карстовой полости, сводообразование в покровных грунтах, суффозия водонасыщенных песчаных грунтов, формирование промежуточных полостей, разрыхление грунтов при их обрушении и т.д.).

6.12. С учётом вышеназванных и других данных, полученных в результате изысканий, оценивается вероятность (риск) поражения карстовыми провалами

сооружений за расчётный срок или удельный риск поражения провалами 1 га рассматриваемой площади за срок 100 лет (P_r), определяемая в соответствии с п.6.28.

6.13. Опасность, обусловленная локальными оседаниями (подтип B_2), характеризуется следующими особенностями:

- формирование локальных оседаний на земной поверхности (в основании сооружений) может происходить постепенно в течение от нескольких дней до нескольких месяцев;

- конечные диаметры локальных оседаний на земной поверхности составляют, как правило, несколько десятков метров при относительно небольшой глубине (до 1-2 м);

- в зоне локальных оседаний существуют значительные горизонтальные сдвижения грунтов;

- краевая зона локального оседания характеризуется пониженной несущей способностью грунтов и повышенной водопроницаемостью.

Оценку опасности локальных оседаний для большинства сооружений, как правило, следует проводить совместно с оценкой провальной опасности.

6.14. Опасность, обусловленная наличием на участке расположения сооружения старой карстовой воронки (подтип B_3), характеризуется следующими особенностями:

- В пределах воронки и в зоне вблизи неё существует высокая вероятность образования нового провала, локального оседания или карстовой просадки. При техногенных воздействиях (динамические и статические нагрузки, утечки воды из коммуникаций и т.п.) вероятность такого рода событий без проведения специальных геотехнических мероприятий близка к единице.

- Зона в непосредственной близости от воронки характеризуется пониженной несущей способностью грунтов и повышенной водопроницаемостью.

При статистической обработке сведений о провалах на рассматриваемой территории данные по такого рода деформациям должны учитываться отдельно.

6.15. Опасность, обусловленную возможностью образования неравномерных осадок на закарстованных территориях (подтип B_4), следует принимать во внимание, как правило, в условиях:

- открытого карста, при наличии на поверхности заполненных коррозионных воронок и трещиноватых зон;

- покрытого неглубокого карста, при наличии на поверхности карстующихся пород переуглублений, вертикальных каналов, слоёв доломитовой муки и других карстовых аномалий;

- покрытого глубокого карста, при наличии в сжимаемой толще грунтов погребённых карстовых воронок, разуплотнённых зон и других карстовых (карстово-суффозионных) проявлений.

6.16. Опасность, обусловленная общими оседаниями (подтип B_5), характеризуется следующими особенностями:

- формирование мульды оседаний на земной поверхности продолжается в течение длительного времени (годы - десятки лет);

- скорость оседания в разных частях мульды неравномерна и может составлять от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в год с возможными периодами оживления и затухания;

- формы мульд оседания в плане могут иметь самые разнообразные очертания, а их размеры достигать несколько сотен метров;

- в краевых частях мульды оседания формируются, как правило, зоны разуплотнённых с поверхности грунтов, благодаря которым облегчается инфильтрация атмосферных, поверхностных и техногенных вод в грунт, что увеличивает вероятность образования в этих местах провалов или локальных оседаний;

- в зоне оседаний помимо вертикальных деформаций имеются и горизонтальные.

6.17. При проектировании сооружений на территориях, где возможны карстовые оседания, целесообразно применять методы определения взаимодействия сооружения с деформирующимся основанием, используемые на подрабатываемых территориях, но с учётом закономерностей формирования карстовых оседаний, прогнозов их скорости и продолжительности.

6.18. Опасность, обусловленная карстовыми (карстово-суффозионными) просадками грунтов (подтип B_6), характеризуется следующими особенностями:

- карстовые просадки, как и провалы, образуются практически мгновенно;

- размеры просадок в плане составляют, как правило, не более 1-2 м, а глубина не более 0,3 м;

- карстовые просадки в основании сооружений, чаще всего, формируются при длительном замачивании грунта, а также под действием динамических и статистических нагрузок от сооружений;

- карстовые просадки, как правило, не вызывают существенных повреждений большинства сооружений, но могут представлять определённую опасность для каркасных зданий с отдельно стоящими фундаментами, опор мостов, эстакад и т.п.;

- в ряде случаев карстовые просадки могут предшествовать образованию провалов;

- количественная (статистическая) оценка параметров карстовых просадок затруднена и (в большинстве случаев) нецелесообразна, поэтому с практической точки зрения при проектировании сооружений достаточно установить лишь сам факт возможности образования карстовых просадок на рассматриваемой территории;

- при изысканиях, строительстве и эксплуатации сооружений чрезвычайно важно строго фиксировать точное место и, по возможности, время образования этих деформаций, которые могут служить серьёзным симптомом образования в будущем карстовых провалов и локальных оседаний.

6.19. Опасность наличия коррозионных воронок, трещин и других карстопроявлений на поверхности карстующихся пород (подтип B_7) в условиях открытого карста для большинства сооружений, как правило, незначительна. Однако следует иметь в виду, что эти карстопроявления являются местом повышенной инфильтрации поверхностных, атмосферных и техногенных вод непосредственно в толщу карстующихся пород, что способствует активизации карстовых процессов и загрязнению трещинно-карстовых вод.

6.20. Размещение вновь проектируемых сооружений непосредственно над существующими поверхностными карстопроявлениями, как правило, не допускается. При размещении сооружений в непосредственной близости от воронок следует учитывать рекомендации, приведённые в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Уровень ответственности проектируемых зданий и сооружений согласно		Расстояние до карстовых воронок, при котором расположение проектируемых строительных объектов:	
Градостроительному кодексу РФ и Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений	СТО 36554501-014-2008 «Надёжность строительных конструкций и оснований»	не допускается	допускается при условии детальной оценки карстовой опасности и определения особых условий строительства и эксплуатации**)
Повышенный*)	Особо высокий	40 м	40-80 м
Повышенный	Повышенный	20 м	20-40 м
Нормальный		10 м	10-20 м
Пониженный		-	до 10 м

Примечания:

При расположении сооружений на территориях с категорией устойчивости по средним диаметрам провалов В и Г по СП 11-105-97, ч.II (классы a,b,c,d карстово-провальной опасности) решение о строительстве принимается при соответствующем инженерно-геологическом и проектном обосновании.

Приведенные в таблице расстояния от карстовых воронок приняты с учетом инженерной практики строительного освоения закарстованных территории Нижегородской области.

*) *Относится к особо опасным объектам.*

**) *Эти работы должны выполняться при научно-техническом сопровождении организациями, специализирующимися в области инженерного карстоведения.*

6.21. Карстоопасность типа С следует подразделять на 1) карстоопасность, связанную с возможным повышенным водопритоком трещинно-карстовых вод в подземные сооружения при их строительстве и эксплуатации (подтип C_1); 2) карстоопасность, связанную с повышенной вероятностью деформаций оснований и фундаментов при наличии карстопроявлений в карстующейся толще в основаниях сооружений и возможными осложнениями при устройстве фундаментов глубокого заложения (карстоопасность подтипа C_2); 3) карстоопасность, связанную с наличием в покровных отложениях локальных карстовых аномалий в сжимаемой толще основания сооружения (карстоопасность подтипа C_3).

6.22. При оценке карстоопасности основанием сооружений следует считать толщу грунтов, глубина которой не менее глубины сжимаемой толщи и глубины расположения подземных карстопроявлений (полостей, разрушенных и разуплотнённых зон, погребённых карстовых воронок и т.д.).

6.23. Подземные карстопроявления, расположенные в сжимаемой толще основания, следует считать опасными для сооружений. При этом необходимо оценить (с учётом нагрузок от сооружений) вид возможных деформаций и их размеры.

6.24. Оценка опасности подземных карстопроявлений, которые были обнаружены в результате изысканий, должна проводиться с учётом их потенциального развития за расчётный срок службы сооружения.

Дифференциация закарстованных территорий по карстово-провальной опасности

6.25. В настоящее время существует несколько способов дифференциации территорий и участков строительства по карстово-провальной опасности.

6.26. Применительно к условиям Нижегородской области в таблице 6.2 показаны два варианта дифференциации (классифицирования) провальных территорий по удельной интенсивности провалообразования и среднему диаметру карстовых провальных воронок.

Таблица 6.2

Прогнозируемый критерий карстовой опасности	Вариант 1 дифференциации территорий **по категориям устойчивости (карстоопасности) по интенсивности провалообразования** (согласно СП 11-105-97, ч. II)		Вариант 2 дифференциации территорий **по классам карстово-провальной опасности**	
	Индекс категории	Значения	Индекс классов	Значения
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Удельная интенсивность провалообразования **λ** [число провалов на 1 км^2 в год (гр. 3) или на 1 га за срок 100 лет (гр.5)]	**VI**	0	**1**	0
	V	<0,01	**2**	<0,001
			3	0,001-0,003
			4	0,003-0,01
	IV	0,01-0,05	**5**	0,01-0,05
	III	0,05-0,1	**6**	0,05-0,1
	II	0,1-1,0	**7**	0,1-0,3
			8	0,3-1,0
	I	>1,0	**9**	1-3
			10	>3
Прогнозируемый средний диаметр (**d**) карстовой провальной воронки, м	**Г**	<3	**a**	<1
			b	1-3
	В	3-10	**c**	3-5
			d	5-10
	Б	10-20	**e**	10-15
			f	15-20
	А	>20	**g**	20-40
			h	> 40

6.27. Пояснения к таблице 6.2.

1. Дифференциация закарстованных территорий по устойчивости по первому варианту (6 категорий по удельной интенсивности провалообразования на 1 км^2 в год и 4 категории по среднему диаметру карстовых провалов) содержится в действующем Своде правил СП 11-105-97, ч. II. Такой способ широко используется в проектно-изыскательской практике более 40 лет. Это позволило в определённой мере приблизить инженерные изыскания к проектной практике. Однако выявлен и ряд недостатков, о которых неоднократно указывалось в научно-технической литературе. В настоящее время этот вариант не в полной мере соответствует требованиям Градостроительного кодекса РФ и Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений».

2. Дифференциация территорий и принцип нумерации классов (категорий) по карстово-провальной опасности по второму варианту (10 классов по интенсивности провалообразования и 8 классов по среднему диаметру повалов) соответствуют разрабатываемому проекту Свода правил «Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий». Этот способ в наибольшей степени отвечает требованиям Градостроительного кодекса и Технического Регламента «О безопасности зданий и сооружений», особенно в части обеспечения необходимости и достаточности исходных

данных инженерных изысканий для целей строительного проектирования и определения риска.

При применении данного способа дифференциации потребуется использование современных научно-обоснованных методик прогнозирования карстовых деформаций. Отнесение той или иной территории (участка строительства) к конкретному классу карстовой опасности должно проводиться при максимально возможном учёте данных инженерно-геологических изысканий, а также сведений о предполагаемых техногенных воздействиях на геологическую среду. Это ограничит возможность субъективного назначения категорий карстоопасности, что позволит повысить безопасность строительных объектов и экономичность проектных решений.

3. В настоящем документе в переходный период (до вступления в действие соответствующих стандартов) допускается применять оба варианта дифференциации территорий по карстово-провальной опасности. При необходимости целесообразно сопоставлять «категории устойчивости» и «классы карстоопасности» (см. табл. 6.2). Это важно с практической точки зрения, так как большинство ранее созданных карт и отчётов по оценке карстоопасности выполнено в соответствии с требованиями СП 11-105-97, ч.II (вариант 1 дифференциации территорий).

Карстовый риск

6.28. Риск поражения участка строительства карстовыми деформациями должен оцениваться применительно к различным типам карстовой опасности как для отдельных строительных объектов в целом, так и для единицы площади рассматриваемой территории в единицу времени (удельный карстовый риск P_r). Как правило, при строительном освоении закарстованных территорий за единицу площади целесообразно принять 1 га (соизмеримый с площадью строительных участков), а за единицу времени - 100 лет (срок, соизмеримый с расчётным сроком большинства сооружений). Значения P_r могут определяться в зависимости от конкретных ситуаций по различным методикам. Некоторые из этих методик опубликованы в научно-технической литературе. В частном случае, вероятность (риск) поражения участка площадью 1 га за срок 100 лет определяется по формуле:

$$P_r = 1\text{-}exp\ (-\lambda_d),$$

где λ_d - расчётное значение показателя интенсивности провалообразования, определяемое с учётом среднего и максимального значений диаметров провалов и предполагаемых техногенных воздействий. Оно учитывает вероятность поражения провалами выбранной единицы площади (гектар), в том числе при расположении центров

провалов за пределами этой площади. Значения λ_d и P_r, как правило, должны оцениваться специализированными научно-исследовательскими организациями.

6.29. Вероятные ущербы экономического, социального и экологического характера при различных воздействиях карстовых деформаций на сооружения следует определять специальными расчётами или методами экспертных оценок (см. примечание 7 к таблице 6.3).

6.30. В зависимости от характера и количественных характеристик вероятных ущербов экспертно должны назначаться допустимые значения рисков (R_n), которые приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Допустимые удельные карстовые риски R_n (на 1 га территории за срок 100 лет)

Типы социального ущерба	Типы экономического ущерба								
	I			**II**			**III**		
	Типы экологического ущерба								
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
a	0,1	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,001
b	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,001	0,005	0,001	0,0005
c	0,01	0,005	0,001	0,005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,0001

Примечания:

1. Таблица составлена с учётом Декларации о предельно допустимых рисках, разработанной в 2007 г. под эгидой Общероссийской общественной организации «Российское научное общество анализа риска» и при консультации со специалистами этой организации, НИИОСП, Института геоэкологии РАН и др.

2.Конкретные значения допустимого уровня риска для отдельных сооружений устанавливаются застройщиком и проектной организацией.

3.Для ранее построенных объектов значения R_n увеличиваются на порядок, для реконструированных объектов на полпорядка.

4. Для объектов, представляющих особую значимость (политико-административные центры, крупные музеи, храмы и т.п.), значения R_n уменьшаются на порядок.

5. Значения R_n могут корректироваться в зависимости от конкретной хозяйственной обстановки.

6. Указанные в таблице значения R_n при расчетном сроке 100 лет уменьшаются на два порядка при расчётном сроке нормирования 1 год.

7. В таблице 6.,3 принята следующая условная классификация ущербов:

Экономический ущерб (в ценах 2005 г.)

I) малый (< 10 млн. руб.); II) средний (10-100 млн. руб.); III) большой (100 млн. -1 млрд. руб.).

Экологический ущерб

1) загрязнение окружающей среды практически невозможно; 2) возможно локальное загрязнение окружающей среды; 3) возможно загрязнение окружающей среды на больших площадях.

Социальный ущерб

a) гибель людей практически невозможна; b) возможна гибель одного или нескольких людей (до 10 чел.); c) возможна гибель большой группы людей (10-100 чел.).

8. Для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов возможные ущербы и соответствующие им значения R_n определяются отдельно по конкретным объектам.

6.31. Для сравнения значений карстовых рисков (P_r) со значениями (R_n) целесообразно оценивать относительный уровень карстового риска, определяемый как $LR = P_r / R_n$. Этот параметр является основой для принятия решений о строительном освоении закарстованной территории, проведении противокарстовых мероприятий капитального и эксплуатационного характера, а также для оценки эффективности мероприятий по снижению уровня карстового риска. Пример планирования комплекса экономически оправданных мероприятий по снижению риска в зависимости от относительного уровня карстового риска LR для территорий с Дзержинско-Нижегородским типом геологического разреза приводится в таблице 6.4

Таблица 6.4

LR	Вид наиболее эффективного или экономически оправданного противокарстового мероприятия для снижения уровня карстового риска	Комплекс мероприятий, адекватных уровню карстового риска
< 0,1	Не проводятся	
0,1-0,3	**(A)** Недопущение значительных техногенных воздействий на геологическую среду	**A**
0,3-1	**(B)** Отказ от отдельно стоящих фундаментов в каркасных зданиях	**A+B**
1-3	**(C)** Конструктивная противокарстовая защита фундаментов	**A+B+C**
3-10	**(D)** Регулярный контроль за состоянием конструкций и оснований	**A+B+C+D**
10-30	**(E)** Повышение жёсткости верхнего строения	**A+B+C+D+E**
30-100	**(F)** Специальные сигнальные устройства	**A+B+C+D+E+F**
100-300	**(G)** Закрепление карстующихся пород	**A+B+C+D+E+F+G**
> 300	Строительство не рекомендуется	

6.32. Противокарстовые мероприятия снижают относительный уровень карстового риска. После выполнения противокарстовых мероприятий необходимо оценивать «остаточный уровень карстового риска» и при необходимости назначить дополнительные меры защиты.

7. ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Основные виды и условия применения противокарстовых мероприятий

7.1. Противокарстовые мероприятия (ПКМ) должны обеспечить:

а) предотвращение недопустимого загрязнения геологической среды (при карстоопасности типа А);

б) должную безопасность людей и предотвращение катастрофических разрушений зданий и сооружений (при карстоопасности типов В и С);

в) рентабельность строительства и эксплуатации сооружений с учётом возможного экономического ущерба от карстовых деформаций, расходов на дополнительные специальные изыскания, включая карстомониторинг, противокарстовую защиту, особые условия эксплуатации сооружений и страхования с учётом карстовых рисков.

Требования (а) и (б) следует считать *необходимым* условием, а требование (в) – *достаточным* условием проектирования и организации проведения противокарстовых мероприятий.

7.2. Противокарстовые мероприятия разнообразны и должны выполняться до начала строительства (А), в ходе строительства (Б) и (или) в период эксплуатации сооружения (В), как правило, в комплексе по следующим направлениям и типам мероприятий:

- изменение в нужном направлении естественного хода карстовых процессов с использованием защитных мероприятий гидрогеологического (ГГ) и геотехнического (ГТ) типов (табл. 7.1);

- защита сооружений без воздействия на карстовый процесс с использованием мероприятий архитектурно-планировочного (АП), конструктивного (К), контрольно-мониторингового (КМ) характера (табл. 7.2);

- уменьшение негативного влияния хозяйственной деятельности на карстовый процесс с использованием мероприятий организационно-технического (ОТ), гидрогеологического (ГГ) и геотехнического (ГТ) характера (табл. 7.3);

- уменьшение последствий аварий сооружений с использованием мероприятий преимущественно организационно-технического типа (ОТ) (табл. 7.4).

Как правило, принципы и типы противокарстовых мероприятий должны намечаться по результатам инженерных изысканий уже на ранних стадиях их проведения.

7.3. В зависимости от технических способов реализации того или иного направления и типа противокарстовых мероприятий следует рассмотреть варианты различных видов противокарстовой защиты, наиболее приемлемых с точки зрения инженерно-геологической и технико-экономической эффективности.

