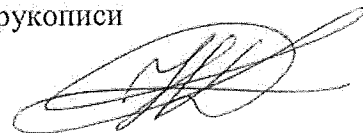


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.Ломоносова

На правах рукописи



Кузнецова Наталья Владимировна

**ОЦЕНКА ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ, ИМЕЮЩИХ БОЛЬШОЕ
КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ, ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ
МОНИТОРИНГА (НА ПРИМЕРЕ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА МОСКВЫ)**

Специальность 25.00.08 — инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
доктор геолого-минералогических
наук, профессор
Королёв Владимир Александрович

Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МОНИТОРИНГЕ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫМ СООРУЖЕНИЯМ	9
1.1 Проблема охраны зданий – памятников истории и культуры.....	9
1.2 Современные представления о литотехнических системах.....	10
1.3 Литотехнические системы, относящиеся к историческим зданиям и территориям: основные направления исследований.....	15
1.4 Современные представления о мониторинге литотехнических систем.....	26
1.5 Теория и существующая практика обоснования мониторинга литотехнических систем, относящихся к историко-культурным сооружениям.....	29
1.6 Основные проблемы, связанные с методами мониторинга.....	34
Выводы и постановка задач исследования	39
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	41
2.1 Выбор литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	41
2.2 Инженерно-геологические условия территорий литотехнических систем историко- культурных сооружений	42
2.2.1 Инженерно-геологические условия площадки размещения здания Государственного Академического Большого театра РФ.....	42
2.2.2 Инженерно-геологические условия площадки размещения здания Московской Государственной консерватории им. П.И. Чайковского.....	54
2.3 Характеристика и состояние технических подсистем литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	63
2.3.1 Характеристика и состояние технической подсистемы литотехнической системы, относящейся к зданию ГАБТ РФ.....	63
2.3.2 Характеристика и состояние технической подсистемы литотехнической системы, относящейся к зданию Московской Государственной консерватории им. П.И. Чайковского.....	80
2.4 Взаимодействие между геологической и технической подсистемами исследуемых литотехнических систем.....	93
Выводы к главе 2	95
ГЛАВА 3. ПОНЯТИЙНАЯ БАЗА МОНИТОРИНГА ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ	97
3.1 Понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения» (ИЛТС)....	97

3.2 Понятие о видах литотехнических систем историко-культурных сооружений	99
3.3 Базовые понятия мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений	101
Выводы к главе 3.....	104
ГЛАВА 4. ВАЖНЕЙШИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ.....	104
4.1 Факторы формирования и динамика литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	104
4.1.1 Изменение градостроительной среды.....	104
4.1.2. Изменение состояния грунтового массива.....	107
4.1.3. Разрушение материалов конструкций.....	108
4.1.4. Реконструкция, реставрация и приспособление зданий – памятников истории и культуры.....	111
4.2 Важнейшие особенности геологической и технической подсистем литотехнических систем историко-культурных сооружений	114
4.3 Особенности геологической подсистемы литотехнических систем историко-культурных сооружений	115
4.3.1 Наличие техногенных грунтов	116
4.3.2. Изменение гидрогеологических условий.....	120
4.3.3. Изменение рельефа территории	127
4.3.4. Изменение состава, структуры и свойств грунтов	128
4.3.5. Активизация инженерно-геологических процессов.....	131
4.4 Особенности технической подсистемы литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	139
4.4.1 Возраст	139
4.4.2 Уникальность.....	140
4.4.3 Конструктивные особенности.....	140
4.4.5 Особенности эксплуатации	142
4.5 Оценка устойчивости как новый подход к оценке состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	143
4.5.1 Критерии оценки механического фактора устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений для обоснования их мониторинга.....	152

4.5.2 Критерии оценки геодинамического фактора устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений для обоснования их мониторинга.....	157
Выводы к главе 4.....	162
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ МОНИТОРИНГА.....	165
5.1. Оценка состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений с точки зрения нормативных документов	165
5.2. Категории состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	166
5.3. Оценка состояния историко-культурных литотехнических систем, относящихся к ГАБТ РФ и МГК им. П.И. Чайковского	169
Выводы к главе 5.....	173
ГЛАВА 6. СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	174
6.1 Основные принципы организации мониторинга.....	174
6.2 Принципиальная схема обоснования мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	174
6.3 Временной регламент мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	182
6.4 Пространственная структура мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	185
6.5 Целевая комплексная программа мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений.....	186
6.6 Проект системы пунктов получения информации о состоянии литотехнической системы, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского.....	189
Выводы к главе 6	199
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	201
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	203

ВВЕДЕНИЕ

Диссертация посвящена исследованию литотехнических систем, относящихся к зданиям, имеющим большое историческое и культурное значение, для целей обоснования организации их мониторинга. Исследование выполнено на примере литотехнических систем исторического центра Москвы.