Таблица 7.1

Противокарстовые мероприятия
по изменению в нужном направлении естественного хода карстовых процессов

Тип ПКМ	Вид ПКМ	Основные условия применения	Период применения
ГГ, ГТ	Фильтрационная завеса в карстующихся породах	Небольшая глубина залегания сульфатных карстующихся пород	А
ГГ, ГТ	Дренажи в карстующейся толще	То же	А
ГГ	Регулирование поверхностного стока	При любых инженерно-геологических условиях	А,Б,В
ГТ	Создание водонепроницаемых покрытий	При наличии карстово-суффозионных процессов. При застройке участка с карстовыми формами.	А,Б,В
ГТ	Превентивное обрушение кровли опасных полостей трамбованием с последующей ликвидацией образовавшихся карстовых воронок	Карбонатный и сульфатный карст. Неглубокое расположение полостей.	А,Б
ГТ	То же с использованием целенаправленных взрывов	То же, но при отсутствии на территории условий для развития карстово-суффозионных процессов, а также при отсутствии на соседних участках других карстовых полостей	А
ГТ	Заполнение опасных полостей тампонажными или несвязными инертными материалами	Карбонатный и сульфатный карст. Необходим предварительный прогноз степени опасности обнаруженных полостей и возможной активизации карста на соседних участках.	А,Б,В
ГТ	Закрепление трещиноватых и ослабленных зон в карстующейся толще	При возможности карстово-суффозионных процессов	А,Б,В
ГТ	То же в покровной толще	При расположении ослабленных зон в сжимаемой толще основания	А,Б,В
ГТ КМ	Укладка высокопрочных геосинтетических материалов в основании сооружений с оптическими волокнами в качестве сигнальных устройств	При возможности образования карстовых просадок и провалов с первоначальными диаметрами до 6 м	А,Б
ГТ	Засыпка старых карстовых воронок глинистым грунтом с укладкой водонепроницаемых геосинтетических материалов	При наличии на участке строительства карстовых воронок	А,Б,В
ГГ, ГТ	Создание противофильтрационного экрана на границе покровных и карстующихся пород	При карстово-суффозионнных процессах и неглубоком залегании карстующихся пород	А,Б
ГТ,К	Устройство демпфирующих канав по периметру зданий в зонах оседаний	На территориях развития оседаний	А,Б

Таблица 7.2

Противокарстовые мероприятия без воздействия на карстовые процессы

Тип ПКМ	Вид ПКМ	Основные условия применения	Период применения
1	2	3	4
АП	Расположение сооружений на наименее опасных участках	При возможности выбора участка для строительства	А
АП	Недопустимость расположения сооружений над опасными подземными и поверхностными карстопроявлениями и вблизи них (см. табл. 6.1)	Во всех случаях	А
АП	Регулирование плотности и этажности застройки	При дифференциации территории застройки по карстовой опасности и риску	А
АП	Пересечение карстоопасных участков трассами линейных сооружений по кратчайшему направлению	То же	А
АП	Назначение рациональной формы и размеров сооружений в плане	При наличии и возможности на участке общих оседаний	А
АП	Ограничение размещения сооружений башенного типа	При прогнозе средних диаметров провалов более 10 м	А
К	Применение рациональных конструктивных схем сооружений (жёсткой, податливой)	При провалах и локальных оседаниях - жёсткая схема; при общих оседаниях - податливая схема	Б, В
К	Резервные опоры трубопроводов и мостовых сооружений	При провалах и локальных оседаниях	Б
К,ГТ	Сваи-стойки (глубокие опоры) с проходкой карстующейся толщи	При неглубоком залегании закарстованных пород	Б
К,ГТ	Недопустимость отдельно стоящих фундаментов в каркасных зданиях и сооружениях*	При возможности образования провалов, локальных оседаний и карстовых просадок	Б, В
К	Кусты висячих свай с обязательным резервом их числа с устройством монолитного ростверка, обеспечивающего выпадение свай при провале (с учётом расчётной площади ослабления)	То же	Б, В
К	Монолитные или сборно-монолитные железобетонные фундаменты с консолями (ленты, перекрёстные ленты, плиты) с учётом расчётного пролёта провала или площади ослабления по подошве фундамента	То же	Б, В
К	Усиление существующих фундаментов армированными обоймами, рубашками и т.п.	То же	В
К	Применение специальных фундаментов (с горизонтальными связями, подпругами и др.)	То же	Б

1	2	3	4
К	Ввод дополнительных связей в каркасных конструкциях	То же + неравномерные осадки оснований сооружений	В
К	Устройство армированных поясов, тяжей и т.п.	То же + зоны растяжений мульд оседаний	В
К	Поддомкрачивание с целью выправки конструкций	Карстовые просадки, осадки, общие оседания	В
КМ, ГГ	Создание сети наблюдательных гидрогеологических скважин	Сульфатный карст. Карстово-суффозионные процессы. Наличие полости.	В
КМ, ГТ	Устройство глубинных реперов в покровной толще	Покрытый карст	Б,В
КМ, ГТ	Устройство оповестительно - аварийной сигнализации в основании сооружений точечного, линейного и площадного типа	То же	В
КМ	Инструментальный и визуальный контроль за деформациями земной поверхности на участке	Во всех случаях	В
КМ, К	Визуальный и автоматический контроль за деформациями конструкций	То же	В
КМ	Специальное обследование строительных котлованов	При наличии погребённых карстовых воронок, просадок, разуплотнённых зон	Б

** Устройство отдельно стоящих и сборных ленточных фундаментов для сооружений нормального и пониженного уровня ответственности возможно при соответствующем инженерно-геологическом и проектном обосновании, как правило, лишь на слабозакарстованных территориях (см. табл. 6.4).*

Таблица 7.3

Противокарстовые мероприятия по уменьшению негативного влияния хозяйственной деятельности на карстовый процесс

Тип ПКМ	Вид ПКМ	Основные условия применения	Период применения
ОТ, ГГ	Ограничение объёмов откачек подземных вод	Во всех случаях	А,Б, В
ОТ, ГГ	Предотвращение существенного подтопления территории	То же, особенно при карстово-суффозионных процессах	А,Б, В
ОТ	Предотвращение отвода ливневых и производственных вод в карстовые воронки	Во всех случаях	А,Б, В
ОТ	Предотвращение устройства свалок в карстовых воронках	Во всех случаях	А,Б,В
ОТ, ГГ	Регулирование откачек трещинно-карстовых вод	При карстово-суффозионных процессах	В
ОТ	Ограничение вибродинамических воздействий на грунтовую толщу	То же	Б,В

Таблица 7.4

Мероприятия по уменьшению последствий аварий сооружений

Тип ПКМ	Вид ПКМ	Период применения
ОТ	Предварительное составление специальных карстологических паспортов с планом ликвидации аварий	В
ОТ	Создание аварийного запаса материалов и инструмента	В
ОТ, ГГ	Аварийная откачка загрязненных подземных вод на полигонах хранения отходов при образовании провалов с засыпкой провальной впадины глинистым грунтом или бетоном	В
ОТ	Проведение регулярного инструктажа и деловых игр для обучения и тренировки персонала по действию в аварийных ситуациях	В
ОТ	Страхование объекта от карстовых рисков	А,Б,В

7.4. Как правило, виды противокарстовых мероприятий должны назначаться по результатам инженерных изысканий непосредственно на участке расположения сооружений.

7.5. При выборе видов противокарстовой защиты необходимо учитывать:

- уровень ответственности, расчётный срок службы и конструктивные особенности сооружения, характер техногенных воздействий на геологическую среду, глубину сжимаемой толщи основания, нагрузки, технологический режим, условия строительства и возможной реконструкции, ремонта, эксплуатации и т.д.;

- типы карста и виды возможных карстопроявлений, а также их параметры, механизм карстовых деформаций с учётом влияния на него возможных техногенных воздействий и т.д.;

-уровень карстового риска, характер влияния строительства и эксплуатации сооружения на соседние территории, условия страхования сооружения и т.д.;

-опыт практической реализации различных видов противокарстовой защиты.

7.6. Перечень противокарстовых мероприятий, приведённый в таблицах 7.1-7.4 (основанный на обобщении отечественного и зарубежного опыта), при проектировании и эксплуатации объекта должен корректироваться с учётом конкретных природных, экономических, экологических и производственных условий, типов сооружений, их конструктивных особенностей и др.

Характерные особенности проектирования некоторых противокарстовых мероприятий

7.7. Архитектурно-планировочные противокарстовые мероприятия являются обязательными и первоочередными, поскольку по сравнению с другими мероприятиями позволяют предотвратить или существенно уменьшить возможный ущерб и соответственно риск от негативного влияния карста при минимуме затрат.

7.8. Архитектурно-планировочные противокарстовые мероприятия в городах и населённых пунктах, в промышленных зонах должны быть направлены на обеспечение планировочными приёмами обхода карстоопасных зон с максимальным градостроительным использованием менее карстоопасных участков. На таких участках, в первую очередь, следует размещать особо опасные, технически сложные и уникальные объекты, а также полигоны складирования отходов. Расположение сооружений в зоне поверхностных карстопроявлений без соответствующего инженерного обоснования, как правило, не допускается (см. табл. 6.1).

7.9. Гидрогеологические противокарстовые мероприятия должны быть направлены на снижение активизации карстовых и карстово-суффозионных процессов при техногенных изменениях гидрогеологических условий, а также на предотвращение недопустимого загрязнения подземных вод. К наиболее негативным техногенным воздействиям, влияющим на изменение гидрогеологических условий, следует отнести подтопление территорий (вследствие создания водохранилищ или существенного повышения уровня воды в них, утечек воды в грунт из коммуникаций), недопустимый режим откачки подземных вод на водозаборах, а также загрязнение трещинно-карстовых вод на промышленных площадках, полигонах хранения отходов, в местах расположения несанкционированных свалок и т.д.

Основной задачей мероприятий этого типа является снижение уровня названных техногенных воздействий до приемлемого уровня. Эти мероприятия должны контролироваться природоохранными и административными органами при обязательных консультациях с гидрогеологами и специалистами в области инженерного карстоведения.

7.10. Из геотехнических противокарстовых мероприятий особого внимания требуют следующие:

- заполнение (тампонаж) опасных карстовых полостей;
- закрепление сильнотрещиноватых зон в карстующихся породах;
- закрепление локальных зон разрыхления в покровной толще;
- тампонаж промежуточных полостей в покровной толще.

7.11. Тампонаж полостей при их обнаружении в карстующихся породах должен проводиться лишь после оценки степени их опасности. В период эксплуатации сооружений тампонаж выполняется в качестве мероприятия оперативного характера по обеспечению безопасности сооружений, не имеющих должной конструктивной противокарстовой защиты. При этом следует иметь в виду, что тампонаж полости водонепроницаемым материалом может привести к изменению гидрогеологической обстановки и, как следствие, к активизации карста на прилегающих участках. В связи с

этим проекты тампонажа карстовых полостей должны сопровождаться решением следующих вопросов:

1) прогноз изменения активности карстовых (карстово-суффозионных) процессов на прилегающих участках;

2) разработка противокарстовых мероприятий на этих участках (при необходимости);

3) оценка степени опасности полостей, намечаемых к тампонажу, при этом следует считать, что полости, независимо от их размеров, расположенные в сжимаемой толще основания, являются опасными.

Проекты тампонажа полостей, как правило, должны иметь научно-техническое сопровождение специализированными организациями и согласовываться в природоохранных органах. Проведение тампонажа и закрепление пород без проектной документации не допускается. Учитывая особый гидродинамический режим закарстованной толщи целесообразно через 5-6 лет после завершения тампонажных работ проверить их эффективность.

7.12. Закрепление сильнотрещиноватых зон в карстующихся породах должно проводиться при возможности развития карстово-суффозионных процессов или при расположении этих зон в сжимаемой толще основания. Проект должен сопровождаться решением вопросов (1), (2), указанных в п. 7.11.

7.13. Закрепление локальных зон разрыхления в покровной толще и тампонаж обнаруженных промежуточных полостей в сжимаемой толще основания должны осуществляться в оперативном порядке по обеспечению безопасности сооружений в силу того, что в этом случае подземные карстопроявления, как правило, достаточно быстро перемещаются к земной поверхности и основанию сооружений с формированием провалов или локальных оседаний.

7.14. Если на участке расположения сооружений обнаружено несколько подземных карстопроявлений, указанных в п. 7.10, то необходимо придерживаться следующей очередности выполнения работ по закреплению грунтов.

1.Закрепление грунтов в зоне обнаружения любых карстопроявлений, расположенных в сжимаемой толще основания.

2. Тампонаж промежуточных полостей, расположенных в покровной толще.

3. Закрепление зон разуплотнения грунтов покровной толщи.

4. Тампонаж опасных полостей в карстующейся толще (с учётом п. 7.11).

5. Закрепление сильнотрещиноватых зон и полостей в карстующихся породах (при возможности карстово-суффозионных процессов).

7.15. При проектировании большинства зданий и сооружений в условиях покрытого карста конструктивные противокарстовые мероприятия следует считать приоритетными. При этом конструктивная противокарстовая защита должна осуществляться, как правило, за счёт усиления фундаментов.

7.16. При проектировании конструктивной противокарстовой защиты и условий эксплуатации следует учитывать особенности различных поверхностных карстопроявлений и их взаимодействия с сооружениями (см.п.6.9-6.19).

7.17. Основным параметром проектирования конструктивной защиты сооружений от воздействия локальных поверхностных карстопроявлений (провалов, локальных оседаний) является расчётный пролёт (расчётная площадь ослабления) карстового провала. Под расчётным пролётом понимается прогнозируемое ослабление по подошве фундамента, которое может образоваться в результате карстовой деформации за расчётный срок эксплуатации сооружения с заданной вероятностью, определяемой с учётом допустимых карстовых рисков. Он определяется специальными расчётами, учитывающими характеристики как провальной опасности рассматриваемого участка, так и самого сооружения.

В соответствии п. 13.2 СНиП 2.02.01-83* и СП 50-101-2004 параметры проектирования фундаментов на воздействие карстовых провалов необходимо определять с учётом следующих исходных данных:

- размеров и очертаний фундаментов в плане;
- расчётного срока эксплуатации сооружения;
- допустимого риска повреждения карстовыми деформациями (см. п. 6.31 и табл.6.3);
- кривой распределения (гистограммы) диаметров карстовых воронок или средних и максимально возможных диаметров;
- прогнозируемой вероятности (риска) поражения сооружения карстовым провалом, определяемой, как правило, с использованием показателя интенсивности провалообразования и распределения диаметров карстовых воронок. При отсутствии этих данных допускается экспертная оценка этой вероятности с использованием инженерно-геологических аналогий.

Этим требованиям отвечает методика определения расчётного пролёта карстового провала, на который следует проектировать фундаменты.

Методика изложена в «Рекомендациях по проектированию фундаментов на закарстованных территориях» (М., НИИОСП, 1985), «Рекомендациях по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты» (М., ПНИИИС, 1987), а также в ряде научно-технических публикаций. Она апробирована

и усовершенствована на многочисленных строительных объектах Нижегородской области.

7.18. Проектирование фундамента с учётом расчётного пролёта провала гарантирует защиту сооружению от недопустимых повреждений с заданной вероятностью, равной или меньшей допустимого карстового риска.

7.19. При проектировании сооружений на воздействие локальных карстовых деформаций должна учитываться совместная работа подземных и надземных конструкций зданий и сооружений.

При проектировании зданий и сооружений следует применять следующие виды конструктивной противокарстовой защиты:

1) монолитные железобетонные фундаменты: ленточные, перекрестно-ленточные и плитные с устройством консольных удлинений за пределы сооружений;

2) сборные ленточные фундаменты с монолитными железобетонными поясами (допускаются при соответствующем обосновании);

3) свайные фундаменты с монолитными железобетонными ростверками:

– сваи-стойки, в том числе буронабивные, с обязательной проходкой закарстованного интервала пород с заглублением в монолитную породу не менее 2 м;

– фундаменты с резервным числом висячих свай и ростверком, обеспечивающим выпадение свай при провале;

4) комплексные свайно-плитные фундаменты;

5) увеличение пространственной жёсткости здания.

7.20. Проектирование сооружений на территориях, где возможны общие оседания, следует выполнять с использованием методик, принятых для проектирования сооружений на подрабатываемых территориях, но с учётом специфики карстовых оседаний, обусловленных механизмом их образования и продолжительностью.

7.21. Для сооружений башенного типа основной задачей является обеспечение общей устойчивости при образовании в их основании карстовых деформаций. Как правило, это должно достигаться за счёт резервной площади опирания, устройством консольных удлинений, выносных опор и т.п.

7.22. Конструктивная противокарстовая защита эксплуатируемых сооружений должна обеспечить предотвращение или сведение до минимума возможности катастрофических разрушений, экологических бедствий и гибели людей. Это должно достигаться, как правило, за счёт усиления фундаментов различными способами (закрепление бутовой кладки торкрет-бетоном, устройство железобетонных обойм,

дополнительных подушек из монолитного железобетона, железобетонных рубашек, переустройство столбчатых фундаментов в ленточные или плитные и т.д.).

При невозможности или явной экономической нецелесообразности укрепления оснований и существующих фундаментов допускается усиление надземной части здания и сооружения путём введения вертикальных крестовых связей для повышения пространственной жёсткости сооружения, устройства балок жёсткости, укрепления стен жёсткими поясами из прокатного металла, устройства горизонтального цокольного железобетонного пояса по периметру здания, усиления простенков металлическими обоймами и т.п.

7.23. Из противокарстовых мероприятий контрольно-мониторингового характера особое внимание следует обращать на устройство оповестительно-аварийной сигнализации в основании сооружений. Она должна реагировать лишь на явные признаки формирования провалов или локальных оседаний. Основным требованием к проектированию такой сигнализации является недопустимость ложных сигналов об образовании провала в основании сооружения.

7.24. Приоритетные противокарстовые мероприятия.

В условиях открытого и покрытого неглубокого карста:

- для промышленных и гражданских зданий и сооружений - геотехнические мероприятия в сочетании с конструктивными;

- для линейных сооружений - геотехнические мероприятия и контрольно-мониторинговые на стадии эксплуатации.

В условиях покрытого глубокого карста:

- для промышленных и гражданских зданий и сооружений - конструктивные мероприятия в сочетании (для наиболее ответственных объектов) с контрольно-мониторинговыми мероприятиями на стадии эксплуатации;

- для линейных сооружений - контрольно-мониторинговые мероприятия в сочетании с геотехническими и (или) конструктивными на отдельных наиболее карстоопасных участках трассы.

8. РЕГИОНАЛЬНЫЙ, МУНИЦИПАЛЬНЫЙ И ОБЪЕКТНЫЙ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

8.1. Необходимость проведения карстологического мониторинга (карстомониторинга) определяется саморазвивающимся характером карстового процесса и вероятностными закономерностями его проявлений. Это обстоятельство непосредственно или косвенно отражено в Федеральных законах Российской Федерации: Градостроительном кодексе РФ (статьи 1, 47, 48, 56), «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (статьи 10, 14), «Об охране окружающей среды» (статьи 1, 3, 34, 43, 51, 63, 65), «О недрах» (статья 23), «О безопасности зданий и сооружений» (статьи 15, 18, 36), а также в Постановлении Правительства Российской Федерации № 20 от 19.01.2006 г. Кроме того, требования о проведении мониторинга в сложных инженерно-геологических условиях содержатся в документах по строительству: СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства», СНиП 22-02-2003 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения», СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

8.2. Основной целью карстомониторинга является предотвращение или уменьшение негативных последствий карстового процесса при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий.

8.3. Задачами карстомониторинга являются комплексные наблюдения за деформациями в карстующихся отложениях, покровной грунтовой толще, на земной поверхности и конструкциях сооружений.

8.4. Под понятием «карстологический мониторинг» понимается выполнение следующих операций:

- режимные наблюдения за карстопроявлениями;
- создание банка данных на ЭВМ;
- оперативный прогноз карстовой опасности во времени и пространстве;
- разработка, в случае необходимости, рекомендаций по противокарстовым мероприятиям оперативного или краткосрочного характера.

8.5. Организация карстомониторинга необходима в пределах карстовых районов Нижегородской области (региональный мониторинг), городов и населенных пунктов (муниципальный мониторинг), зданий и сооружений повышенного уровня ответственности и других строительных объектов (объектный мониторинг), построенных на карстоопасных территориях без должной противокарстовой защиты, а также на

площадях с возможной активизацией карстового процесса в результате техногенных воздействий.

8.6. При проведении карстологического мониторинга требуется осуществление его взаимодействия с другими смежными специализированными видами мониторинга (гидрогеологическим, гидрологическим, экологическим, других экзогенных геологических процессов) для более рационального ведения работы и обмена информацией. В связи с этим при разработке программ наблюдений необходимо извещать о планируемых работах соответствующие природоохранные учреждения.

8.7. Региональный карстологический мониторинг на территории Нижегородской области выполняется по заданию Правительства Нижегородской области. Такой мониторинг должен проводиться, в первую очередь, в районах, где существует наибольшая карстовая опасность. Ниже, в приоритетном порядке, указан перечень этих районов: (1) Арзамасский, (2) Павловский, (3) Навашинский, (4) Первомайский, (5) Шатковский и др.

8.8. Карстологический мониторинг на территории муниципальных образований расположенных на закарстованных территориях организовывается по заказу органов местного самоуправления (приложение 7). Проведение карстологического мониторинга на карстоопасных территориях городов Дзержинск, Павлово, Арзамас, Саров, а также в Сормовском и Автозаводском районах г. Нижнего Новгорода является обязательным.

8.9. Карстомониторинг должен выполняться, как правило, специализированными организациями, хорошо знакомыми с карстовой обстановкой в Нижегородской области.