Постановка темы обусловлена недостаточной разработкой научно-методической базы обоснования мониторинга литотехнических систем, относящихся к зданиям, имеющим большое историческое и культурное значение и, в первую очередь, необходимостью более глубокого внедрения системного подхода, а также большой научной и практической значимостью мониторинга в контексте сохранения объектов культурного наследия.

Актуальность работы

Большое количество исторических зданий в центре Москвы подвергаются реставрации, реконструкции и приспособлению к современным условиям эксплуатации, сопровождающемуся активным освоением подземного пространства.

Обеспечение безопасности и устойчивости сооружений, являющихся памятниками истории и культуры, требует создания системы мониторинга, учитывающую специфику сооружений и геологической среды, особенности планируемых строительных мероприятий, а также ограничения, налагаемые условиями плотной застройки исторического центра города. Система мониторинга является важным элементом обеспечения устойчивого развития территории города.

Ключевым элементом обоснования мониторинга является объект мониторинга, оценка которого должна осуществляться с позиций системного подхода и рассматривать историческое здание и взаимодействующую с ним часть геологической среды как единую литотехническую систему (литотехническую систему историко-культурного сооружения или ИЛТС).

Несмотря на наличие большого количества методов оценки состояния зданий и инженерно-геологических условий территорий, методика оценки состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений на сегодняшний день отсутствует.

Кроме того, актуальность темы исследования определяется важностью сохранения объектов культурного наследия и необходимостью разработки единой теоретической и методической базы комплексных исследований в области оценки состояния и обоснования мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений.

В связи с этим, **целью** настоящей работы является комплексная оценка литотехнических систем, относящихся к зданиям, имеющим большое культурное и историческое значение, для целей обоснования их мониторинга.

Основными **задачами** работы являлись:

1. Разработка системы понятийно-терминологической базы мониторинга ЛТС, относящихся к историко-культурным сооружениям (ИЛТС);
2. Выделение характерных особенностей ИЛТС исторического центра Москвы, важных для оценки их состояния;
3. Разработка системы критериев оценки состояния ИЛТС;
4. Обоснование структуры системы наблюдений мониторинга ИЛТС;
5. Разработка комплексного подхода к обоснованию мониторинга ИЛТС, базирующегося на системном анализе объекта мониторинга.

Объект исследования: литотехнические системы, относящиеся к зданиям, имеющим большое историческое и культурное значение, и расположенным в историческом центре Москвы (на примере ЛТС ГАБТ и Московской Государственной Консерватории им. П.И. Чайковского).

Предмет исследования: обоснование мониторинга литотехнических систем, историко-культурных сооружений, базирующееся на особенностях их строения, свойств и закономерностях функционирования.

Фактический материал и личный вклад автора

В основу работы положены результаты инженерно-геологических изысканий, обследований основания и фундаментов, мониторинга объектов исследования, а также материалы по инженерно-геологическим условиям исторического центра Москвы. Материал собран лично автором в период с 2008 по 2013 гг. во время работы в ООО «СК «КРЕАЛ» и с 2010 по 2016 гг. в качестве соискателя на кафедре инженерной и экологической геологии МГУ. Автор принимала участие в проведении инженерно-геологических изысканий, обследовании основания и фундаментов, проектировании наблюдательной сети, проведении мониторинга анализируемых ИЛТС, обобщении полученного материала и его научном анализе.

Практическое значение

Результаты работы частично использованы при разработке системы мониторинга Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского. Разработанный подход к оценке состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений может быть использован для обоснования мониторинга других аналогичных ИЛТС и совершенствования нормативно-методической базы обоснования мониторинга.

Достоверность научных результатов исследования научных результатов исследования подтверждается анализами в публикациях по теме работы, анализом и обработкой обширного фактического материала, сопоставлением собственных выводов с достижениями других авторов, опубликованными в научной литературе. Выводы, сделанные на

основе полученного в ходе работы материала, согласуются с результатами наблюдений за реальными ЛТС исторических зданий.