8.10. В состав наблюдений в рамках регионального и муниципального мониторинга входят:

а) маршрутные и площадные обследования территории для своевременного обнаружения деформаций земной поверхности и сооружений, выявления характера и интенсивности техногенных воздействий на геологическую среду;

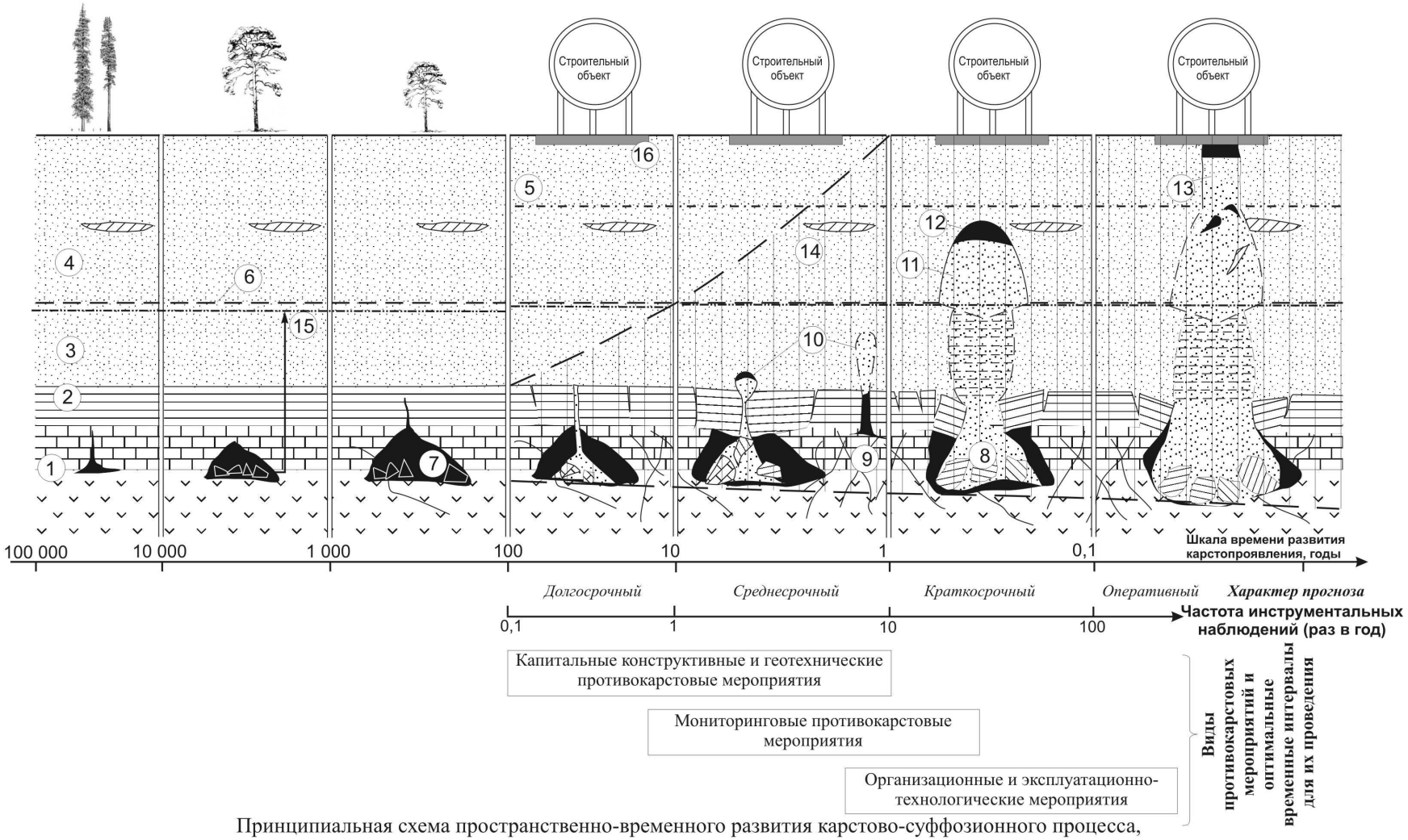
б) обследования деформаций земной поверхности и сооружения по сигналам с мест (от населения, жилищно-коммунальных служб, промышленных и транспортных предприятий) с последующим составлением актов обследования;

г) периодический анализ результатов аэрокосмосъёмки, в том числе в разных частях спектра, всей территории или отдельных участков для установления новых поверхностных карстопроявлений, фиксации локальных зон увлажнённости в верхней толщи отложений и проявлений неотектоники, выявления техногенных воздействий на геологическую среду.

8.11. При выявлении в процессе ведения мониторинга особо карстоопасных зон выбираются ключевые участки, на которых проводятся более детальные комплексные наблюдения. В состав наблюдений на таких участках, помимо указанных выше работ, включаются режимные геофизические измерения (микрогравиметрические, сейсморазведочные, электроразведочные и др.) с целью изучения динамики и состояния покровных отложений и карстующихся пород; геодезические наблюдения с использованием реперов, марок, маяков, датчиков, автоматических сигнальных устройств за деформациями сооружений, дневной поверхности и геологической среды; организация гидрогеологических режимных скважин. Виды, объём и частота наблюдений определяются на базе карстологической модели, разработанной применительно к конкретным условиям участка мониторинга (см. например, рис. 8.1).

8.12. Режимные гидрогеологические наблюдения включают в себя замеры уровня подземных вод и отбор проб воды для изучения химического состава. Частота наблюдений и способы химического анализа проб должны обеспечить выявление сезонных изменений в режиме подземных вод и их учёт в более продолжительном цикле, оценку характера и степени техногенного влияния, степени агрессивности вод по отношению к карстующимся породам. С наибольшей детальностью следует проводить изучение трещинно-карстового водоносного горизонта, а на участках активного развития карстово-суффозионных процессов – изменений соотношения уровней трещинно-карстовых и грунтовых вод. Схема размещения наблюдательной сети за режимом подземных вод должна быть достаточной для получения данных для построения карт (гидроизогипс и гидроизопьез водоносных горизонтов), оценки изменения химического состава подземных вод по площади и влияния его на карстовый процесс.

8.13. Наблюдательная сеть для проведения объектного карстологического мониторинга для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов закладывается, как правило, в процессе строительства (по проекту). Она должна учитывать конструктивные особенности сооружений, прогнозируемый характер и вероятность деформаций карстового происхождения в основаниях сооружений. Устройства и режим наблюдения за поведением сооружений (осадками, кренами и др.) должны быть изложены в карстологическом паспорте сооружения.



Принципиальная схема пространственно-временного развития карстово-суффозионного процесса, характерного для условий Дзержинско-Нижегородского карстового района

1 - карстующиеся породы; 2 - глинистые грунты; 3 - водонасыщенные песчаные грунты; 4 - неводонасыщенные песчаные грунты с линзами суглинка; 5 - сжимаемая толща основания сооружения; 6 - уровень грунтовых вод; 7 - карстовая полость, заполненная водой; 8 - заполнитель карстовой полости (материал обрушения и (или) суффозии; 9 - сильнотрещиноватоя зона; 10 - зоны разуплотнения и разжижения в водонасыщенных грунтах; 11 - зоны разрыхления грунтов; 12 - промежуточная полость в дисперсных грунтах; 13 - провал; 14 - область максимального изменения геологической среды, наиболее перспективная для отслеживания дистанционными методами карстологического мониторинга (вертикальная штриховка); 15 - пьезометрический уровень трещинно-карстовых вод; 16-противокарстовый фундамент . .

Рис. 8.1

8.14. Объектный карстомониторинг участков расположения зданий и сооружений нормального уровня ответственности должен проводиться в случаях:

- образования сверхнормативных деформаций в конструкциях и в основании сооружений;

- образования в непосредственной близости (на расстоянии менее 20 м) от строительного объекта карстовых деформаций;

- проектирования объекта с нарушением требований по инженерным изысканиям;

- строительства объекта с нарушением существующих нормативных требований по противокарстовой защите.

8.15. Обнаружение повторяющихся деформаций в конструкциях и в основании сооружения должно стать поводом для оценки состояния сооружения специально создаваемой комиссией, в состав которой включаются представители руководства предприятия, проектной и изыскательской организаций, участвовавших в разработке проекта, организации, ведущей карстологический мониторинг, и специализированных научно-исследовательских организаций.

8.16. Анализ получаемой в процессе наблюдений карстологической информации для оценки опасности карстового процесса выполняется, как правило, с использованием геоинформационных систем (ГИС). Для этого применительно к конкретным условиям и с учётом интересов смежных мониторингов создаётся информационно-диагностическая система. Она состоит из банка карстологических данных и пакета прикладных обрабатывающих программ.

8.17. К проведению объектного карстологического мониторинга должны привлекаться, кроме специализированных организаций, службы, осуществляющие эксплуатацию объекта. Объектный карстомониторинг должен включать следующие виды работ:

- геодезические измерения на местности и контроль за деформациями конструкций;

- инструментальные наблюдения за специальными датчиками и грунтовыми реперами;

- карстологическое обследование территории, проводимое в зоне вокруг объекта;

- комплекс геофизических исследований, позволяющий фиксировать динамику развития карстовых аномалий в толще горных пород;

- монтаж и эксплуатацию автоматических сигнальных устройств, позволяющих фиксировать деформации в основании сооружений и в конструкциях.

8.18. Частота и число точек наблюдений, порядок информирования руководства объекта о необходимости принятия мер по обеспечению безопасности и т.п. обосновываются в специальной программе.

9. ОСОБЕННОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И ЗАСТРОЙЩИКОВ В ДЕЛЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

9.1. Анализ аварий сооружений в карстовых районах показывает, что большинство из них произошло в силу недостаточного взаимодействия застройщиков, изыскателей и проектировщиков, а также нарушения в своей деятельности принципа устойчивого развития закарстованных территорий.

Ниже приведены некоторые положения, позволяющие существенно увеличить безопасность строительных объектов, которые следует выполнять на уровне взаимодействия между юридическими лицами при проведении организационных технических мероприятий в процессе проектно-изыскательских работ.

9.2. При выборе площадки для строительства закройщику следует предварительно ознакомиться с соответствующими схемами и картами закарстованности, чтобы понять в первом приближении возможные сложности проектно-изыскательских работ, обусловленные карстовой опасностью.

9.3. При выборе подрядных организаций по инженерным изысканиям и проектированию целесообразно отдавать предпочтение организациям, имеющим опыт проведения инженерных изысканий и проектирования сооружений в условиях карстовой опасности.

9.4. Работы по проведению изысканий и проектированию, несмотря на то, что в большинстве случаев они проводятся разными организациями, следует рассматривать как единый процесс. Текущие результаты изысканий (например, обнаружение поверхностных карстопроявлений, выявление подземных карстовых аномалий и т.п.) необходимо своевременно сообщать в проектную организацию с целью учёта их в оперативном порядке при проектировании. Проектные организации должны также своевременно сообщать изыскателям обо всех принципиальных изменениях в проектных решениях (расположение сооружений, конструктивные решения, техногенные воздействия на геологическую среду и т.д.).

Названный обмен информацией между проектными и изыскательскими организациями должен иметь официальный характер, т.к. эта информация тесно связана с безопасностью проектируемых объектов.

С этой же целью необходимо обсуждать ход изысканий и проектирования на совместных рабочих совещаниях с участием застройщика. Результаты совещаний должны оформляться протоколами.

9.5. Застройщики или представители административных органов не должны принципиально влиять на ход и результаты проектно-изыскательской деятельности, которые могут ухудшать безопасность сооружений. Это требование основывается на анализе причин аварий в карстовых районах (приложение 9).

10. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ДЛЯ ОСОБО ОПАСНЫХ, ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

10.1. Перечень названных объектов приведён в ст. 48^1 ГрК. При расположении их на закарстованных территориях специальные требования должны быть выполнены на всех стадиях жизненного цикла этих объектов. При проектировании, строительстве и эксплуатации указанные объекты обязательно должны обеспечиваться структурированной системой мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (ГОСТ Р 22.1.12-2005).

10.2. Заказчик в техническом задании на проведение инженерных изысканий и проектирование должен указать характер возможных последствий (ущербов) при аварийных ситуациях, расчётные сроки эксплуатации сооружений, а также предельно допустимые риски от возможных аварий.

10.3. Инженерные изыскания должны оценить все типы карстовой опасности (A, B, C, D). При этом, в большинстве случаев, в условиях глубокого заложения карстующихся пород (более 20 м) основным типом карстоопасности должна считаться карстоопасность типа B (подтипы B_1, B_2, B_3), а при глубине залегания карстующих пород (менее 20 м) карстовая опасность типа C.

10.4. На стадии выбора участков для расположения объектов на территориях карстоопасности подтипа B_1 следует иметь в виду, что по параметру λ - I- III категории устойчивости (6-10 классы карстово-провальной опасности) или по параметру d_{cp} - категории А, Б (классы e, f, g, h) эти территории характеризуются как весьма неблагоприятные. Можно предполагать, что на этих территориях риск поражения сооружений провалами будет значительным, а противокарстовые мероприятия по его снижению будут, как правило, весьма затратны, а в отдельных случаях явно экономически неоправданы.

10.5. Оценка карстовой опасности должна проводиться с учётом возможных техногенных воздействий. Для этого изыскательские и проектные организации должны совместно разработать и проанализировать возможные (в том числе маловероятные) сценарии влияния техногенных воздействий на геологическую среду.

10.6. Из рассмотрения для дальнейшего проектирования должны исключаться те участки, где в результате изысканий выявлены карстопроявления, которые при определенных техногенных воздействиях могут считаться опасными.

10.7. Осуществление противокарстовых мероприятий по обеспечению безопасности должно быть обязательным на протяжении всего жизненного цикла объекта

с учётом того, что карстовый процесс является саморазвивающимся. В связи с этим, уже на стадии проектирования должна быть предусмотрена система карстомониторинга с применением, при необходимости, стационарных сигнальных устройств.

10.8. Противокарстовые мероприятия должны иметь комплексный характер, включая как капитальные, так и эксплуатационные мероприятия.

10.9. Для предотвращения ошибок вследствие «человеческого фактора» необходимо предусмотреть дополнительные объёмы изысканий, а также научно-техническое сопровождение их специализированными организациями и, при необходимости, аудит независимыми экспертами.

10.10. Целесообразно заимствовать принцип МАГАТЭ в области проектирования АЭС в карстовых районах: «любые мероприятия, если они снижают риск до допустимого уровня, следует считать приемлемыми».

10.11. При эксплуатации сооружений должна быть разработана система «аварийной противокарстовой готовности», отражающая симптомы определённой вероятности опасности в результате карстовых проявлений.

10.12. При проведении работ нулевого цикла следует предусматривать специальное карстологическое обследование котлованов, в результате чего могут быть, при необходимости, пересмотрены проектные решения вплоть до отказа от расположения сооружения на данном участке.

10.13. Площадку, на которой потенциально существует сложная система карстовых полостей, оценку степени опасности которой реально осуществить весьма сложно, следует исключить из рассмотрения.

10.14. Если в результате изысканий обнаружится некоторая неопределённость в интерпретации возможных карстопроявлений, то для дальнейшего проектирования следует выбрать те из них, которые являются более опасными.

Примечание:

При разработке изложенных в данном разделе положений был использован отечественный и зарубежный опыт, в том числе требования Атомэнергонадзора и МАГАТЭ.

11. СТРАХОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЁТОМ КАРСТОВЫХ РИСКОВ

11.1. Страхование зданий и сооружений на карстовые риски наиболее целесообразно, если строительные объекты по какой-либо причине были построены без противокарстовой защиты, соответствующей современным требованиям.

11.2. При страховании строительных объектов с учётом карстовых рисков следует учитывать следующие факторы:

- степень изученности карста на участке расположения сооружения;
- период времени от момента проведения специальных изысканий по оценке карстоопасности до момента заключения договора о страховании;
- возможные виды карстовых деформаций;
- степень защищённости сооружения от карстовых деформаций различных видов;
- вероятности ущербов различных видов: (а) выхода из строя части земельного участка вблизи рассматриваемого сооружения, (б) повреждения сооружения, (в) разрушения сооружения при различных последствиях экономического, социального и экологического характера;
- уровни карстового риска и допустимые его значения;
- возможность и степень активизации карстового (карстово-суффозионного) процесса вследствие техногенных воздействий, в том числе на смежных территориях .

11.3. Здания и сооружения необходимо страховать с учётом тех карстовых рисков, которые обусловлены локальными карстовыми деформациями, имеющими вероятностную природу (провалы, локальные оседания).

11.4. Если строительный объект был сооружён без проведения изысканий для оценки карстовой опасности и риска, необходимо перед заключением договора о страховании провести целенаправленные инженерные исследования для оценки вероятности повреждения сооружения, хотя бы в минимальном объёме (экспресс-изыскания), и консультации со специалистами в области инженерного карстоведения.

11.5. В случае, если на участке расположения строительного объекта были проведены инженерно-строительные изыскания с оценкой карстовой опасности, то по материалам этих изысканий целесообразно оценить уровни карстовых рисков, обуславливающих повреждения земельного участка, строительных объектов или их разрушения.

Значения этих уровней карстовых рисков могут служить основой для заключения договора о страховании.

11.6. В договорах о страховании необходимо указать вид карстовых деформаций и характер возможных последствий от их образования на участке расположения страхуемого объекта.

Примечание:

Ввиду того, что в России отсутствует опыт страхования сооружений на карстовые риски, данный раздел подготовлен на основе анализа зарубежных публикаций (США, Германия, Великобритания).

Приложение 1 (справочное)

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ - выражение опасности карстопроявлений через вероятность образования карстовых деформаций за заданный срок (например, за срок службы сооружений) на данной территории (участке расположения сооружения), которые могут вызвать недопустимые деформации сооружений.

ДИАМЕТР КАРСТОВОГО ПРОВАЛА – усреднённый размер провальной воронки или локального оседания на земной поверхности с предельно устойчивыми склонами.

ЗАКАРСТОВАННЫЕ ПОРОДЫ - растворимые породы, в которых имеются расширенные растворением трещины, полости, каверны, разрушенные зоны и т.п.

ЗАКАРСТОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ - территории развития карста, отрицательно влияющего на хозяйственную деятельность.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ - математическое ожидание (среднее значение) частоты образования провалов на рассматриваемой территории, отнесенное на единицу площади этой территории (квадратный километр, гектар) и единицу времени (год, 100 лет).

КАРСТ представляет собой совокупность геологических, гидрогеологических и (или) техногенных процессов и явлений, обусловленных растворением скальных или полускальных горных пород, в результате которых происходят изменения структуры и состояния этих и вышележащих пород, образование каверн, полостей, трещиноватых зон и связанные с ними деформации оснований сооружений и земной поверхности (провалы, оседания и т.п.). Термин "КАРСТ" во множественном числе не употребляется.

КАРСТ ГЛУБОКИЙ – карстующиеся породы залегают глубже сжимаемой толщи основания (как правило, более 20 м от поверхности земли).

КАРСТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОГЕННЫЙ - карст, развивающийся под воздействием как естественных, так и техногенных факторов.

КАРСТ ЕСТЕСТВЕННЫЙ - карст, развивающийся при преобладающем воздействии естественных факторов.

КАРСТ КАРБОНАТНЫЙ - в известняках, доломитах, мелах, кластических породах с карбонатным цементом.

КАРСТ НЕГЛУБОКИЙ – карстующиеся породы залегают в пределах сжимаемой толщи основания (как правило, менее 20 м от земной поверхности).

КАРСТ ОТКРЫТЫЙ - растворимые породы выходят на поверхность или задернованы.

КАРСТ ПОКРЫТЫЙ - над карстующимися породами залегают нерастворимые породы.

КАРСТ СУЛЬФАТНЫЙ - в гипсах, ангидритах.

КАРСТ ТЕХНОГЕННЫЙ - карст, развивающийся при преобладающем воздействии техногенных факторов.

КАРСТ ХЛОРИДНЫЙ (СОЛЯНОЙ) - в каменной, калийной солях.

КАРСТОВАНИЕ - элемент карстового процесса, приуроченный непосредственно к толще растворимых пород и обозначающий собственно процесс растворения.

КАРСТОВАЯ ВОРОНКА - локальная карстовая форма на земной поверхности, приближающаяся в вертикальном сечении к усеченному конусу.

КАРСТОВАЯ ПОЛОСТЬ - свободное от горных пород пространство в карстующейся толще, образовавшееся вследствие растворения горных пород или сопутствующих ему процессов эрозии, обрушения, суффозии.

КАРСТОВАЯ ПРОВАЛЬНАЯ ВОРОНКА – форма провала, сформировавшаяся за счёт гравитационного обвала (оползания) его стенок, со склонами, близкими к устойчивым.

КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫЙ ПРОЦЕСС - карстовый процесс, осложненный процессами суффозии дисперсных грунтов, залегающих над карстующимися породами.

КАРСТОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ - карстопроявления, связанные со сдвижением толщи горных пород (грунтов) под действием гравитационных и (или) гидродинамических сил.

КАРСТОВЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ - деформации земной поверхности (основания сооружения), как правило, без разрыва сплошности с образованием мульды, имеющей радиус кривизны поверхности менее 1 км, связанные с плавным движением толщи грунтов над полостями или разуплотненными зонами, расположенными в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.