Научная новизна

1. Введено понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения» (ИЛТС).
2. Разработан комплексный системный подход к оценке состояния ИЛТС, основанный на анализе различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС.
3. Предложена оригинальная система критериев оценки различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС.
4. Разработана система категорий для оценки состояния ИЛТС.

Защищаемые положения

1. Разработан новый подход к оценке состояния ИЛТС, основанный на учете их особенностей и важнейших факторов устойчивости функционирования.
2. Предложена оригинальная система критериев оценки различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС и категорий их состояния.
3. Обоснована структура и методология организации мониторинга ИЛТС, базирующаяся на оценке устойчивости их функционирования и реализованной на примере ИЛТС, относящейся к зданию Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации были доложены и обсуждались на научных конференциях: «Ломоносовские чтения» в МГУ (2011, 2012 и 2013); «Сергеевские чтения» в ИГЭ РАН (2015); «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2012); «Современные проблемы инженерной геодинамики» (2014); конференциях в ПНИИИСе (2012 и 2013), симпозиумах «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси» (Н.Новгород, 2012 и Сергиев Посад, 2015); семинаре по геоэкологии и эволюционной географии в Санкт-Петербурге (2014).

Публикации. По теме работы опубликовано в открытой печати 13 работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа представлена на 216 страницах и состоит из введения, шести глав и заключения. Работа содержит 16 таблиц, 84 рисунка и список литературы из 212 наименований, в том числе 12 зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность и признательность своему научному руководителю д.г.-м.н., профессору В.А. Королеву за постановку задач исследования, помощь, поддержку, ценные советы и конструктивную критику на всех этапах работы, сотрудникам кафедры инженерной и экологической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова,

заведующему кафедры действительному члену РАЕН, д.г.-м.н., профессору В.Т. Трофимову, ученому секретарю кафедры, к.г.-м.н., доценту С.К. Николаевой и к.г.-м.н., доценту Е.Н. Самарину. Автор выражает благодарность сотрудникам ООО «СК «КРЕАЛ» и лично д.т.н. Н.М. Алмазовой и к.т.н. Р.А. Римскому за ценный практический опыт в области инженерно-геологических изысканий на исторических территориях и помощь при сборе материалов для диссертационного исследования. Автор признательна к.г.-м.н. Ю.К. Егорову (ГАУ «Мосгосэкспертиза») и д.г.-м.н. В.М. Кутепову (Институт геоэкологии РАН им. Е.М. Сергеева) за ценные советы и поддержку в процессе написания работы.

Глава 1

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МОНИТОРИНГЕ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫМ СООРУЖЕНИЯМ

1.1. Проблема охраны зданий – памятников истории и культуры

Здания-памятники истории и культуры являются важнейшей частью культурного наследия.

История охраны культурного наследия в России началась в 18 веке, однако, внимание к зданиям и сооружениям как к объектам охраны было обращено лишь в 19 веке. В эпоху правления Николая I был издан ряд указов запрещавших разрушать постройки крепостного зодчества. С течением времени понятия «памятник» и «охрана памятников» эволюционировали, сформировалось охранное законодательство, были заложены основы государственной охранительной системы и сформулированы базовые методические принципы охраны памятников.

На территории Москвы находится более пяти тысяч объектов культурного наследия федерального и регионального значения, и их перечень ежегодно пополняется. В центре Москвы расположены 5375 зданий, построенных до 1917 года, однако, не все они имеют охранный статус. Критериями для отнесения здания к категории памятников истории и культуры являются время постройки, авторство известных зодчих, связь с окружающей застройкой, историческими событиями и различными деятелями.

Для Москвы и других больших городов России актуальными являются проблемы старения и обветшания (ухудшения технического состояния) зданий; сохранения архитектурных и исторических памятников в природной и историко-культурной среде, обоснования системы охранных зон; использования исторических зданий, их приспособления к современным эксплуатационным требованиям и адаптации к современной градостроительной среде; оценки степени адекватности памятников исторической действительности и градостроительной среде, оценки размера допустимых «вторжений» в историческую среду города; взаимодействия исторических и современных зданий и подземных сооружений.

Исторический центр Москвы как крупного мегаполиса не может оставаться законсервированным и неизменным в своем облике, что влечет за собой «конфликт» исторической застройки (необходимостью ее сохранения) и постоянно развивающейся городской средой.