КАРСТОВЫЕ ОБЩИЕ ОСЕДАНИЯ – относительно медленные деформации земной поверхности (основания сооружения) без разрыва сплошности в виде мульды больших размеров с радиусом кривизны поверхности более 1 км, связанные, как правило, с интенсивным растворением поверхности карстующихся пород, суффозионным выносом частиц грунта в нижерасположенные полости и трещиноватые зоны, плавным сдвижением толщи грунтов над системой карстовых полостей.

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ – быстрые деформации земной поверхности (основания сооружения) с нарушением сплошности грунта, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.

КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ - карстопроявления, выраженные в пространстве в виде геометрических тел.

КАРСТООПАСНОСТЬ (КАРСТОВАЯ ОПАСНОСТЬ) - характер и степень воздействия карстопроявлений на геологическую среду, которые могут привести к разрушению сооружений, нарушению или затруднению их нормальной эксплуатации, а также к недопустимому загрязнению геологической среды, утечкам воды из водоёмов и др.

КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯ - аномалии в толще горных пород или деформации на поверхности земли, образовавшиеся под действием карстовых или карстово-суффозионных процессов.

КАТЕГОРИЯ (КЛАСС) КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ - характеристика карстоопасности, определяющая условия проведения изысканий, проектирования и эксплуатации сооружений на закарстованной территории и выражаемая определенными интервалами значений параметров карстопроявлений или качественными инженерно-геологическими характеристиками.

МАКСИМАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ПРОВАЛА - диаметр провалов с заданной степенью обеспеченности, обычно равной 0,998.

МЕХАНИЗМ КАРСТОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ - совокупность процессов сдвижения горных пород над подземными карстовыми формами, рассматриваемых последовательно во времени и пространстве.

МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ (ЗОНИРОВАНИЕ) ЗАКАРСТОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ - дифференцирование выделенных при районировании участков на зоны по ряду признаков, характеризующих степень и характер опасности карста для зданий и сооружений различных типов за расчетный срок их эксплуатации и непосредственно определяющих инженерные и планировочные решения в проектах и организационно-технические мероприятия при эксплуатации зданий и сооружений.

ПАРАМЕТРЫ КАРСТОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ - характеристики карстовых деформаций, используемые при оценке карстоопасности и проектировании противокарстовой защиты.

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР КАРСТОВОГО ПРОВАЛА - диаметр провальной формы в момент образования провала на земной поверхности.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ПОЛОСТЬ - свободное от горных пород пространство в перекрывающих карстующиеся породы отложениях, генетически связанное с закарстованными породами и развивающееся вследствие преимущественного проявления гравитационных и гидродинамических процессов.

ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ (ПРОТИВОКАРСТОВАЯ ЗАЩИТА) - специальные инженерные мероприятия планировочного, конструктивного, строительно-технологического, эксплуатационного, геотехнического, гидрогеологического характера, направленные на предотвращение повреждений сооружений вследствие образования карстовых деформаций или уменьшение вероятности таких повреждений.

РАЙОНИРОВАНИЕ ЗАКАРСТОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ - разделение территории застройки по инженерно-геологическим условиям развития карста и категориям (классам) карстоопасности.

РАСЧЕТНЫЙ ПРОЛЁТ КАРСТОВОГО ПРОВАЛА - параметр проектирования конструктивной противокарстовой защиты, характеризующий вероятное воздействие карстовых провалов на проектируемое сооружение и представляющий длину полной потери несущей способности основания сооружений под подошвой фундамента.

СРЕДНИЙ ДИАМЕТР ПРОВАЛА - математическое ожидание диаметров карстовых провалов для рассматриваемой территории.

СУФФОЗИЯ (СУФФОЗИОННЫЙ ПРОЦЕСС) – разрушение и вынос потоком подземных вод отдельных компонентов и крупных масс дисперсных и сцементированных обломочных пород, в том числе слагающих элементы скальных массивов.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ К ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ - потенциальная возможность изменения скорости растворения карстующихся пород, подземной эрозии и суффозии, механизма карстовых деформаций или (и) их параметров при различных техногенных воздействиях.

Приложение 2 (справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ, В КОТОРЫХ ОТРАЖЕНЫ ВОПРОСЫ ПО ИЗЫСКАНИЯМ, ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ*)

Законы Российской Федерации

О техническом регулировании.

Градостроительный Кодекс Российской Федерации.

Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений».

Об охране окружающей среды.

О недрах.

Об организации страхового дела в Российской Федерации.

ГОСТ

ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. 2005.

СНиП

СНиП 22.01-95. Геофизика опасных природных воздействий. 1996.

СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. 1997.

СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. 2003.

СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. 2004.

СП

СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. 1997.

СП 11-105-97, ч. I. Инженерно-геологические изыскания для строительства. 1998.

СП 11-105-97, ч. II. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. 2000.

СП 11-105-97, ч. III. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. 2000.

СП 11-105-97 ч. VI. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства геофизических исследований. 2004.

СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. 2003.

СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. 2004.

СП 42-103-2004. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. 2004.

СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. 2003.

СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. 2011.

Региональные законы

Закон Нижегородской области от 08.04.2008 № 37-З "Об основах регулирования градостроительной деятельности на территории Нижегородской области "

Ведомственные документы

Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах / ЦПИ — 22/1, МПС РФ, 1997.

Технологический регламент диагностики и режимных наблюдений объектов земляного полотна для постоянной эксплуатации. ОАО «РЖД», 2007.

п.4.1 СППНАЭ-87. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта площадки АС, 2000.

Нормы МАГАТЭ. № NSG-3.6. Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС. Руководство по безопасности, 2005.

НП-064-05. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учёт внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. 2005.

Методические документы

Рекомендации по лабораторному физическому моделированию карстовых процессов / ПНИИИС Госстроя СССР, М., Стройиздат, 1984.

Рекомендации по закреплению растворами закарстованных грунтов в основании гражданских и промышленных объектов / НИИОСП Госстроя СССР, М., 1985.

Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях / НИИОСП Госстроя СССР, М., 1985.

Рекомендации по изучению карста геофизическими методами / ПНИИИС Госстроя СССР, М., Стройиздат, 1986.

Методические рекомендации по проектированию бескаркасных жилых зданий в карстовых районах / НИИСК Госстроя СССР, Киев,1986.

Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты / ПНИИИС Госстроя СССР, М., Стройиздат, 1987.

Рекомендации по защите эксплуатируемых гражданских зданий в карстовых районах / НИИСК Госстроя СССР, Киев,1989.

Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста / ПНИИИС Минстроя России, М., 1995.

Примечании:

**) При актуализации указанных документов или разработке на их основе аналогов следует использовать введённые в действие новые документы.*

Приложение 3 (рекомендуемое)

ТРЕБОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ И НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ УЧИТЫВАТЬСЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ОСВОЕНИИ ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (по состоянию на 1 июля 2011 г.)

1. Общие положения

Вопросы хозяйственного освоения территорий с опасными геологическими процессами отражаются в ряде законов Российской Федерации. Однако основные положения в них излагаются лишь в самом общем виде. В связи с этим инженерам в своей практике весьма затруднительно использовать их непосредственно применительно к строительству на территориях с теми или иными опасными природными и природно-техногенными процессами. Поэтому возникает большое число недоразумений и разночтений в применении некоторых положений Федеральных законов. Ниже в краткой форме даётся интерпретация отдельных статей ряда Федеральных законов для инженерно-строительного освоения закарстованных территорий. Такая интерпретация сверена с требованиями действующих СНиП, СП и других нормативно-методических документов. Она уже апробирована на многих десятках строительных объектов, находящихся на закарстованных территориях Нижегородской области. Ниже, перед текстом интерпретации соответствующих статей Федеральных законов, для сокращения указываются лишь номера и наименование статей, а ключевые слова или фразы из них набраны курсивом.

2. Требования ФЗ «О техническом регулировании»

Статья 2. Основные понятия

- *Оценка соответствия.*

- *Подтверждение соответствия.*

По окончании изыскательских, проектных и (или) строительных работ в условиях карстовой опасности должно быть документальное удостоверение соответствия требованиям технических регламентов, положениям стандартов, СНиП, СП или условиям договоров, в части обеспечения безопасных условий эксплуатации сооружений на закарстованных территориях.

- *Риск.*

Под карстовым риском понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу, окружающей среде с учётом ущербов социального, экономического или экологического характера вследствие воздействия карстовых процессов.

Статья 7. Содержание и применение технических регламентов

- *Степень риска, допустимый риск.*

Под степенью (уровнем) карстового риска в настоящем документе понимается отношение риска негативного влияния карста на сооружения (строительную площадку) к допустимому значению риска для данного сооружения (строительной площадки). При невозможности количественно оценить степень допустимого карстового риска следует указывать на возможные негативные последствия карстопроявлений на рассматриваемой территории (строительной площадке) и основные факторы, от которых эти последствия зависят.

- *Специальные требования к проектированию (включая изыскания).*

Нормативные документы по проектированию (включая изыскания) в карстовых районах должны содержать специальные требования и термины, отсутствие которых может привести к снижению безопасности проектируемых, строящихся и эксплуатируемых объектов. Эти термины проводятся в настоящем документе.

Статья 11. Цели стандартизации

- *Повышение уровня безопасности объектов с учётом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, повышение уровня экологической безопасности.*

На закарстованных территориях всегда существует карстовый риск, обусловленный как природными, так и техногенными факторами. В определённой мере такой риск существует и после проведения противокарстовой защиты. Этот «остаточный риск» также требует оценки, которая должна проводиться, как правило, при научно-техническом сопровождении проектно-изыскательских работ специализированными организациями в области инженерного карстоведения.

- *Содействие соблюдению технических регламентов.*

Требования технического регламента «О безопасности зданий и сооружений», а также Градостроительного кодекса РФ (применительно к закарстованным территориям) должны быть интерпретированы в сводах правил и в региональных технических регламентах по строительству в карстовых районах.

- *Создание систем классификации.*

На закарстованных территориях должна быть разработана система достаточно дробных классификаций, способствующих объективной и рациональной оценке карстовой опасности и риска, позволяющая принимать обоснованные технико-экономические решения.

Статья 36. Ответственность за несоответствие продукции или связанных с требованиями к ней продукции процессов проектирования (включая изыскания), строительства,… требованиям технических регламентов

-За нарушение требований технических регламентов изготовитель (исполнитель,...) несёт ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации).

- В случае, если в результате несоответствия продукции требованиям технических регламентов, нарушений требований технических регламентов при осуществлении связанных с требованиями к продукции процессов проектирования (включая изыскания), …, строительства,... причинён вред жизни или здоровью граждан, имуществу, ... окружающей среде,… или возникла угроза такого вреда,… исполнитель обязан возместить причинённый вред и принять меры в целях недопущения причинения вреда другим лицам, их имуществу, окружающей среде в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Изложенные ситуации - достаточно распространённые явления при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий. В связи с этим заказчикам в договорах на выполнение проектно-изыскательских и строительных работ целесообразно отражать указанные требования статьи 36, конкретизированные в Техническом регламенте «О безопасности зданий и сооружений», и соответствующие им положения, изложенные в настоящем документе.

Статья 37. Информация о несоответствии продукции требованиям технических регламентов

-Исполнитель,…, которому стало известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции требованиям технических регламентов, обязан сообщить об этом в орган государственного контроля (надзора) в соответствии с его компетенцией в течение десяти дней с момента получения указанной информации.

-Лицо, которое не является исполнителем,... и которому стало известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции требованиям технических регламентов, вправе направить информацию о несоответствии продукции требованиям технических регламентов в орган государственного контроля (надзора).

Требования статьи 37 применительно к строительству конкретизируются в статьях 38-40 Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений».

3. Требования Градостроительного кодекса Российской Федерации (ГрК)

Статья 1. Основные понятия

- *Зоны планируемого размещения объектов капитального строительства.*

- *Зоны с особыми условиями использования территорий.*

Размещение объектов капитального строительства должно проводиться с учётом районирования территории по характеру и степени карстовой опасности, а также рекомендаций по инженерно-строительному освоению закарстованных территорий.

Категоричного запрета на инженерно-строительное освоение закарстованных относительно больших по площади территорий нет. Однако в ряде случаев необходимо существенное ограничение хозяйственной деятельности в части особых условий по размещению объектов (предприятий атомной и химической промышленности, полигонов захоронения промышленных отходов, подземных сооружений, гидротехнических сооружений и т. д.), а также по условиям строительства и эксплуатации.

- *Устойчивое развитие территорий.*

Для карстовых районов это означает соблюдение следующих принципов устойчивого развития («sustainable development of terrains» - дословно «поддерживаемого развития территории»):

(1) Недопустимо перекладывать на плечи будущих поколений сегодняшние проблемы обеспечения безопасности (с учётом того, что карст является саморазвивающимся и вероятностным процессом).

(2) Недопустимо усугублять положение с обеспечением безопасности (например, вследствие недопустимых техногенных воздействий, влияющих на активизацию карста).

(3) Недопустимо использование пресловутого принципа «авось», прежде всего для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов.

(4) При выполнении проектно-изыскательских работ, строительстве и эксплуатации сооружений повышенного уровня ответственности в условиях карстовой опасности должна быть сформирована особая культура безопасности, обязывающая своевременно принимать адекватные угрозе меры.

(5) При хозяйственном освоении закарстованных территорий следует учитывать различные аспекты (типы) карстовой опасности.

(6) Недопустимо необоснованное и категоричное непрофессиональное вмешательство властей и заказчиков в инженерные решения и вопросы оценки карстовой опасности.

Указанные принципы следует реализовывать на стадиях изысканий, в том числе специального (карстологического) мониторинга, проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов, в частности:

• необходимо прогнозировать параметры проектирования противокарстовой защиты с учётом размеров карстовых деформаций, расчётного срока службы сооружений, вероятностных (стохастических) закономерностей карстового процесса (принцип 1) и техногенных воздействий с учётом разработки сценариев их влияния на карстовый процесс (принцип 2);

• необходимо проведение регулярного карстологического мониторинга (принципы 3 и 4);

• противокарстовая защита должна быть комплексной и назначаться с учётом карстовых рисков и их предельно допустимых значений (принципы 1-6);

• при прогнозировании негативных последствий карста, определении карстовых рисков и назначении противокарстовых мероприятий должны учитываться различные аспекты (типы) карстовой опасности (см. раздел 6).

- *Градостроительное зонирование территорий.*

- *Территориальные зоны.*

- *Правила землепользования и застройки.*

При реализации этих требований должны учитываться специфика инженерно-строительного освоения конкретной закарстованной территории и отражаться следующая информация:

-тип карста;

-тип карстовой опасности;

-категории (классы) карстовой опасности по интенсивности поверхностных карстопроявлений и их размерам или вероятности поражения единицы площади территории за заданный срок;

-предельно нормативные (допустимые) значения карстового риска;

-другие параметры карстового процесса (в случае необходимости).

- *Градостроительный регламент.*

Должны быть отражены:

-требования к инженерным карстологическим изысканиям и специальному (карстологическому) мониторингу;

-ограничения (при необходимости) техногенных воздействий на геологическую среду;

-параметры проектирования противокарстовой защиты;

-специальные требования к технологии строительства и эксплуатации сооружений, обусловленные карстовой опасностью.

-*Инженерные изыскания.*

Наиболее важные виды инженерных изысканий, учитывающие специфику освоения закарстованных территорий, изложены в разделе 5.

Статья 14. Содержание документов территориального планирования субъектов РФ

- *Границы территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера.*

Необходимо периодически обновлять региональные карты и схемы карстоопасности мелкого масштаба (1:200 000 - 1:1 000 000). В перечень природных рисков должны быть включены риски, обусловленные различными типами карстовой опасности, оценённые, как правило, с помощью количественных показателей. Допускается составление карт интегрированной (качественной) оценки карстовой опасности по условиям строительства на закарстованных территориях и карстовым рискам на качественной (вербальной) основе.

Статья 28. Публичные слушания по проектам генеральных планов поселений, генеральных планов городских округов

На публичные слушания в разделе «Перечень основных факторов риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера» должны быть представлены следующие показатели и материалы:

1.Типы карстовой опасности (см. раздел 3, п.3.1).

2.Степень карстовой опасности, выраженной, как правило, количественными показателями. Среди них следует назвать вероятность образования провалов на единицу площади (га, кв. км) за единицу времени (100 лет, 1 год), прогнозируемые интенсивности провалообазования и диаметры карстовых воронок или соответствующие им категории (классы) карстоопасности и др. При отсутствии количественных показателей допускается качественная (вербальная) характеристика карстоопасности. При этом не рекомендуются такие формулировки, как «катастрофически опасные», «опасные», «потенциально опасные» и т.п.

3.Карстовые риски, учитывающие негативные последствия карстовых процессов, в сопоставлении с допустимыми карстовыми рисками, применительно к различным функциональным зонам.

4.Ограничения техногенных воздействий, которые могут активизировать карстовые процессы.

5.Карты стоимости земель с учётом влияния на неё типов и степени карстоопасности.

Статья 30. Правила землепользования и застройки

- *Обеспечение прав и законных интересов физических и юридических лиц.*

Должны быть указаны возможные трудности, возникающие при изысканиях, проектировании, а также при строительстве (особенно при выполнении работ нулевого цикла) и эксплуатации участков застройки (например, необходимость организации специального мониторинга, регулярного контроля за состоянием конструкций и т. п.).

- *ограничения использования земельных участков и объектов капитального строительства* .

Для закарстованных территорий приводятся типы и категории (классы) карстовой опасности и показатели карстового риска (см. раздел 6 настоящего документа).

Статья 34. Порядок установления территориальных зон

- *Причинение вреда объектам капитального строительства на смежных территориях.*

На закарстованных территориях строительство и эксплуатация сооружений нередко способствуют активизации карста на смежных участках, что может привести к аварийным ситуациям. Характер и степень этого влияния должны специально прогнозироваться для принятия мер по недопущению причинения вреда.

- *Границы территориальных зон.*

Для закарстованных участков естественными границами могут считаться границы территориальных зон с одинаковыми категориями (классами) карстоопасности.

При достаточных исходных данных целесообразными границами могут быть границы зон с одинаковыми уровнями карстового риска.

Статья 36. Градостроителъный регламент

- *Градостроительный регламент должен разрабатываться без всякого исключения, если использование земельных участков и объектов капитального строительства опасно для жизни и здоровья человека, для окружающей среды, объектов культурного наследия.*

К таким условиям относят участки с возможностью образования карстопроявлений, где карстовый риск больше допустимого значения.

Статья 38. Предельные размеры земельных участков и предельные параметры строительства

Для закарстованных территорий основными параметрами проектирования являются:

• соотношение плотности и этажности застройки;

• расчётные параметры конструктивной противокарстовой защиты;

• площади выделенного земельного участка плюс площадь окружающей территории, учёт которой необходим для проведения специальных изысканий с целью объективной оценки карстоопасности.

Статья 41. Назначение и виды документации по планировке территорий

- Обоснование проекта планировки территорий.

- Границы зон с особыми условиями использования территорий.

- Схемы вертикальной планировки и инженерной подготовки.

- Защита территорий от чрезвычайных ситуаций природного характера.

При планировке территорий основными задачами по обеспечению безопасности от негативного влияния карста должны являться:

• исключение из застройки явно опасных мест (например, мест расположения карстовых воронок, обнаруженных опасных карстовых полостей и т.п.);

• расположение социально значимых и экологически опасных сооружений на наименее опасных участках;

• расположение сооружений и производств с интенсивными техногенными воздействиями лишь на участках, специально обследованных в карстовом отношении;

• обоснованное ограничение техногенных воздействий, влияющих на активизацию карстового процесса;

• учёт условий развития карста при разработке схем вертикальной планировки (в частности, заполнение карстовых локальных понижений водонепроницаемым материалом, организация водоотвода и т.д.);

• санация оснований сооружений при разработке схем инженерной подготовки;

• учёт необходимости защиты строительных объектов на основе оценки уровней карстового риска.

Статья 47. Инженерные изыскания для подготовки проектной документации

-Не допускается подготовка и реализация проектной документации без выполнения соответствующих инженерных изысканий.

-Факторы техногенного воздействия на геологическую среду и прогноз их изменения.

- Проектирование инженерной защиты.

- Материалы, необходимые для проведения расчётов оснований, фундаментов и конструкций.

При проведении инженерных изысканий должны быть определены:

- условия развития карста и типы карста;

- типы (различные аспекты) карстоопасности;

- сценарии влияния различных техногенных воздействий на карстовый процесс;

- количественные параметры карстовых деформаций и интенсивности процесса (в том числе с учётом техногенных воздействий);

- виды противокарстовых мероприятий;

- параметры противокарстовой защиты.

- *Обоснование компоновки зданий и сооружений.*

Обоснование компоновки строительных объектов заключается в выявлении наиболее карстоопасных зон, которые должны, по мере возможности, исключаться из застройки.