Решение проблемы сохранения зданий-памятников истории и культуры лежит в технической, культурологической, юридической и экономической плоскостях.

В деле сохранения исторических зданий необходим комплексный подход, базирующийся на синтезе знаний из различных областей: архитектурно-строительной, технической, естественнонаучной и гуманитарной.

Междисциплинарный комплексный подход закреплён такими международными документами в области сохранения памятников истории и культуры как Венецианская Хартия (резолуция по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест) (1964) и Хартия Виктории-Фоллз по исследованию и стабилизации структур памятников архитектуры, принятая в 2003 году. Так, согласно основным положениям хартии Виктории-Фоллз, состав и объём изысканий должны обеспечивать адекватную оценку системы «памятник - окружающая среда», прогноз изменений состояний системы обязателен и должен выполняться как на краткосрочную, так и на долгосрочную перспективу.

Длительное время роль инженерно-геологической составляющей в сохранении памятников была недооценена, что часто приводило к тому, что ремонтно-реставрационные работы устраняли последствия, а не причину повреждений зданий-памятников, что вызывало их (повреждений) повторное возникновение. Согласно данным Е.М.Пашкина (1984), в 80 % случаев деформации исторических зданий вызваны инженерно-геологическими причинами.

Развитие теории и практики сохранения недвижимых объектов культурного наследия требует совместной работы специалистов-архитекторов, конструкторов, реставраторов, археологов и инженер-геологов.

Сохранение памятников истории и культуры является делом исключительной важности. Как сказал М.В. Ломоносов, народ, не знающий своего прошлого, не имеет будущего.

1.2. Современные представления о литотехнических системах

Проблема рационального использования и охраны геологической среды возникла перед инженерной геологией в 80-х гг. XXв.

В рамках решения этой проблемы в инженерной геологии начинает развиваться концепция природно-технических систем (ПТС), основанная на рассмотрении искусственных объектов (инженерных сооружений) и взаимодействующей с ними части окружающей среды в зоне их влияния как единой системы. Закономерным результатом развития исследований взаимодействия и взаимовлияния геологической среды и инженерных сооружений стало возникновение понятия «литотехническая система» (ЛТС), которое было введено Г.К. Бондариком.

Значительный вклад в изучение ЛТС внесли Т.И. Аверкина (1997), Л.В. Бахирева (1989), Г.К. Бондарик (1986, 1990, 1996, 2004, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2015), А.Н. Галкин (2009,

2012, 2014), Г.А. Голодковская (1989), Д.Г. Зилинг (2002), В.К. Епишин (1985, 1989), В.А. Королев (1995, 1997, 2007, 2011), Г.Л.Кофф (1990), В.И. Осипов (1990), Е.М. Пашкин (1992, 1993, 1995, 1998, 2010), В.В. Пендин (2012, 2014), А.Д. Потапов (2008), А.Л. Рагозин (1993), В.Т. Трофимов (1985, 1989, 2002, 2006, 2007, 2010), Л.А. Ярг (1990, 2009, 2011, 2015).

На сегодняшний день существует несколько подходов к трактовке и определению понятия «литотехническая система». Принципиальными отличиями приводимых ниже определений являются критерии, на основании которых инженерное сооружение и геологический массив можно считать единой системой.

Согласно определению В.А. Королева (1995, 2007, 2011), ЛТС – это часть природно-технической системы, включающая подсистему инженерных сооружений и взаимодействующую с ней часть литосферы (геологическую подсистему).

Согласно В.Т. Трофимову и Д.Г. Зилингу (2002), ЛТС – это любая комбинация из технического устройства и литосферного блока любой размерности, элементы которой взаимодействуют друг с другом и объединяются единством выполняемой социально-экономической функции.

Трактовка данного понятия Г. К. Бондариком (1990) сводится к определению ЛТС как ПТС, функционирование которой определяют процессы взаимодействия искусственных компонентов с литосферой. Следует отметить, что согласно трактовке понятия ПТС (разновидностью которой является ЛТС) этими учеными, в состав природно-технической системы входят орудия, продукты и средства труда, естественные и искусственно измененные тела, а также естественные и искусственные поля.

Т.И. Аверкина (1997) приводит следующее определение: ЛТС – это целостное естественно-искусственное образование, представленное взаимодействующими техническими объектами и геологическими телами или массивами.