Статья 48. Архитектурно-строительное проектирование

- *Перечень мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах.*

Для закарстованных территорий на основе детальных карстологических изысканий должны быть осуществлены противокарстовые мероприятия, практически исключающие вероятность разрушения вышеуказанных объектов. Для оценки достаточности запланированной противокарстовой защиты необходимо назначать соответствующий приемлемый (допустимый) карстовый риск по аналогии, например, с нормами для АЭС или допустимый удельный карстовый риск (например, на 1 га за время службы сооружения).

Статья 56. Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности

- *Систематизированный свод сведений о развитии территорий с целью обеспечения органов власти и юридических лиц достоверными сведениями.*

Это положение важно для закарстованных территорий, особенно для городов. Под систематизированным сводом сведений здесь следует понимать проведение специального карстологического мониторинга, анализ материалов всех ранее проведённых изысканий, аварийных ситуаций и т. д. Органы исполнительной власти должны регулярно заказывать изыскательским или научно-исследовательским организациям работы по проведению карстологического мониторинга, обобщению других видов инженерных изысканий с учётом техногенных воздействий, влияющих на активизацию карстовых процессов. Эти сведения должны включать карстологическую информацию, необходимую для принятия градостроительных решений, составленную, как правило, с участием специализированных организаций. Указанные материалы должны храниться, анализироваться и использоваться при проектировании соседних сооружений, а также при анализе причин аварий, вызванных карстовыми деформациями.

Статья 58. Ответственность за нарушение законодательства о градостроительной деятельности

На закарстованных территориях необходимость реализации этой статьи возникает достаточно часто. Ответственными лицами являются органы исполнительной власти, застройщики, экспертные организации, изыскатели, проектировщики и эксплуатационники. В ряде случаев может возникнуть необходимость возложения ответственности на юридических лиц, осуществляющих свою деятельность на соседних участках с недопустимыми техногенными воздействиями, влияющими на карстовый процесс. Для объективной оценки степени ответственности в различных случаях необходимо нормировать предельные допустимые карстовые риски.

Статья 62. Расследования случаев причинения вреда

В технические комиссии по расследованию причин аварийных ситуаций в карстовых районах должны обязательно включаться ведущие работники организаций, специализированных в области инженерного карстоведения.

4. Требования технического регламента «О безопасности зданий и сооружений»

Статья 2. Основные понятия

- *Авария.*

В карстоопасных районах под аварией понимается разрушение или повреждение зданий, сооружений, оборудования, транспортных средств и нанесение ущерба окружающей среде вследствие различных карстопроявлений.

- *Воздействие.*

На закарстованных территориях под воздействием понимается влияние на строительные объекты и геологическую среду карстовых (карстово-суффозионных) процессов, приводящих к изменению напряжённо-деформированного состояния в конструкциях и основаниях зданий и сооружений, а также к негативному изменению геологической среды.

- *Инженерная защита.*

На закарстованных территориях под инженерной (противокарстовой) защитой понимается комплекс инженерных и организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение или уменьшение опасных последствий от воздействия карстовых процессов на территорию, строительную площадку, здания и сооружения.

- *Минимально необходимые требования безопасности зданий и сооружений при опасных природных процессах.*

На закарстованных территориях Нижегородской области минимально необходимые требования безопасности должны дополняться рядом специальных условий. При этом

основным из них является предотвращение катастрофического (прогрессирующего) разрушения конструкций зданий и сооружений в случае воздействий карстовых деформаций на основания и фундаменты.

-*Нагрузка.*

В условиях закарстованности под нагрузкой следует понимать механическую силу, воздействующую на подземную часть здания (сооружения) в результате вертикальных и горизонтальных подвижек грунта, возникающих при образовании карстопроявлений (провалообразование, развитие оседания и т. д.).

- *Недопустимый риск, допустимый риск.*

Эти термины рассматриваются в техническом регламенте неоднократно. Однако в статье 2 их интерпретация не приводится. Следует иметь в виду, что в последнее время в инженерном карстоведении апробирована методика назначения допустимых рисков при воздействии на здания и сооружения карстовых провалов. Эти значения рисков назначаются в зависимости от возможных тех или иных последствий (ущербов) экономического, социального и экологического характера. Нормирование удельных допустимых рисков предложено экспертно приводить на единицу площади (1 га) в единицу времени (100 лет). Эти единицы для оценки удельных рисков наиболее близки к потребностям инженерно-строительной практики. При необходимости значения допустимых рисков могут быть относительно легко приведены к другим единицам (например, на площадь, занимаемую сооружением, за 1 год и т. д.). Указанная методика обсуждалась на конференциях в Российской Академии наук, МЧС РФ, а также на международных симпозиумах и нашла одобрение специалистов. Она апробирована на многих десятках строительных объектов. Само понятие карстового риска полностью соответствует понятию, приведённому в ФЗ «О техническом регулировании».

- *Опасные природные процессы и явления.*

Карстовым процессам нередко сопутствуют и другие процессы и явления (суффозия, разуплотнение и оседание грунтовой толщи, оползание склонов, подземная эрозия, интенсивное загрязнение геологической среды, повышенная инфильтрация поверхностных и подземных вод, восходящая фильтрация и др.)

- *Основания зданий, сооружений.*

За основание сооружений, возводимых на закарстованных территориях, принимают толщу грунтов, глубина которой не менее глубины сжимаемой толщи и глубины расположения форм подземного карста, которые могут проявиться на земной поверхности.

- *Расчётная ситуация.*

При воздействии карстовых деформаций на фундаментную конструкцию под расчётной ситуацией следует понимать такое расположение в плане карстовой деформации прогнозируемых размеров, при котором возникает превышающее критическое неблагоприятное напряжённо-деформированное состояние в конструкциях сооружения.

- *Сложные природные условия.*

Карстовые районы должны быть отнесены к территориям со сложными природными условиями. При этом следует принимать во внимание различные аспекты осложнений при строительстве и эксплуатации строительных объектов (типы карстовой опасности).

- *Техногенные воздействия.*

В большинстве случаев различные техногенные воздействия оказывают значительное влияние на развитие карстовых (карстово-суффозионных) процессов. Для таких строительных объектов, как атомные электростанции, химические предприятия, гидротехнические сооружения и др., техногенные воздействия имеют определяющее значение.

- *Уровень ответственности зданий и сооружений.*

Для проектирования противокарстовой защиты уровень ответственности играет первостепенную роль. В зависимости от уровня ответственности назначается и допустимый риск повреждения строительного объекта с учётом ожидаемых экономических, социальных и экологических последствий. Для сооружений пониженного уровня ответственности противокарстовые мероприятия, как правило, сводятся лишь к проведению эксплуатационных мер безопасности. Для сооружений нормального уровня ответственности основными противокарстовыми мероприятиями (в условиях Нижегородской области) являются, как правило, выбор рационального размещения сооружения с учётом карстовой опасности, конструктивная противокарстовая защита и эксплуатационные мероприятия. Для сооружений повышенного уровня ответственности должен назначаться комплекс противокарстовых мероприятий (включая обязательное проведение карстологического мониторинга), исключающих их разрушение.

- *Характеристики безопасности здания или сооружения.*

В карстовых районах одной из характеристик безопасности от негативного влияния карста является уровень карстового риска, представляющий отношение прогнозируемого риска к допустимому риску.

Характеристиками (параметрами) безопасности при воздействии на сооружение карстовых деформаций служат также расчётный пролёт карстового провала и расчётная

площадь ослабления основания по подошве фундамента, учёт которых при заданном допустимом риске обеспечивает сооружение от недопустимого повреждения.

Статья 4. Идентификация зданий и сооружений

- Возможность опасных природных и техногенных воздействий на участки строительства и эксплуатации.

- Принадлежность сооружений к опасным производственным объектам.

-Уровень ответственности сооружений.

-Опасность природных процессов и явлений.

-Результаты инженерных изысканий.

Идентификация сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области должна производиться в соответствии с районированием области по карстовой опасности, которое должно регулярно обновляться с учётом многолетних наблюдений за карстопроявлениями, результатов специальных (карстологических) изысканий на застраиваемой территории и на площадке строительства конкретного сооружения. На закарстованных территориях застройщик должен указывать в задании на проектирование и выполнение инженерных изысканий следующие идентификационные признаки:

•характер и степень карстовой опасности;

•результаты карстологического мониторинга;

•уровень ответственности сооружений;

•характер последствий от недопустимых повреждений или разрушений строительных объектов вследствие негативного влияния карста;

•карстопроявления, выявленные в результате инженерных изысканий.

Эти признаки должны также учитываться проектировщиком в составе проектных материалов.

Статья 5. Обеспечение соответствия безопасности зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и с сооружениями процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), требованиям настоящего Федерального закона

На закарстованных территориях необходимо обеспечение проектных параметров карстовой безопасности в процессе строительства и поддержание их в процессе эксплуатации.

Статья 7. Требования механической безопасности

- Строительные конструкции и основание сооружения должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы не возникало … деформации недопустимой величины строительных конструкций, оснований и геологических массивов прилегающей

территории, …, потери устойчивости несущих строительных конструкций, в том числе отклонений от вертикальности.

На закарстованных территориях деформации недопустимой величины фундаментов и оснований происходят чаще всего вследствие образования карстовых провалов и локальных оседаний, а потеря устойчивости несущих строительных конструкций, кроме того, вследствие оседаний и карстовых просадок. Деформации грунтовых массивов часто являются причиной аварийных ситуаций или существенных затруднений при устройстве подземных сооружений и фундаментов глубокого заложения.

Статья 9. Требования безопасности зданий и сооружений при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях

На закарстованных территориях безопасность строительных объектов должна оцениваться с учётом различных сценариев влияния техногенных воздействий на карстовые процессы.

Статья 14. Требования безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду

Ввиду того, что карстовые (карстово-суффозионные) процессы весьма чувствительны к техногенным воздействиям, сооружения должны быть запроектированы с учётом этого обстоятельства. К числу неблагоприятных техногенных воздействий относится недопустимое изменение гидрогеологической обстановки, вибродинамические и высокие статические нагрузки на основание.

Статья 15. Общие требования к результатам инженерных изысканий и проектной документации

- *Достоверность и достаточность обоснованных значений параметров, прогнозируемых по результатам инженерных изысканий.*

Это требование вызывает необходимость достаточно дифференцированной классификации закарстованных территорий по характеру и степени карстоопасности.

Расчётные данные, полученные по результатам специальных (карстологических) изысканий, должны прогнозироваться на весь срок эксплуатации сооружения (с учётом саморазвивающегося и вероятностного характера карстового процесса). При обосновании допускается определять расчётные данные за период до реконструкции строительного объекта.

- *Научное сопровождение проектирования и инженерных изысканий.*

- *Мониторинг состояния основания, конструкций, а также отдельных компонентов окружающей среды.*

Ввиду сложности и специфичности прогнозирования карстового процесса, оценки его опасности и риска, параметров проектирования противокарстовой защиты почти всегда возникает необходимость научного сопровождения (особенно при проектировании объектов повышенного уровня ответственности), а также специального мониторинга состояния основания, конструкций и геологической среды на стадии эксплуатации. Это требование должно включаться в задания на проектирование и инженерные изыскания.

- *Моделирование сценариев реализации опасных событий.*

- *Оценка риска реализаций опасных событий.*

Моделирование развития опасных событий на закарстованных территориях (участках проектирования) должно быть обязательным в силу необходимости учёта следующих обстоятельств:

• вероятностный характер карстопроявлений;

• разные степени чувствительности карстового процесса к различным техногенным воздействиям;

• различный характер карстовой опасности.

- *Оценка риска возникновения опасных природных процессов и явлений.*

В условиях карстовой опасности должен оцениваться риск возникновения повреждений (разрушений) строительных объектов, которые могут привести к последствиям с теми или иными ущербами экономического, социального и экологического характера.

- *Требования к способам проведения мероприятий по техническому обслуживанию для обеспечения безопасной эксплуатации.*

На закарстованных территориях в проектных материалах должны быть установлены сведения о параметрах эксплуатационных нагрузок и воздействий, которые нельзя превышать во избежания недопустимой активизации карстового процесса (превышение уровня вибродинамических воздействий и статических нагрузок на основание, утечки из водоводов, откачки подземных вод и т.п.).

Статья 16. Требования к обеспечению механической безопасности зданий и сооружений

- *Учёт аварийной ситуации, имеющей малую вероятность возникновения для сооружений повышенного уровня ответственности.*

В условиях карстовой опасности такие ситуации могут быть связаны с достаточно низкой вероятностью практически одновременного образования нескольких карстовых деформаций в основании сооружений. Эта вероятность, при необходимости, должна быть определена в проектно-изыскательских материалах.

Статья 18. Требования к обеспечению безопасности зданий и сооружений при опасных природных процессах и явлениях и техногенных воздействиях

-Меры по защите людей, зданий и сооружений, территории.

-Меры по предупреждению или уменьшению последствий воздействий опасных природных процессов.

-Конструктивные меры, уменьшающие чувствительность строительных конструкций и оснований.

-Меры по улучшению свойств грунтов основания.

-Активизация опасных процессов на примыкающих территориях.

-Мониторинг компонентов окружающей среды.

В карстовых районах должен применяться комплекс противокарстовых мероприятий планировочного, гидрогеологического, геотехнического, контрольно-мониторингового, конструктивного и организационно-технического характера. Конкретные виды противокарстовых мероприятий должны определяться по результатам инженерно-геологических изысканий с учётом уровня ответственности сооружений и уровней (степени) карстового риска.

Названные противокарстовые мероприятия учтены в настоящем документе (см. таблицы 6.4, 7.1-7.4).

-Активизация опасных природных процессов на прилегающих территориях, компенсационно-восстановительные мероприятия.

Возведение строительных объектов и инженерная защита гидрогеологического и геотехнического характера могут быть причиной активизации карстового (карстово-суффозионного) процесса на прилегающих территориях. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия по недопущению активизации карстового (карстово-суффозионного) процесса или предусмотрены соответствующие компенсационно-восстановительные мероприятия.

-Пределы допустимых изменений параметров, характеризующих безопасность объектов и геологической среды в процессе строительства и эксплуатации.

Параметры карстоопасности (интенсивность провалообразования, скорости оседания, размеры карстовых форм и т.д.) должны прогнозироваться с учётом предполагаемых техногенных воздействий от сооружения.

-В проектной документации может быть предусмотрена необходимость проведения в процессе строительства и эксплуатации проектируемого здания или сооружения мониторинга компонентов окружающей среды (в том числе состояния окружающих зданий и сооружений).

В карстовых районах следует предусмотреть специальные устройства в рамках проведения мониторинга для объектов повышенного уровня ответственности.

Статья 32. Требования к обеспечению охраны окружающей среды

- Мероприятия по охране окружающей среды, предусмотренные в проектной документации сооружения … должны обеспечить предотвращение или минимизацию оказания негативного воздействия на окружающую среду.

В карстовых районах эти требования относятся к геологической среде.

Статья 33. Требования к предупреждению действий, вводящих в заблуждение приобретателей

1) идентификационные признаки здания и сооружения:

-возможность опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий.

В карстовых районах должны быть указаны тип карста, характер и степень карстовой опасности, техногенные воздействия, влияющие на активизацию карстовых и карстово-суффозионнных процессов, наличие или отсутствие противокарстовых мероприятий, их вид, расчётные параметры их проектирования, уровень ответственности сооружений, допустимый уровень карстового риска.

2) срок эксплуатации объекта.

С учётом этого срока должна быть запроектирована противокарстовая защита.

Статья 36. Требования по обеспечению безопасности зданий или сооружений при эксплуатации

- Периодические осмотры и контрольные проверки и (или) мониторинг состояния конструкций.

- Критические параметры эксплуатации сооружений.

- Паспорт объекта.

- Системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В связи с саморазвивающимся, вероятностным и трудно прогнозируемым характером карстопроявлений должен быть установлен особый порядок эксплуатации сооружений на основе оценки критических параметров эксплуатации, указывающих на возможность затруднения нормальной эксплуатации или временного (полного) прекращения эксплуатации сооружения.

В паспорте объекта должны указываться степень и характер карстовой опасности, а также все выявленные карстопроявления.

Для строительных объектов повышенного уровня ответственности необходимо проведение объектного карстомониторинга, в том числе установка специальной противокарстовой сигнализации.

Статья 38. Общие положения об оценке соответствия зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и сооружениями процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса)

- *Удостоверение соответствия характеристик сооружения, установленных проектной документацией, требованиям безопасности перед началом строительства* (в части противокарстовой защиты).

- *Удостоверение соответствия характеристики сооружения перед вводом его в эксплуатацию* (в части противокарстовой защиты).

- *Периодические удостоверения соответствия характеристик эксплуатируемого сооружения*.

Проектная и рабочая документация должна соответствовать результатам инженерных изысканий, реализации проектов противокарстовой защиты перед вводом объекта в эксплуатацию, результатам объектного карстомониторинга.

5. Требования Федерального закона «Об охране окружающей среды»

Статья 1. Основные понятия

- *Негативное воздействие на окружающую среду*.

- *Загрязнение окружающей среды*.

- *Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду*.

Активность карстовых процессов резко повышается, как правило, вследствие антропогенных (техногенных) воздействий на геологическую среду (изменение гидрогеологических условий, вибродинамические воздействия, значительные статические нагрузки и т.д.). Поэтому учёт этих воздействий является обязательным при прогнозе карстовой опасности.

Закарстованные территории чрезвычайно чувствительны также к загрязнению грунтов и подземных вод. Этот аспект карстоопасности (карстоопасность типа А) является одним из основных при проектировании, строительстве и эксплуатации экологически опасных проектируемых объектов, полигонов хранения отходов, производства нефтепродуктов, автомобильных и железных дорог, нефте- и продуктопроводов. Поэтому в проектах объектов в условиях карстоопасности должны быть обоснованы специальные требования по предельно допустимым воздействиям на геологическую среду. Такое обоснование целесообразно осуществлять в рамках научно-технического сопровождения проектов силами специализированных организаций.

- *Мониторинг окружающей среды.*

- *Государственный мониторинг окружающей среды.*

В карстовых районах Нижегородской области должен проводиться специальный карстологический мониторинг (карстомониторинг) геологической среды для оценки и прогноза активности карстовых (карстово-суффозионных) процессов под воздействием природных и антропогенных факторов.

Региональный карстомониторинг на территории Нижегородской области должен осуществляться специализированными организациями по заданию Правительства области.

Муниципальный карстомониторинг территории городов должен осуществляться специализированными организациями по заданию органов местного самоуправления, в первую очередь, на территориях таких городов, как Нижний Новгород (заречная часть), Дзержинск, Арзамас, Павлово, Саров и др.

Объектный карстомониторинг на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах, в том числе на объектах атомной промышленности, химических предприятиях, полигонах хранения производственных и бытовых отходов, магистральных трубопроводах и т. п., должен выполняться специализированными организациями по заданию предприятий или административных органов.

- *Вред окружающей среде.*

- *Экологический риск.*

- *Экологическая безопасность.*

- *Допустимость воздействия хозяйственной деятельности на природную среду.*

На закарстованных территориях эти понятия должны отдельно оцениваться с учётом специфики развития карстовых процессов, в первую очередь, для особо опасных объектов.

Статья 3. Основные принципы охраны окружающей среды

- *Обоснованность сочетания экологических, экономических и социальных интересов в целях обеспечения устойчивого развития.*

- *Обязательность проведения проверки проектов и иной документации хозяйственной деятельности, которая может оказать воздействие на окружающую среду.*

- *Допустимость воздействия хозяйственной деятельности на природную среду.*

Требование по обоснованности возможного техногенного влияния на карстоопасных территориях может быть реализовано путём назначения допустимых уровней карстового

риска с учётом возможных ущербов экологического, экономического и социального характера вследствие негативных карстовых воздействий.

В проектах сооружений должны быть проведены работы по обоснованию допустимых воздействий на геологическую среду, влияющих на активизацию карстовых и карстово-суффозионных процессов. Эти работы должны осуществляться, как правило, при научно-техническом сопровождении проектов специализированными организациями.

Статья 16. Плата за негативное воздействие на окружающую среду

- *Негативное воздействие на окружающую среду является платным.*

На закарстованных территориях к числу негативных воздействий на геологическую среду следует относить:

- техногенное изменение гидрогеологического режима трещинно-карстовых и грунтовых вод;

- химическое загрязнение геологической среды с учётом распространения загрязнений на большие расстояния от мест загрязнения.

Статья 18. Экологическое страхование

Экологическое страхование в карстовых районах должно учитывать специфику карстово-экологических рисков.

Статья 20. Требования к разработке нормативов в области охраны окружающей среды

Разработка нормативов в области охраны геологической среды в карстоопасных районах должна проводиться специализированными организациями с привлечением исследователей в области инженерного карстоведения.