В зависимости от уровня иерархии взаимодействия технической и геологической подсистем выделяются элементарные, локальные, региональные, национальные и глобальные ЛТС.

Так, элементарная ЛТС включает в себя отдельное сооружение (технический объект) и взаимодействующую с ним область литосферы (т. н. сферу взаимодействия или область влияния). Согласно Г.К. Бондарiku (1981, 1990), под сферой взаимодействия следует понимать область литосферы, в пределах которой, в результате взаимодействия с сооружением, изменяется естественный геологический процесс и развиваются инженерно-геологические процессы, оказывающие существенное влияние на сохранность и устойчивость сооружения. Сфера взаимодействия также имеет иерархическую структуру.

На рис. 1.1 представлена структура элементарной ЛТС (Бондарик, 1981, 2007).

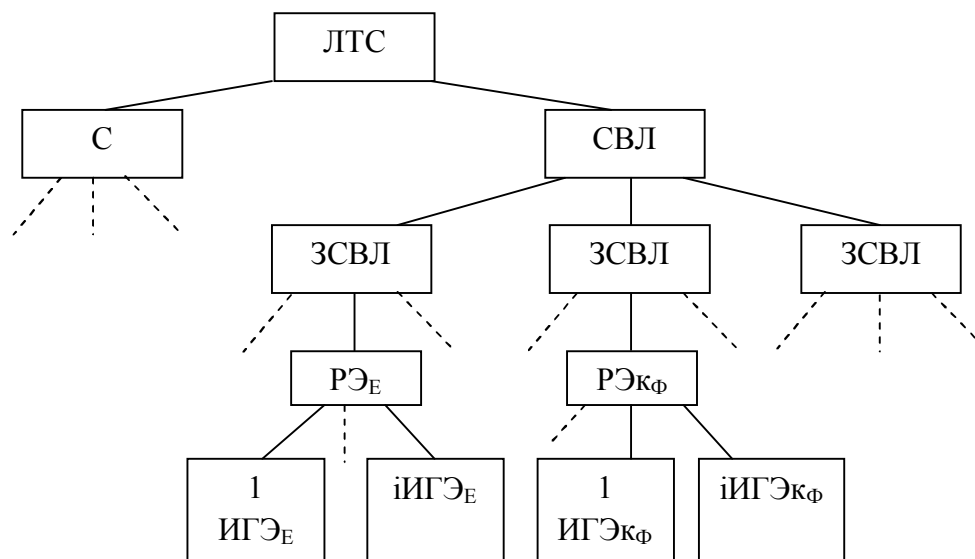


Рис. 1.1. Структура элементарной ЛТС (Бондарик, 1981; Бондарик, Ярг, 2007): С – сооружение, СВЛ – сфера взаимодействия литосферы; ЗСВЛ – зона сферы взаимодействия литосферы; РЭ – расчетный элемент; ИГЭ – инженерно-геологический элемент; подстрочный индекс обозначает параметр, по которому рассчитывают инженерно-геологический процесс (Е – модуль деформации, К_ф – коэффициент фильтрации)

Согласно Г.К. Бондарiku (1981), сфера взаимодействия может быть разделена на зоны, внутри границ каждой зоны развивается один инженерно-геологический процесс. Зоны разделяются на расчетные элементы, которые, в свою очередь, состоят из инженерно-геологических элементов (Бондарик, 1981; Бондарик, Ярг, 2007).

Локальная ЛТС – это пространственно-временная совокупность элементарных ЛТС, сферы взаимодействия которых граничат или пересекаются. Региональные, национальная и глобальная ЛТС представляют собой пространственно-временные совокупности ЛТС более низких иерархических уровней, выделяемые в пределах конкретного региона, страны или планеты в целом. На рис. 1.2 представлено соотношение элементарной и локальной ЛТС (по Королеву, 2007).

На сегодняшний день «системотехнический» подход нашел широкое применение в теории и практике инженерной геологии. Исследования проводятся как в части развития общей теории ЛТС, так и различных ее прикладных аспектов. Значительное количество исследований посвящено изучению области взаимодействия инженерного сооружения и литосферы, ее строению и происходящим в ней процессам (Ананьев, Потапов, 2008; Бондарик, 1996, 2004, 2010; Бондарик, Ярг, 1990, 2009, 2015; Голодковская, Елисеев, 1989; Котлов, 1978), исследованию функционирования ЛТС, влиянию на него техногенных и природных факторов (Бондарев, 2007; Бондарик, 1996, Бондарик, Ярг, 2009, 2015; Голодковская, Елисеев, 1989;

Королев, 1994, 1995, 1997, 2007; Котлов, 1978; Котов, 2001; Трофимов, Зилинг, 2002; Трофимов и др., 1994; Трофимов, Епишин, 1989); математическому моделированию состояния и функционирования литотехнических систем (Бондарик, 1981; Бондарик и соавторы, 2009; Кофф (1990)), прогнозированию изменения состояния и свойств ЛТС (Бондарик, 2010; Бондарик, Ярг, 2009, 2015; Рагозин, 1993), мониторингу и управлению состоянием ЛТС (Бондарик, 1981, 1986, 1996, 2012, 2013; Бондарик, Иерусалимская, 2009; Бондарик, Ярг, 2009, 2015; Голодковская, Елисеев, 1989; Галкин, 2012, 2014; Дзекцер, 2004; Королев, 1995, 1997, 2007, 2011; Рагозин, 1993; Трофимов, 2006, 2007; Трофимов, Епишин, 1985, 1989).

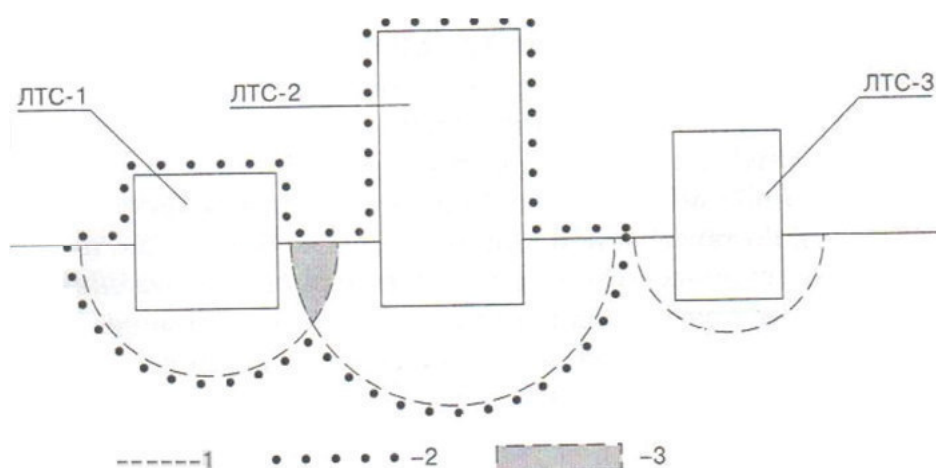


Рис. 1.2. Соотношение элементарных и локальных ЛТС: 1 – зона влияния элементарной ЛТС; 2 – граница локальной ЛТС; 3 – область влияния элементарных ЛТС-1 и ЛТС-2

Базовыми свойствами ЛТС являются: целостность, эмерджентность, структурность, автономность, управляемость, устойчивость, множественность описаний (в силу сложности систем и неограниченного количества свойств их познание требует построения множества моделей в зависимости от цели исследования), территориальность (приуроченность к определенной области пространства), динамичность, сложность и др. Работы, в которых затрагиваются вопросы изучения этих базовых свойств, составляют отдельную группу среди исследований ЛТС. В рамках этого направления следует выделить исследования Г.К. Бондарика (2004, 2009, 2011, 2013, 2015), В.А. Королева (1995, 2007), В.Т. Трофимова (2002). В целом, следует отметить, что данные вопросы освещены в инженерной геологии в существенно меньшей степени, чем в экологической геологии и науках географического цикла.

К наиболее сложным и дискуссионным проблемам концепции ЛТС относятся вопросы синергии технического объекта и геологической среды и эмерджентности свойств ЛТС (Бондарик, 1986, 2004, 2013; Бондарик и др., 2009; Бондарик, Иерусалимская, 2009; Пашкин, 1992; Трофимов и др., 1994; Хоситашвили, 1996).

Различным аспектам устойчивости ЛТС как пространственно-временной характеристике их состояния посвящены работы Г.К. Бондарика и Л.А. Ярм (2004, 2009, 2015), Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисеева (1989), В.А. Королева (2007).