Статья 22. Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду

- *Нормативы допустимой антропогенной нагрузки и ответственность за их нарушение.*

В карстовых районах Нижегородской области для объектов повышенного уровня ответственности (как проектируемых, так и существующих), а также для полигонов захоронения промышленных отходов должны устанавливаться нормативы допустимых техногенных воздействий на геологическую среду. Эти нормативы должны назначаться с привлечением организаций, специализирующихся в области инженерного карстоведения.

Статья 34. Общие требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервации и ликвидации зданий, строений, сооружений и иных объектов

- Прямое или косвенное воздействие строительных объектов на окружающую среду.

- Нарушение экологических требований.

- Приостановка проектирования, строительства, эксплуатации строительных объектов.

Недопустимые техногенные воздействия, которые могут привести к активизации карстовых процессов и, как следствие, к аварийным ситуациям, необходимо исключить. В противном случае проектирование, строительство и эксплуатация строительных объектов могут быть приостановлены по решению суда.

Статья 35. Требования в области охраны окружающей среды при размещении зданий, строений, сооружений и иных объектов

- Обеспечение экологической безопасности с учётом ближайших и отдалённых негативных последствий с соблюдением приоритета благоприятной окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Специфика карстового процесса заключается именно в том, что при строительном освоении закарстованных территорий негативные экологические последствия имеют, как правило, отдалённый характер.

Статья 36. Требования в области охраны окружающей среды при проектировании зданий, строений, сооружений и иных объектов

Статья 37. Требования в области охраны окружающей среды при строительстве и реконструкции зданий, строений, сооружений и иных объектов

Статья 38. Требования в области охраны окружающей среды при вводе в эксплуатацию зданий, строений, сооружений и иных объектов

Статья 39. Требования в области охраны окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов

На всех этапах жизненного цикла сооружения, указанных в статьях 36-39, необходимо выполнять следующие требования:

- Учёт нормативов допустимой антропогенной нагрузки на геологическую среду и разработка в проектах соответствующих мероприятий.

- Запрет изменения стоимости работ и утверждённых проектов за счёт исключения мероприятий по охране окружающей среды.

- Запрет строительства и реконструкции зданий и сооружений до утверждения проектов и установления границ земельных участков.

-Запрет ввода в эксплуатацию строительных объектов без выполнения требований по охране окружающей среды.

- *В процессе эксплуатации строительных объектов и вывода их из эксплуатации должны реализовываться мероприятия по восстановлению нарушенной геологической среды.*

Указанные выше требования для строительных объектов на закарстованных территориях должны относиться ко всем сооружениям, в первую очередь, к сооружениям повышенного уровня ответственности и таким объектам, как полигоны захоронения отходов, водозаборы подземных вод, карьеры, автомобильные и железные дороги, трубопроводы, гидротехнические сооружения и др.

Статья 43. Требования в области охраны окружающей среды при мелиорации земель, размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений

Указанные в статье 43 мероприятия ведут, как правило, к активизации карстовых и карстово-суффозионных процессов.

Применительно к Нижегородской области в этом отношении весьма актуальна проблема возможного повышения уровня Чебоксарского водохранилища, которая неизбежно приведёт к активизации карстово-суффозионных процессов в Нижнем Новгороде, Дзержинске и других населённых пунктах.

Статья 44. Требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции городских и сельских поселений

- *Охранные зоны с ограниченным режимом природопользования.*

Карстоопасные территории, весьма чувствительные к техногенным воздействиям, должны быть отнесены к охранным зонам с ограниченным режимом природопользования.

Статья 48. Требования в области охраны окружающей среды при использовании радиоактивных веществ и ядерных материалов

Размещение основных сооружений атомных электростанций (АЭС) и полигонов захоронения радиоактивных материалов на закарстованных территориях при прогнозном максимальном значении диаметров карстовых провалов более 20 м недопустимо.

АЭС оказывают мощное и многоаспектное воздействие на геологическую среду, что значительно активизирует карстовые процессы.

Противокарстовые мероприятия должны быть запроектированы таким образом, чтобы исключить недопустимое повреждения основных сооружений (с учётом допустимого риска).

Статья 51. Требования в области охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления

Карстовые провалы, старые карстовые воронки и мульды оседания при попадании в них загрязняющих веществ являются местами, где происходит интенсивное загрязнение геологической среды, в том числе подземных вод. Поэтому на закарстованных территориях должны приниматься специальные меры по недопущению устройства несанкционированных свалок в карстовых понижениях на земной поверхности.

При размещении полигонов хранения отходов в карстовых районах должен осуществляться комплекс соответствующих противокарстовых мероприятий.

Статья 63. Организация государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)

- Достоверная информация для предотвращения и (или) уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния среды.

- Субъекты Российской Федерации, органы местного самоуправления.

В карстовых районах Нижегородской области работы по мониторингу должны организовываться Правительством области, а на закарстованных территориях муниципальных образований – органами местного самоуправления.

Статья 65. Государственный контроль в области охраны окружающей среды (государственный экологический контроль)

- При строительстве и реконструкции зданий и сооружений государственный экологический контроль проводится органами государственного строительного надзора.

В карстовых районах экологический и строительный виды контроля могут быть совмещены или их действия скоординированы.

Статья 70. Научные исследования в области охраны окружающей среды

В карстовых районах целью научных исследований являются прогнозы влияния хозяйственной деятельности на активизацию карстовых процессов.

Научные разработки должны вестись, как правило, по заданию Правительства Нижегородской области организациями, занимающимися проблемами инженерного карстоведения и охраны окружающей среды в условиях карста.

6. Требования Федерального закона «О Недрах»

Статья 4. Полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в сфере регулирования отношений недропользования

- Установление порядка пользования недрами в целях строительства подземных сооружений и проведения соответствующей государственной экспертизы.

Статья 5. Полномочия органов местного самоуправления в сфере регулирования отношений недропользования

- Контроль за охраной недр при добыче общераспространённых полезных ископаемых и при строительстве подземных сооружений местного значения.

В карстовых районах требования статей 4 и 5 относятся, прежде всего, к следующим объектам хозяйственной деятельности:

- эксплуатация водозаборов подземных вод;
- добыча полезных ископаемых в карьерах;
- строительство и эксплуатация подземных сооружений;
- устройство фундаментов глубокого заложения;
- тампонаж карстовых полостей.

Статья 8. Ограничение пользования недрами

Пользование недрами на территориях населённых пунктов, пригородных зон, объектов промышленности, транспорта и связи может быть частично или полностью запрещено в случаях, если оно может нанести ущерб хозяйственным объектам или геологической среде.

Статья 10[1] . Основные возникновения права пользования участками недр

Статья 19. Добыча общераспространённых полезных ископаемых собственниками земельных участков, землепользователями и арендаторами земельных участков

Статья 19[1]. Разведка и добыча общераспространённых полезных ископаемых и подземных вод пользователями недр, осуществляющими разведку и добычу иных видов полезных ископаемых, в границах предоставленных им горных отводов

В карстовых районах Нижегородской области эти требования относятся к таким видам хозяйственной деятельности, как водозаборы подземных вод, эксплуатация карьеров, закрепление пород на глубинах свыше 5 м и т.п.

Решение о представлении права пользования недрами на закарстованных территориях принимается органами власти Нижегородской области на основании утверждённого проекта.

Статья 20. Основания для прекращения права пользования недрами

В карстовых районах по решению суда право пользования недрами может быть досрочно прекращено при недопустимой активизации карстовых (карстово-суффозионных) процессов в результате нарушений пользования недрами.

Статья 23. Основные требования по рациональному использованию и охране недр

- Опережающее геологическое изучение недр и свойств участка, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

- Предотвращение загрязнения недр при захоронении вредных веществ и отходов производства.

В карстовых районах эти требования наиболее актуальны при строительстве подземных сооружений, закреплении карстующихся пород, эксплуатации водозаборов и полигонов захоронения отходов.

7. Требования Федерального закона «Об организации страхового дела в Российской Федерации»

Статья 9. Страховой риск, страховой случай

- Страховым риском является предполагаемое событие, на случай наступления которого проводится страхование.

- Событие, рассматриваемое в качестве страхового риска, должно обладать признаками вероятности и случайности его наступления.

Из карстовых проявлений под это определение попадают локальные поверхностные карстопроявления (провалы, локальные оседания, карстовые просадки), а также подземные карстопроявления, находящиеся за пределами сжимаемой толщи основания сооружений.

Статья 32[9]. Классификация видов страхования

- Страхование гражданской ответственности организаций, эксплуатирующих опасные объекты.

- Страхование гражданской ответственности за причинение вреда третьим лицом.

- В целях конкретизации отдельных условий страхования страховщики вправе разрабатывать дополнительные правила страхования.

В карстоопасных районах должны применяться все указанные виды страхования.

8. Требования Национального стандарта Российской Федерации «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС)».

Пункт 3.4 - безопасность эксплуатации: *состояние, при котором отсутствует недопустимый риск...*

На закарстованных территориях недопустимый риск должен оцениваться с учётом карстового риска.

Пункт 3.8 - единая дежурно-диспетчерская служба города *(ЕДДС): орган повседневного управления местной (городской) подсистемы РСЧС, предназначенный для координации действий дежурно-диспетчерских служб города и создаваемый при органе управления ГОЧС.*

В Нижегородской области в ЕДДС должны включаться исходные данные по карстовым деформациям в следующих городах: Нижний Новгород (Сормовский район), Дзержинск, Павлово, Арзамас, Саров.

Пункт 3.14 - зона вероятной чрезвычайной ситуации *(зона ВЧС)**:** территория, на которой существует либо не исключена опасность возникновения чрезвычайной ситуации.*

В карстовых районах зоной ВЧС следует считать участок активного проявления карстовых деформаций или участок, где расположены особо опасные, технически сложные и уникальные объекты, для которых уровень карстового риска больше допустимого.

Пункт 3.15 - зона чрезвычайной ситуации (зона ЧС): *территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация.*

В карстовых районах к зонам ЧС следует относить:

-территорию опасного загрязнения трещинно-карстовых вод;

-участки недопустимого повреждения зданий и сооружений карстовыми деформациями;

-участки расположения зданий и сооружений, находящихся вблизи вновь образовавшихся карстовых провалов.

Размеры зоны ЧС на закарстованных территориях должны оцениваться специализированными организациями совместно с ГОЧС.

Пункт 3.19 - инженерная безопасность задания (сооружения): *величина, характеризующая способность здания (сооружения) противостоять возможному обрушению, опасному для жизни людей.*

На провалоопасных территориях такой величиной следует считать расчётный пролёт провала, гарантирующий с определенным уровнем риска недопустимость прогрессирующего обрушения конструкций.

Пункт 3.22 - объект мониторинга: *природный, техногенный или природно-техногенный объект или его часть, в пределах которого по определённой программе осуществляются регулярные наблюдения за окружающей средой с целью контроля за её состоянием, анализа происходящих в ней процессов, выполняемых для своевременного выявления и прогнозирования их изменений и оценки.*

В Нижегородской области объектами специального «карстологического» мониторинга должны быть:

- закарстованные территории (региональный карстомониторинг), прежде всего, те, где размещаются (или предполагаются) экологически опасные и стратегически важные объекты;

-территории наиболее закарстованных городов, прежде всего, Дзержинска, Павлово, Арзамаса, Сарова (муниципальный карстомониторинг);

-площадки расположения отдельных зданий и сооружений, находящихся на карстоопасных участках (объектный мониторинг).

Пункт 3.23 - опасность в чрезвычайной ситуации *(опасность в ЧС): состояние, при котором создалась или вероятна угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника чрезвычайной ситуации на население, объекты народного хозяйства и окружающую природную среду в зоне чрезвычайной ситуации.*

На закарстованных территориях к этому состоянию следует относить ситуации, если провал или локальное оседание произошли в основании сооружения или на расстоянии 1 диаметра карстовой деформации (но не менее среднего для данного участка) от сооружения.

Пункт 3.27 - предупреждение чрезвычайных ситуаций *(предупреждение ЧС): комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций.*

Предупреждение ЧС в карстовых районах возможно путём проведения карстомониторинга и осуществления противокарстовых мероприятий преимущественно капитального и эксплуатационного характера.

Пункт 3.28 - прогнозирование чрезвычайных ситуаций *(прогнозирование ЧС): опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин её возникновения, её источника в прошлом и настоящем (примечание - прогнозирование может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер).*

Оценка вероятности образования карстовых деформаций за расчётный срок сооружений с учётом техногенных воздействий является основной целью инженерных изысканий. В карстовых районах срок прогнозирования оперативного характера считается до 1 года, краткосрочного характера — до 10 лет, средне- и долгосрочного характера — до 100 лет (в зависимости от конкретной ситуации).

Пункт 3.29 - прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций *(прогнозирование техногенных ЧС): опережающее отражение вероятности появления и*

развития техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий на основе оценки риска возникновения пожаров, взрывов, аварий, катастроф.

Прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций, влияющих на карстовый процесс, является одной из целей инженерных изысканий. Для некоторых объектов (например, АЭС) такое прогнозирование должно быть приоритетным.

Пункт 3.32 - риск возникновения чрезвычайной ситуации *(риск ЧС): вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска.*

Риск ЧС на закарстованных территориях должен всегда определяться с учётом вероятности карстопроявлений и их критических размеров.

Пункт 3.38 - чрезвычайная ситуация *(ЧС): обстановка на определённой территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.*

Большинство карстопроявлений (провалы, локальные оседания, крупные полости и т. п.) следует относить к природным опасным, но не к стихийным явлениям.

9. Интерпретация перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства (применительно к задачам строительства на закарстованных территориях)

I. Виды работ по инженерным изысканиям.

Установлено шесть видов работ по инженерным изысканиям: (1) инженерно-геодезические; (2) инженерно-геологические; (3) инженерно-гидрометеорологические; (4) инженерно-экологические; (5) инженерно-геотехнические (выполняемые в составе инженерно-геологических изысканий или отдельно на изученной в инженерно-геологическом отношении территории под конкретные здания и сооружения); (6) обследования состояния грунтов основания зданий и сооружений.

Ниже приведён перечень лишь тех работ, при выполнении которых требуется учитывать специфику закарстованных территорий.

Инженерно - геодезические изыскания (1):

(1.2) *геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами;*

(1.6) *специальные геодезические и топографические работы* (карстологическая съёмка территории, специальный анализ топографических и аэрофотокосмоснимков).

Инженерно-геологические изыскания (2):

(2.3) *изучение опасных геологических и инженерно-геологических процессов с разработкой рекомендаций по инженерной защите территорий, зданий и сооружений.* В карстовых районах эта работа должна выполняться, как правило, на основе оценки карстовых рисков.

Инженерно-экологические изыскания (4):

(4.2) *исследования химического загрязнения* грунтов, *поверхностных и подземных вод, источников загрязнения* (с учётом специфики загрязнения на закарстованных территориях).

Инженерно-геотехнические изыскания (5):

(5.3) *определение стандартных механических характеристик грунтов методами статического, динамического и бурового зондирования* (с выявлениями аномалий в грунтовой толще, обусловленных карстово-суффозионными процессами);

(5.4) *физическое и математическое моделирование взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой,* в том числе с учётом развития карстовых деформаций в основании сооружении;

(5.6) *геотехнический контроль строительства зданий, сооружений и прилегающих территорий,* в том числе специальное обследование строительных котлованов на предмет выявления карстовых образований; проявления карста на прилегающих территориях и т.п.

Обследование состояния грунтов основания зданий и сооружений (6).

В карстоопасных районах существующие здания и сооружения, возведённые без должной противокарстовой защиты, требуют **проведения карстомониторинга**, т. е. регулярного контроля состояния оснований строительных объектов с целью своевременного выявления возникновения и развития различных карстовых проявлений, прогнозирования их опасности во времени для разработки оперативных мер по обеспечению безопасности. Как правило, эти работы, должны выполняться организациями, специализирующимися в области инженерного карстоведения и имеющими соответствующее геофизическое и другое специальное оборудование.

II. Виды работ по подготовке проектной документации.

Установлено тринадцать видов работ по подготовке проектной документации.

Ниже приведен перечень лишь тех работ, при выполнении которых требуется особо учитывать специфику закарстованных территорий.

Работы по подготовке схемы планировочной организации земельного участка (1):

(1.1) *работы по подготовке генерального плана земельного участка*;

(1.2) *работы по подготовке схемы планировочной организации трассы линейного объекта.*

Эти виды работ, как показала практика в условиях строительства в карстовых районах, с экономической точки зрения являются наиболее эффективными для обеспечения безопасности строительных объектов.

Работы по подготовке конструктивных решений (3).

В карстоопасных районах это относится, прежде всего, к выбору конструктивной схемы здания и сооружения (жёсткая или податливая) и к расчёту и проектированию фундаментов с учётом жёсткости верхнего строения здания.

Работы по составлению специальных разделов проектной документации (7):

(7.2) Инженерно-технические мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В карстоопасных районах такие работы должны иметь комплексный характер и соответствовать таблицам 7.1-7.4 настоящего документа.

(7.3) *Разработка декларации по промышленной безопасности опасных производственных объектов.*

Декларация должна содержать перечень соответствующих противокарстовых мероприятий капитального и эксплуатационного характера с указанием сроков их осуществления.

Работы по подготовке проектов мероприятий по охране окружающей среды (9).

В их составе должны разрабатываться специальные мероприятия по минимизации тех воздействий на окружающую среду, которые влияют на активизацию карстовых (карстово-суффозионных) процессов, в том числе на прилегающих территориях.

Работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений (12).

Эти работы в карстовых районах должны выполняться специалистами, знакомыми с характером деформаций конструкций строительных объектов при воздействии различных карстовых проявлений (провалов, локальных оседаний, общих оседаний и т. п.).

Работы по организации подготовки проектной документации привлекаемым застройщиком или заказчиком на основании договора с юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем (генеральным проектировщиком) (13).

Организация проектных работ в карстоопасных работах имеет принципиальное значение для обеспечения безопасности. Они должны проводиться в увязке с изыскательскими и строительными работами.

III. Виды работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту.

Установлено тридцать три вида работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту.

Ниже приведен перечень лишь тех работ, в которых требуется учитывать специфику закарстованных территорий.

Работы «Свайные работы. Закрепление грунтов (5).

(5.3) *Устройство ростверков.*

Следует иметь в виду, что при сооружении ростверка с опиранием на висячие сваи в провалоопасных районах должно обеспечиваться, как правило, «выскальзывание» свай из ростверка в случае провалообразования.

(5.4) *Устройство забивных и буронабивных свай.*

При выполнении этих работ могут быть выявлены опасные подземные карстопроявления. В этом случае работы по устройству свай целесообразно временно приостановить, провести дополнительные изыскания и при необходимости откорректировать проект.

(5.6) *Цементация грунтовых оснований с забивкой инъекторов.*

(5.7) *Силикатизация и смолизация грунтов.*

При выполнении работ (5.6) и (5.7) на карстоопасных территориях возможно непредвиденное увеличение объёмов закрепления в случае встречи полостей, разуплотнённых и сильно трещиноватых зон.

Буровзрывные работы в строительстве (8).

В карстовых районах они должны сопровождаться контролем за окружающей местностью, где возможно образование провалов вследствие взрывов.

Устройство тоннелей и метрополитенов (27).

При проведении этих работ следует иметь в виду, что возможно непредвиденное проектом затопление выработки напорными карстовыми водами, обрушение кровли встреченных карстовых полостей и т. п.

Работы «Гидротехнические работы, водолазные работы» (30).

(30.5) *Устройство свай-оболочек.*

См. комментарии к п. (5.4).

Работы по осуществлению строительного контроля (32).

(32.3) *Контроль за буровзрывными работами.*

См. комментарии к п. (8).

(32.10) *При строительстве мостов, эстакад и путепроводов.*

См. комментарии к п. (5.4).

(32.12) *При строительстве в подземных условиях.*

См. комментарии к п. (27).

10. Основные выводы о соблюдении требований Федеральных нормативных актов в настоящем документе

1. Основными результатами проектно-изыскательских работ являются оценка карстовой опасности и риска и обеспечение должной безопасности строительного объекта путём рационального выбора участка строительства и осуществления противокарстовых мероприятий капитального и (или) эксплуатационного характера.

2. Районирование закарстованных территорий должно быть достаточно дифференцированным по условиям строительства для принятия обоснованных инженерных решений.

3. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий должно отвечать концепции ООН по устойчивому (т.е. постоянно поддерживаемому) развитию.