К этой же группе исследований можно отнести работы, посвященные устойчивости геологической среды (Трофимов, Герасимова, Красилов, 1994; Бондарик, Иерусалимская, Ярм, 2008; Г.Р. Хоситашвили (1996)). Несмотря на то, что основным объектом в них является геологическая среда, а не ЛТС, устойчивость геологической среды рассматривается применительно к различным техногенным воздействиям, что является определяющим фактором функционирования ЛТС.

В рамках данных исследований проводится анализ природы и различных пространственных и временных аспектов устойчивости ЛТС, факторов ее определяющих, методов ее оценки. Так, Г.Р. Хоситашвили (1996) выделяет основные факторы обуславливающие устойчивость и разделяет их на две группы – «атрибутивные», определяющие изначальную устойчивость геологической среды (горнопородные, структурные, морфологические, определяющие подверженность современным геологическим процессам) и являющимися постоянными в физическом времени, и «внешние» (атмосферные, гидросферные, биосферные, эндогенные, техногенные), изменяющиеся в физическом времени.

Одним из основных методов оценки устойчивости геологической среды является картографический. Например, Г.К. Бондариком и соавторами (2008) предложена методика составления аналитических и синтетических карт, характеризующих устойчивость области взаимодействия литосферы к различным воздействиям, в том числе нагрузке от наземных сооружений.

Еще одним базовым свойством геосистем является их управляемость. Управление ЛТС с позиций инженерной геологии сводится к принятию геологически обоснованных решений, направленных на обеспечения ее оптимального функционирования (Трофимов, 2006). Значительное количество работ посвящено различным аспектам управления состоянием ЛТС и отдельных их компонентов.

Общим вопросам теории управления ЛТС посвящены работы Т.И. Аверкиной (1997), А.Н. Галкина (2009, 2014), Г.К. Бондарика с соавторами (1986, 2008, 2011, 2012, 2015), В.Т. Трофимова и его сотрудников (2007, 2010). Также отдельные аспекты управления различными видами ЛТС отражены в работах Л.В. Бахиревой (1989), В.Л. Невечери (1997), В.В. Пендина с соавторами (2002, 2010). Одним из важных этапов в данном вопросе является разработанная Г.К. Бондариком теория геокибернетики – системы научных знаний об управлении природно-техническими системами различных уровней, включающей в себя изучение природы движения

ПТС (ЛТС), элементы теории управления ПТС и информационное обслуживание оптимального управления функционированием ПТС (Бондарик, 1996, 2013; Бондарик и др., 2011).

Открытым вопросом в теории ЛТС является их типизация и классификация. В основе большинства из существующих на сегодняшний день классификаций лежит разделение ЛТС по их функциональному назначению, ряд классификаций учитывает особенности воздействий на геологическую среду.

Отдельную группу составляют классификации, в которых учтены особенности геологической подсистемы ЛТС.

Так, в основу систематизации, предложенной Г.К. Бондариком с соавторами, положены компоненты литосферы, особенности взаимодействия природной и технической составляющих системы, экзогенные геологические процессы, границы, режим и методы прогноза их функционирования, а также организационная структура, в рамках которой осуществляется прогноз функционирования и управления системами (Бондарик, 1986, 2013; Бондарик, Иерусалимская, 2009).

Т.И. Аверкиной (1987) разработана типизация ЛТС по степени экологической опасности локальных ЛТС.

Следует также выделить схему типизации литотехнических систем, выполненную применительно к ЛТС территории Белоруссии, разработанная в 2009 году А.Н. Галкиным, которая учитывает генетический подход, а также некоторые структурные, организационные и функциональные особенности ЛТС.

Следует отметить, что составление общей классификации затруднено в связи с исключительным разнообразием ЛТС, что делает более актуальной разработку частных классификаций для отдельных разновидностей ЛТС, например, для ЛТС городских территорий, промышленных предприятий, исторических зданий и территорий.

1.3. Литотехнические системы, относящиеся к историческим зданиям и территориям: основные направления исследований

Литотехнические системы, в которых в качестве технической подсистемы выступают исторические здания, в том числе памятники истории и культуры, требуют подхода, отличающегося от используемого для изучения обычных ЛТС (например, современных гражданских и промышленных зданий). Так, в случае с ЛТС историко-культурных сооружений объектом изучения является не система с запроектированными свойствами, а изучается структура и свойства уже сложившейся и существующей в течение сверхдлительного (в

масштабе ЛТС) времени системы, с неизвестными начальными свойствами, которые к тому же с течением времени могли претерпеть существенные изменения.