4. Проекты генеральных планов поселений и городов, а также правила землепользования и застройки должны отражать специфику инженерно-строительного освоения закарстованных территорий. На это обстоятельство должно быть обращено внимание при организации публичных слушаний.

5. Установленные территориальные зоны, градостроительные регламенты, размеры земельных участков и параметры строительства должны учитывать риски, обусловленные негативным влиянием карстовых процессов.

6. В состав документации по планировке территорий должна входить составной частью «Схема инженерной защиты территорий от негативного влияния карста».

7. Не допускается подготовка и реализация проектной документации без выполнения соответствующих инженерных (карстологических) изысканий на территориях развития карста.

8. Противокарстовые мероприятия на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах должны полностью исключать возможность их катастрофических разрушений.

9. Для закарстованных территорий должен проводиться карстологический мониторинг следующих типов:

- регионального характера (по заданию Правительства Нижегородской области);
- муниципального характера (по заданию органов местного самоуправления);
- объектного характера (по заданию отдельных предприятий или коммунальных служб).

10. Ответственность за нарушение законодательства о градостроительной деятельности на закарстованных территориях должны нести все участники строительного процесса, заказчики и органы власти.

11. Контроль за реализацией проектных противокарстовых мероприятий (в том числе природоохранного характера) должен осуществляться органами строительного надзора.

12. При расположении сооружений на закарстованных территориях обязательным является обеспечение безопасного уровня воздействия сооружений на геологическую среду.

13. Проектно-изыскательские работы на закарстованных территориях в большинстве случаев должны иметь научное сопровождение, выполняемое специализированными организациями. В первую очередь это относится к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам.

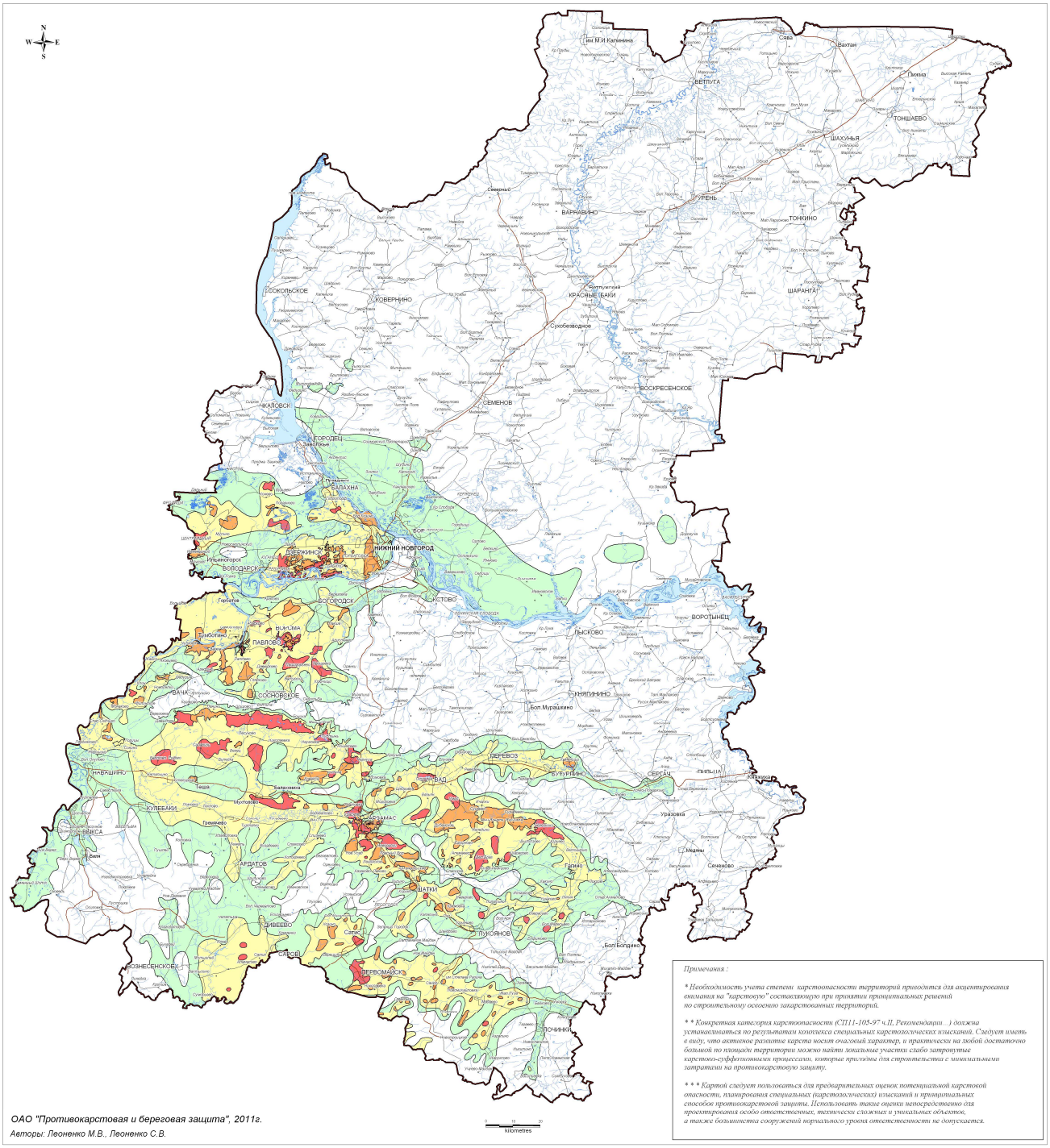
14. Проектная и рабочая документация должна соответствовать результатам карстологических изысканий.

15. Целесообразно проводить страхование строительных объектов на риски, связанные с карстопроявлениями, имеющими вероятностный характер (провалы, локальные оседания, просадки).

Приложение 4

КАРТА
развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов территории Нижегородской области

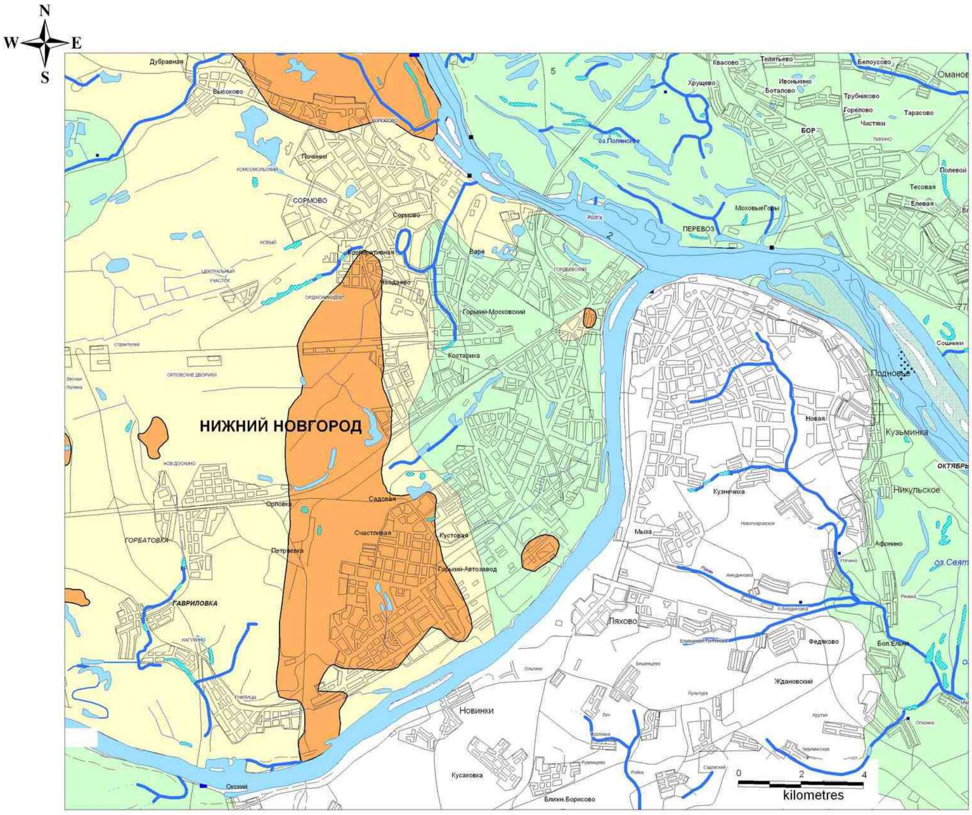
Масштаб 1 : 1 000 000



Карта составлена на основе разномасштабных исследований карстологического характера, выполненных Дзержинской карстовой станцией АН СССР - ОАО "Противокарстовая и береговая защита" в 1955-2011 годах

Условные обозначения	Необходимость учета негативного влияния карста при инженерно-строительном освоении территории *	Примерное соответствие		Общие положения по строительству и эксплуатации зданий и сооружений* * *	
		категориям карстоопасности по интенсивности провалообразования (по СП 11-105-97 ч.II) * *	классам карстово-провальной опасности по интенсивности провалообразования	Условия строительного освоения	Условия эксплуатации объектов
	Весьма высокая	**I - III**	**10 - 6**	Строительство особо опасных и технически сложных объектов, как правило, не рекомендуется. Строительство уникальных объектов, и других сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и комплекса противокарстовой защиты	Объектный карстологический мониторинга для сооружений повышенного и нормального уровня ответственности. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера.
	Высокая	**II - IV**	**8 - 5**	Строительство особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и конструктивной противокарстовой защиты.	Объектный карстологический мониторига для сооружений повышенного уровня ответственности. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера.
	Пониженная	**III - V**	**6 - 2**	Строительство особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий. Необходимость выполнения противокарстовой защиты в зависимости от результатов изысканий на участке строительства	Как правило, проведение карстологического мониторинга для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера
	Низкая	**IV - VI**	**5 - 1**	Строительство особо опасных, технически сложных, уникальных экологически опасных объектов, при условии проведения специальных изысканий. Строительство большинства сооружений без ограничений.	Выполнение противокарстовых мероприятий архитектурно планировочного и эксплуатационного характера.
	Отсутствует	**VI**	**1**	Строительство и эксплуатация сооружений без всяких ограничений по карстоопасности.	

Приложение 5
Лист 1

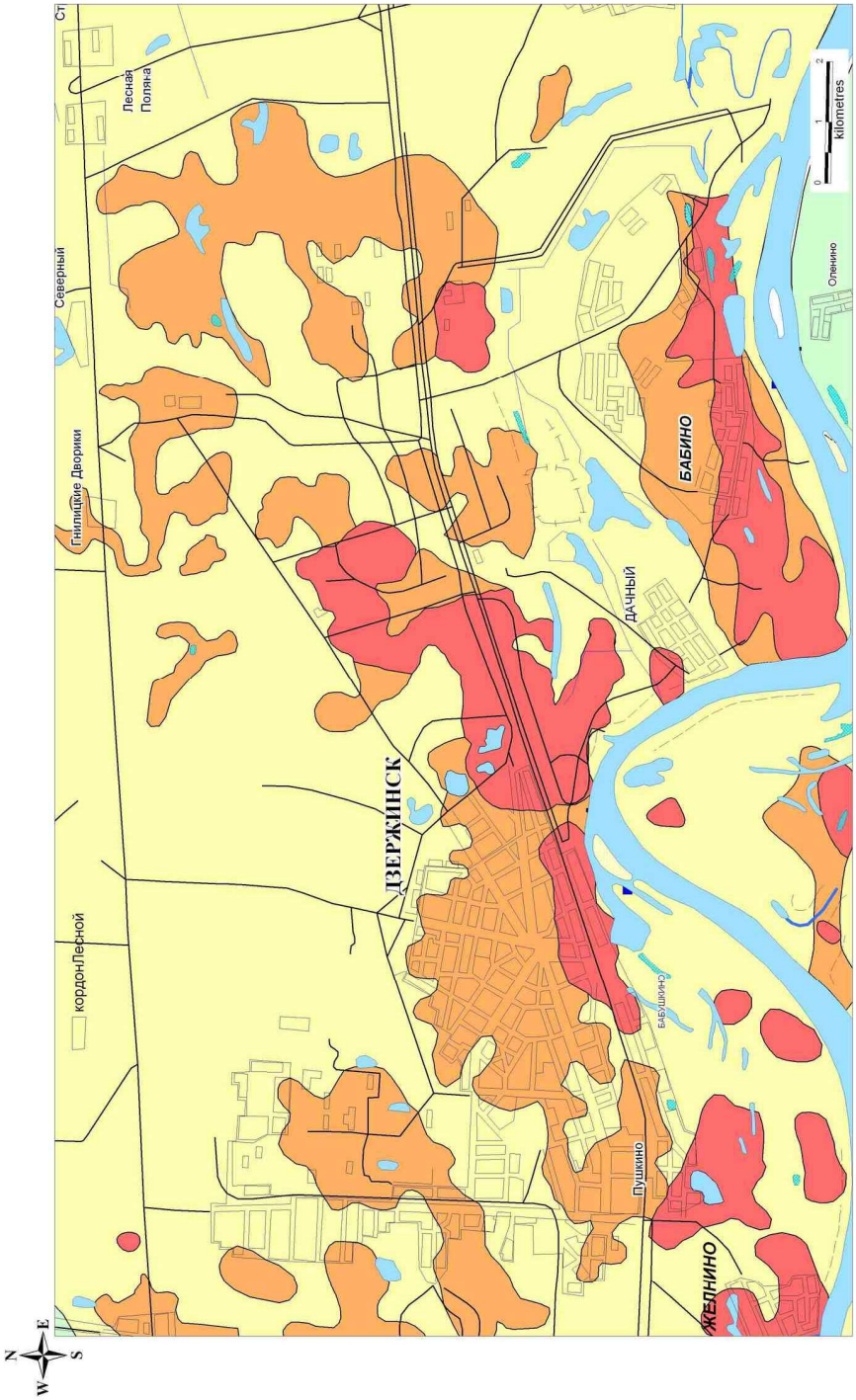


Схематическая карта закарстованности
территории г. Нижнего Новгорода и его окрестностей

Масштаб 1 : 200 000

Условные обозначения (см. Приложение 4)

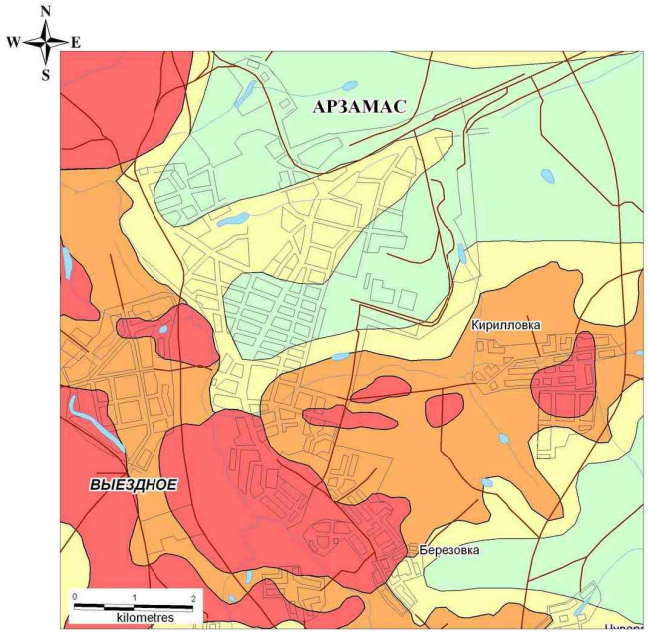
Приложение 5
Лист 2



Схематическая карта закарстованности территории г.Дзержинска и его окрестностей

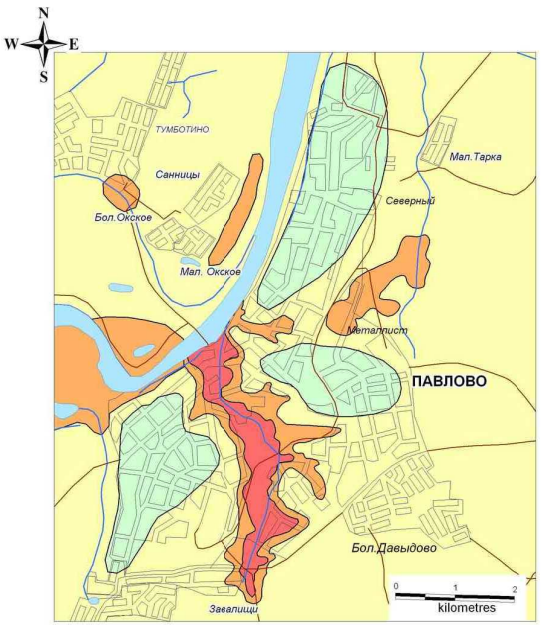
Масштаб 1 : 100 000

Условные обозначения (см. Приложение 4)



Схематическая карта закарстованности
территории г.Арзамаса и его окрестностей

Масштаб 1 : 100 000



Схематическая карта закарстованности
территории г.Павлово и его окрестностей

Масштаб 1 : 100 000

Условные обозначения (см. Приложение 4)

Приложение 5
Лист 3

Приложение 6 (справочное)
лист 1

ХАРАКТЕРНЫЕ ТИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАРСТОВЫХ РАЙОНОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Геологический разрез характерный для Дзержинско-Нижегородского карстового района

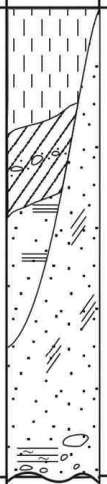
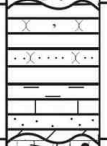
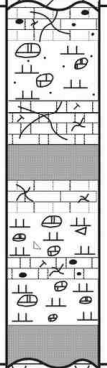
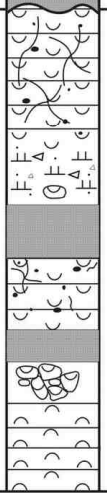
Бурение механическое колонковое

№ слоя	Геологический индекс	Мощность слоя, м	Описание пород	Геолого-литологический разрез	Технология бурения	Типовой выход керна, %
1	**aQ**I-IV	14,0-80,0	Песок кварцевый, мелкий, переходящий вниз по разрезу в средний и разнозернистый, в подошве с гравием и галькой осадочных и кристаллических пород. В кровле слоя возможны прослои супеси и суглинков, в подошве - иловатых глин и суглинков. Возможны локальные разуплотненные зоны.		С промывкой глинистым раствором	Без отбора керна
2	**P_2ur**	0,0-40,0	Глины коричневые, красновато-коричневые, мергелистые и алевритистые, переслаивающиеся с алевролитами от слабосцементированных до крепких, с прослоями алевритов, реже песков полимиктовых, мергелей, доломитов, песчаников и гипса. Возможны полости, заполненные водой, высотой до 0.5м, по прослоям выщелоченных гипсов.		С промывкой или подливом воды	не менее 90%
3	**P_2kz**	0,0-25,0	Известняки и доломиты сильно трещиноватые, закарстованные. Разрушенные зоны, представленные щебнем и дресвой в известково-доломитовой муке. Полости высотой до 10 м, заполненные как водой, так и песчано-глинистым и обломочным материалом.		Без промывки, укороченным рейсом (0,5 м)	не менее 50-70%
4	**P_1s**	> 25,0	В кровле гипс мощностью до 10 м, как правило, трещиноватый и кавернозный, ниже ангидрит монолитный. Возможно переслаивание гипса кавернозного и ангидрита до глубины 20 м и более. В толще встречаются зоны цементации древнего карста, представленные пестроокрашенными обломками гипса, сцементированными глиной; полости, заполненные водой, песчаным и обломочным материалом с гипсово-доломитовой мукой.		С промывкой водой	80-90%

Приложение 6 (справочное)
Лист 2

Геологический разрез характерный для Арзамасско-Павловского карстового района

Бурение механическое колонковое

№ слоя	Геологический индекс	Мощность слоя, м	Описание пород	Геолого-литологический разрез	Технология бурения	Типовой выход керна, %
1	а)dsQ_{II-III} б) gQ_I в) fQ_I г)aQ_{III-IV}	0,0-24,0 0,0-12,0 0,0-12,0 0,0-20,0	а) Делювиально-солифлюкционные образования: суглинки лессовые с прослоями и линзами песков и супесей, просадочные и непросадочные. б) Гляциальные отложения: суглинки грубо-опесчаненные, плотные, пески грубозернистые, глинистые с валунами и галькой кристаллических и осадочных пород. в) Флювиогляциальные отложения: пески кварцевые, разнозернистые, с преобладанием мелкозернистых, глинистые, с тонкими прослоями песчанистых глин. г) Аллювиальные отложения речных долин: пески пылеватые до крупнозернистых, с линзами и прослоями суглинков опесчаненных, в подошве слоя часто с глинами иловатыми, с мелкой галькой и валунами.		С промывкой водой	С частичным отбором керна
2	P_2ur	0,0-50,0	Переслаивание глины красновато-коричневой,плотной, трещиноватой, алевролита плотного и трещиноватого, песчаника, мергеля розового и зеленоватого, реже алеврита, известняка и песка.		С частичной промывкой	не менее 90%
3	P_2kz	0,0-28,0	Известняки трещиноватые, сильно кавернозные, доломиты известковистые, местами окремненные, прослоями кавернозные, интенсивно закарстованные. Чередование тонких окремненных прослоев с известково-доломитовой мукой, со щебнем и дресвой. Полости заполненные песчано-глинистым и обломочным материалом, высотой до 6-7м. Полости частично незаполненные или частично заполненные.		Без промывки	не менее 60-70%
4	P_1s	> 30,0	В кровле гипс от крупно- до скрытокристаллического трещиноватый, кавернозный, прослоями разрушен до щебня и муки сгнездами и прослоями реликтового ангидрита. Полости, заполненные водой, высотой до 2-3м. Полости, заполненные привнесенным материалом, высотой до 7м. Древние карстопроявления: пестроокрашенные обломки гипса, сцементированные огипсованной глиной. Ангидрит голубовато-серый. Ангидрит голубовато-серый, плотный.		С промывкой водой	до 90%

Приложение 6 (справочное)
Лист 3

Геологический разрез характерный для Выксунско-Первомайского карстового района

Бурение механическое колонковое

№ слоя	Геологический индекс	Мощность слоя, м	Описание пород	Геолого-литологический разрез	Технология бурения	Типовой выход керна, %
1	fQ_I	0,0-18,0	Песок разнозернистый с прослойками суглинка и глин опесчаненных.		Бурение "всухую" с обсадкой трубами	70-80%
2	gQ_I	0,0-13,5	Суглинок, глина грубоопесчаненные, с галькой и валунами кристаллических пород.			
3	aQ_{I-IV}	0,0-18,0	Пески разной крупности кварцевые с прослоями, суглинков, суглинки с прослоями песков.			
4	J_2bt-k	0,0-14,0	Глина от синевато-черной до серой, с прослоями песков.			
5	P_2kz	0,0-30,0	Переслаивание муки (с дресвой и щебнем) доломитовой мощностью до 10 м с известняками и доломитами крепкими, трещиноватыми, участками окремненными.[x)]			
6	P_1a	0,0-40,0	Переслаивание известняков и доломитов пористых, кавернозных, участками окремненных или разрушенных до обломков и щебня, с известково-доломитовой мукой, также со щебнем и дресвой материнских пород. Мощность слоев от 0,1 м до 17 м.[x)]			
7	C_3	> 50,0	Доломиты, известняки участками окремненные, прослои известково-доломитовой муки со щебнем и дресвой материнских пород. Мощность прослоев доломитовой муки до 2-4 м.[x)]		Бурение "всухую" и с подливом воды	

[x)]- Возможны карстовые полости.

Приложение 7 (справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

№№ п/п	Муниципальные образования	
1	2	
	Городские округа	
1	Нижний Новгород	
2	Арзамас	
3	Дзержинск	
4	Павлово	
5	Саров	
	Муниципальные районы	Городские и сельские поселения *)
1	2	3
1	Ардатовский	Автодеево Ардатов Атемасово Беляево Березовка Венец Выползово Голяткино Журелейка Измайловка Канерга Каркалей Кологреево Котовка Круглово Кужендеево Кузятово Леметь Липовка Личадеево Михеевка Мухтолово Надежино Писарево Помелиха Размазлей Ризадеево Саконы Стексово Туркуши Хохлово Чуварлей-Майдан
2	Арзамасский	Абрамово Балахониха Бебяево Березовка Большое Туманово

1	2	3
		Ветошкино Водоватово Волчиха Волчиха Выездное Казаково Каменка Кирилловка Ковакса Кожино Костылиха Котиха Красное Криуша Ленинское Ломовка Морозовка Мотовилово Наумовка Никольское Новоселки Новый Усад Пешелань Пешелань Питер Протопоповка Пустынь Саблуково Селема Селякино Слизнево Старая Пустынь Судеб Успенское 1ое Хватовка Чернуха Шатовка Шерстино
3	Балахнинский	Балахна Большое Козино Бредово Конево Лукино Малое Козино Первое Мая
4	Богородский	Алешково Арапово Афанасьево Березовка Буревестник Венец Доскино Дуденево Каменки Ключищи Лакша

1	2	3
		Сокол Солонское Теряево Хвощевка Шапкино Швариха
5	Большеболдинский	Головачевка Жданово Молчаново Пересекино Старое Ахматово Свирино Усад Черновское
6	Борский	Белкино Бол.Пикино Бор Высоково Городищи Дрюково Ивановское Каликино Кантаурово Кр.Слобода Наумово Орлово Останкино Память Парижской коммуны Першино Плотинка Санда Селищи Шубино
7	Бутурлинский	Большие Бакалды Большая Якшень Борнуково Бутурлино Вергизаи Инкино Каменищи Кремницкое Перчалей Смагино Сурадеево Ягубовка
8	Вадский	Вад Дубенское Елховка Крутой Майдан Лопатино Меленино с/з “Новый мир” Орел Петлино п. уч. “Равенство” с-за “Новый мир” Стрелка

1	2	3
		Троицкое 1ое Троицкое 2ое Умай Щедровка
9	Вачский	Арефино Белавино Болотниково Вача Давыдово Жайск Звягино Зеленцово Казаково Клин Кошелево Митино Новоселки Филинское Фофаново Чулково д. Шишкино с. Шишкино Яковцево
10	Вознесенский	Аламасово Бахтызино Благодатовка Борки Бутаково Вознесенское Илев Мотызлей Нарышкино Починки Сарма Сарнинский Майдан Торжок Хохлиха Шаприха
11	Володарский	Володарск Ильина Гора Ильино Красная Горка Мулино Мячково Решетиха Седельниково Смолино Талашманово Фролищи Центральный
12	Выксунский	Ближне-Песочное Виля Досчатое Змейка Мотмос Нижняя Верея

1	2	3
12	Выксунский	Новая Деревня Туртапка Шиморское
13	Гагинский	Березники Ветошкино Гагино Зверево Ивково Исупово Какино Ломакино Ляпня Мишуково Моисеевка Осиновка Паново-Осаново Покров Субботино Сыченки Ушаково Шерстино Юрьево
14	Городецкий	Аксентис Вяловская Высоково Городец Дроздово Заволжье Зарубино Зиняки Ковригино Митрофаново Серково Смольки Соловейка Ткалино Федурино
15	Дивеевский	Большое Череватово Дивеево Елизарьево Ичалово Канново Кременки Лихачи Ореховец Полупочинки Рузаново Сатис Смирново Стуклово Суворово Челатьма Яковлевка

1	2	3
16	Кстовский	Афонино Большая Ельня Великий Враг Вязовка Зелецино Кстово Митино Опалиха Подновье д. Черемисское
17	Кулебакский	Благовещенка Ивановка Ломовка Меляево Михайловка Мурзицы Петровка Саваслейка Серебрянка Теплово Шилокша
18	Лукояновский	Большое Маресьево Владимировка Гаврилово Елфимово Кельдюшево Крюковка Лопатино Лукоянов Малая Поляна Малое Мамлеево Неверово Никулино Новомихайловка Печи Пичингуши Покровка Саврасово Салдаманов Майдан Санки Ульяново Чиргуши
19	Навашинский	Большое Акулово Валтово Волосово Горицы Ефаново Коробково Левино Мартюшиха Монаково Навашино Натальино Новошино Поздняково Рогово

1	2	3
		Рудяково Салавирь Сонино Спас-Седчино Степурино Степурино Угольное Чудь
20	Павловский	Абабково Вареж Верхнее Кожухово Ворвань Ворсма Гомзово Горбатов Грудцино Кишемское Комарово Коровино Лаптево Молявино Пурка Таремское Тумботино Чмутово Щепачиха Ярымово
21	Первомайский	Бабино Берещино Берещино Большой Макателем Григорьевка Елховка Зеленый городок Кошелиха Малый Макателем
		Нелей Николаевка Новая Петровка Обухово Петровка Сатис Успенское Шутилово
22	Перевозский	Вельдеманово им. Дзержинского Дубское Ичалки Перевоз Пилекшево Танайково Тилино Центральный

1	2	3
23	Починковский	Азрапино Арзинка Василевка Виноградовка Дивеев Усад Ильинское Коммунар Кочкурово Мадаево Малая Пуза Маресево Наруксово Новое Урюпино Новоспасское Починки Пузская Слобода Ризоватово Садовка Саитовка Сырятино Ужовка Ужово Учуево-Майдан Шагаево
24	Сергачский	Камкино Красная Пустынь Пожарки Сергач Шубино Яново
25	Сосновский	Бараново Венец Виткулово Глядково Давыдово Елизарово
		Крутые Лесуново Малахово. Николаевка Панино Рожок Рыльково Селитьба Сосновское Яковское
26	Чкаловский	Чистое

1	2	3
27	Шатковский	Архангельское Алемаево Большие Печерки Быков Майдан Великий Враг Вечкусово Выползово Елховка Калапино Кардавиль Кержемок Ключищи Корино Костянка Красные Выселки Красный бор Лесогорск Неледино Новое Паново Ратманово Силино Смирново Старое Иванцево Хирино Чапары Шарапово Шатки Языково

Примечание:

**) Закарстованность территорий небольших сельских поселений, не вошедших в настоящий перечень, следует уточнять по «Карте развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов Нижегородской области» (приложение 4)*

Приложение 8 (обязательное)

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

1. Отвод земельных участков для строительства, расположенных на закарстованных территориях, осуществляется в соответствии с земельным и градостроительным законодательством с учётом специфики закарстованных территорий (опасность деформаций зданий и сооружений, особая чувствительность к техногенным воздействиям, необходимость проведения на участке специальных инженерных изысканий, инженерной подготовки, конструктивной противокарстовой защиты и т.д.).

2. Отвод земель на закарстованных территориях должен осуществляться в соответствии с градостроительным регламентом и другой утверждённой градостроительной документацией.

3. Особенностью отвода земель на закарстованной территории для зданий и сооружений повышенного и нормального уровней ответственности является необходимость предварительного согласования размещения объекта строительства с точки зрения карстоопасности на основании действующих карт закарстованности и данных карстологического мониторинга (для территорий, где такой мониторинг ведётся). Такое согласование заключается в получении предварительных заключений от организаций, обладающих соответствующей инженерно-геологической информацией по данной территории.

4. При выносе в натуру границ земельного участка исполнителями наносятся на план все зафиксированные деформации земной поверхности (воронки, просадки, оседания и т.п.). Об этом информируются заказчик и при необходимости специализированные организации для уточнения характера и степени опасности выявленных деформаций и разработки рекомендаций по противокарстовой защите.

5. В выдаваемом застройщику документе, удостоверяющем право на земельный участок, следует устанавливать соответствующие обязательства застройщика (землепользователя) в отношении проведения специальных изысканий по оценке карстоопасности и противокарстовой защиты, ограничения характера и степени техногенных воздействий на геологическую среду, возможных ограничений по конструкциям фундаментов, производству работ нулевого цикла и т.п.

Приложение 9 (справочное)

ПРИМЕРЫ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ (таблица 1) И ПЕРЕЧЕНЬ КРУПНЫХ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ (таблица 2)

Таблица 1

Год	Наименование объекта и характер аварии	Характер ущерба	Основная причина аварии
1	2	3	4
1959	Разрушение жилого дома в Дзержинске вследствие провала диаметром 25 м, глубиной 9 м	Социальный и экономический	Отсутствие изысканий
1960	Сход вагонов грузового поезда на линии Москва-Горький на перегоне ст.Сейма — ст.Желнино вследствие провала диаметром 7 м и глубиной 4 м	Социальный и экономический	Отсутствие специального мониторинга
1961	Разрушение здания душевой на территории Дзержинской ТЭЦ вследствие провала диаметром 26 м и глубиной 5,5 м	Экономический	Отсутствие карстологических изысканий, конструктивной противокарстовой защиты
1966	Разрушение дамбы и автодороги, ведущей к Желнинскому водозабору (район г.Дзержинска), вследствие провала диаметром 7 м и глубиной 2 м	Экономический, социальный	Отсутствие карстологических изысканий
1968	Частичное разрушение каркасного промышленного здания (ПО «Заря») в Дзержинске вследствие карстовой просадки под фундаментом	Экономический	Ошибки в проектировании (отдельно стоящие фундаменты)
1970	Разрушение здания ветлечебницы в г.Дзержинске вследствие провала диаметром 12,5 м и глубиной 1 м	Социальный и экономический	Отсутствие конструктивной защиты здания.
1970	Частичное разрушение производственного здания на территории Дзержинской ТЭЦ	Экономический	Отсутствие конструктивной защиты здания
1973	Разрушение жилого дома на ул.Дубравной в Н.Новгороде вследствие образования провала диаметром 14 м и глубиной 1,5 м	Социальный и экономический	Отсутствие карстологических изысканий и конструктивной защиты
1977	Разрушение подъездного железнодорожного пути на Дзержинской ТЭЦ вследствие провала диаметром 16 м и глубиной 7,5 м	Экономический	Отсутствие карстологических изысканий

1	2	3	4
1978	Разрушение трансформаторной подстанции ПО «Корунд» в г.Дзержинске вследствие провала диаметром 9 м	Экономический	Отсутствие конструктивной защиты
1980	Деформация жилого дома в г.Ворсма Павловского района вследствие провала диаметром 4 м и глубиной 2 м	Социальный и экономический	Отсутствие изысканий
1989	Повреждение здания локомотивного депо ПО «Корунд» вследствие провала диаметром 1,6 м и глубиной 1,9 м. (г.Дзержинск)	Экономический	Отсутствие специального мониторинга, отсутствие конструктивной защиты
1990	Деформация железнодорожного полотна на 411 км железной дороги Москва-Горький вследствие провала диаметром 2 м и глубиной 1,6 м	Экономический	Отсутствие специального мониторинга
1992	Разрушение каркасного промышленного здания ПО «Дзержинск Химмаш» в г.Дзержинске вследствие провала диаметром 30 м и глубиной 10 м	Экономический	Ошибки в изысканиях и проектировании (отдельно стоящие фундаменты). Непрофессиональное вмешательство властных структур в проектно-изыскательские работы.
1992	Деформация железнодорожного полотна на 472 км перегона Перевоз-Смагино вследствие провала диаметром 4 м и глубиной 6 м	Экономический и социальный	Отсутствие специального мониторинга
1993	Разрушение каркасного промышленного здания (склада хлора) на Ново-Сормовской водопроводной станции (г.Нижний Новгород)	Экономический и социальный	Ошибки в изысканиях и проектировании (отдельно стоящие фундаменты)
1993	Деформация железнодорожного полотна на перегоне ст.Дзержинск — ст.Игумново вследствие провала диаметром 1,3 м и глубиной 0,8 м	Экономический	Отсутствие специального мониторинга
1994	Крушение грузового поезда на перегоне ст.Пешелань-ст.Арзамас-I вследствие образования карстового провала под железнодорожным путем	Экономический, экологический	Отсутствие специального мониторинга
1994	Загрязнение подземных вод вследствие захоронения жидких промышленных отходов в карстовом понижении (ПО «Оргстекло», г.Дзержинск)	Экологический	Несанкционированная свалка в карстовой воронке
1995	Деформация железнодорожного полотна на перегоне ст.Сейма-ст.Желнино - (395 км) вследствие локального оседания диаметром 37 м	Экономический, социальный	Отсутствие специального мониторинга

1	2	3	4
1995	Разрушение хозяйственных построек вследствие образования провала диаметром 9 м в с.Чудь Навашинского р-на	Экономический и социальный	Отсутствие карстомониторинга
1995	Разрушение строящегося газопровода вследствие карстового провала диаметром 18 м и глубиной 4 м в с.Коробково Навашинского района	Экономический	Отсутствие противокарстовой защиты, ошибки в изысканиях
1996	Деформация жилого дома в г.Павлово вследствие провала диаметром 7,5 м и глубиной 3м	Экономический и социальный	Отсутствие изысканий и противокарстовой конструктивной защиты
1996	Разрушение здания магазина в г.Павлово вследствие провала диаметром 7,5 м и глубиной 3 м	Экономический и социальный	Отсутствие изысканий и противокарстовой конструктивной защиты
1996	Повреждение здания СМУ-3 в г.Дзержинске вследствие провала диаметром 5,8 м и глубиной 2,2 м	Небольшой экономический	Наличие противокарстового фундамента предотвратило полное разрушение здания.
1996	Разрушение участка дороги у ПО «Корунд» (г.Дзержинск) вследствие провала диаметром 14,5 м и глубиной 3,5 м	Экономический	Утечка воды из водовода в грунт
1997	Деформация жилого дома в г.Арзамасе вследствие оседания	Социальный и экономический	Отсутствие противокарстовой защиты
1997	Деформация жилого дома в г.Арзамасе вследствие провала диаметром 8 м	Социальный и экономический	Отсутствие противокарстовой защиты
2003	Карстовый провал у железнодорожного пути в районе ст.Теша Навашинского р-на.	Экономический	Отсутствие специального мониторинга
2007	Разрушение участка трамвайного пути в г.Дзержинске вследствие карстового провала диаметром 17 м и глубиной 4,5 м.	Экономический, социальный	Отсутствие специального мониторинга
2008	Локальное оседание диаметром 6 м, вблизи железнодорожного пути на перегоне ст.Сейма-ст.Желнино (395 км)	Экономический	Отсутствие должного специального мониторинга
2009	Провал диаметром 11 м, глубиной 2 м (в 30 м от железнодорожного пути на участке ст.Навашино-ст. Арзамас, 402 км)	Экономический	Отсутствие специального мониторинга

Таблица 2

Год	Местоположение	Размеры (диаметр d, глубина h)
1	2	3
1920	Р.п. Шатки	d = 40 м
1928-30	Д.Чапары Шатковского района	d = 40 м, h = 7,0 м
1932	Д. Балахониха Арзамасского района	d = 100 м, h = 25 м
1938	Окраина д. Шепелиха Павловского района	d = 35 м, h = 25 м
1940	Д. Чернореченские Дворики Дзержинского района	d = 30 м, h = 2 м
1946	С. Лесниково Вачского района	d = 25 м, h = 20 м
1948	В 1 км севернее с. Стрелка Вадского района	d = 20 м, h = 15 м
1949	Д. Пиявочное Арзамасского района	d =25 м, h = 3 м
1956	П.Тёплое (г.Дзержинск)	d ~ 60 м, h = 7,0 м
1957	В 2 км севернее с. Ивково Гагинского района	d = 45 м
1957	Вблизи с. Валтово Навашинского района	d = 40 м
1957	В окрестностях д. Венец Сосновского района	d = 90 м, h = 27 м
1957	Вблизи ПО «Корунд»(г.Дзержинск)	d = 30 м
1957	В 1 км севернее с. Невадово Вачского района	
1959	В окрестностях с. Великий Враг Шатковского района	d = 35 м, h = 9 м
1963	Дзержинская ТЭЦ (г.Дзержинск)	d = 25 м, h = 5,5 м
1965	Вблизи пос. Мухтолово Ардатовского района	d = 24,5 м, h = 9 м
1965-67	Д.Грудцино Павловского района	d ~ 50 м
1967	Вблизи п. Колодкино у г. Дзержинска	d = 31 м, h = 10 м
1968	Вблизи пос.Мухтолово Ардатовского района	d = 25 м, h = 6,2 м
1969	Окрестности п.Чернухи Арзамасского района	d ~ 55 м, h = 6 м
1969	П.Чернуха Арзамасского района	d ~ 90 м, h = 8 м
1969	Д.Озерки Сосновского района	d ~ 57 м, h = 17 м
1971	В окрестностях п. Свердлова (г. Дзержинск)	d = 21 м
1973	Д.Болдырево Павловского района	d ~ 80 м, h = 30 м
1974	В д. Ворвань Павловского района	d = 38 м
1976	Окрестности п.Шатки	d = 40 м, h = 1,7 м
1978	Д.Болдырево Павловского района	d ~ 115 м, h = 50-55 м
1978	Окрестности п.Чернухи Арзамасского района	d ~ 36 м
1978	С.Великий Враг Шатковского района	Размеры в плане 200х60 м, h = 0,7 м
1980	В окрестностях д.Возрождение Бутурлинского района	d = 52 м, h = 18 м

1	2	3
1998	В окрестностях п. Чернуха (Арзамасский район)	d = 36 м, h = 17 м
2005	В окрестностях д. Болотниково Вачского района, на дне озера	Размеры в плане 30х60 м, h = 20 м