Основной целью исследований ЛТС историко-культурных сооружений является обеспечение их сохранности в течение как можно более длительного времени. При этом традиционно основное внимание уделяется наземным конструкциям, в то время как инженерно-геологические факторы обеспечения сохранности остаются на втором плане или игнорируются вообще. Специализированные исследования влияния на сохранность памятников инженерно-геологических условий начали активно развиваться только в 70-х гг. XX века.

Важную роль в развитии этого направления инженерной геологии сыграли Е.М. Пашкин и сотрудники кафедры инженерной геологии Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе.

На кафедре инженерной геологии МГРИ (РГГРУ) был введен термин «историческая природно-техническая система» (ИПТС). К историческим природно-техническим системам (ИПТС) относятся ПТС, которые обладают рядом особенностей: архитектурной и исторической ценностью, сверхпродолжительностью существования, наличием специфического охранного объекта – культурного слоя (Пашкин, 1994, 1998). При этом термины «ПТС» и «ЛТС» считаются синонимами, что приводит к возникновению определенных противоречий с общепринятой терминологией.

ЛТС историко-культурных зданий и сооружений исключительно многообразны. На сегодняшний день наиболее полная их классификация разработана В.В. Пендиным, Л.В. Заботкиной и В.О. Подборской (2012, 2014). Классификация элементарных и локальных ИПТС основана на ранжировании технической и природной подсистем. В таблице 1.1 приведен фрагмент классификации В.В. Пендина и соавторов (2012) для элементарных ИПТС.

Отличительной особенностью данной классификации является то, что в ней фактически впервые достаточно полно рассматриваются особенности геологической подсистемы. Однако, следует отметить, что она может быть дополнена и расширена на основании современных представлений о ЛТС и инженерно-геологическом районировании. Так, в ней не отражены преобладающие инженерно-геологические процессы, которые являются основными факторами изменения состояния ЛТС, возможность залегания в пределах сферы взаимодействия сразу несколько генетических комплексов отложений (в связи с чем представляется целесообразным переход от уровня генетического типа отложений к уровню типа геологической среды). Кроме того, в рамках предложенной классификации используется качественный подход к оценке техногенной нагрузки (она рассматривается в общем виде и оценивается двумя категориями «низкой интенсивности» и «высокой интенсивности»), в то время как для элементарного уровня ЛТС можно рассматривать конкретные нагрузки.

Классификация элементарных ИПТС (Пендин, Заботкина, Подборская, 2012)

I. По первоначальному назначению сооружения					
Культовые сооружения	Жилые и административные здания	Хозяйственно-бытовые, производственные постройки	Фортификационные, транспортно-коммуникационные сооружения	Гидротехнические сооружения	Мемориальные памятники и памятные комплексы
II. По времени строительства					
X-XIII вв. (Архитектура домонгольской Руси)	XIII-XV вв. (Архитектура русских княжеств)		XV-XVIII вв. (Архитектура Московской Руси)	XVIII-XIX вв. (Архитектура Российской империи)	
III. По интенсивности взаимодействия с техносферой в настоящее время					
Низкая по интенсивности техногенная нагрузка (памятники на особо охраняемых территориях, музеях-заповедниках)			Значительная по интенсивности, разнообразная по виду техногенная нагрузка (памятники в крупных мегаполисах, на промышленных территориях)		
IV. По степени сохранности					
Руинированные		Сохраненные неэксплуатируемые		Сохраненные в режиме эксплуатации	
V. По степени сложности строения подсистемы «СВ»					
Простое		Средней сложности		Сложное	
VI. По генетическим типам отложений развитых в пределах подсистемы «СВ»					
Техногенные отложения	Покровные и лессы отложения и лессы	Ледниковый комплекс отложений	Долинный комплекс отложений	Комплекс карбонатных отложений	Комплекс терригенных отложений

Статические и динамические нагрузки на ЛТС которые могут быть охарактеризованы количественно.

В целом, вопросы классификации и исторических ЛТС исторических зданий сохраняют свою актуальность, во многом в связи с тем, что каждая система «историческое здание–геологическая среда» является уникальной.

На сегодняшний день основными направлениями исследования литотехнических систем историко-культурных сооружений являются: изучение строения и свойств ИПТС, исследование взаимодействий между технической и геологической подсистемами, в том числе эволюционных преобразований, происходящих в системе на протяжении всего времени ее существования, моделирование ИПТС; определение и рекомендации по устранению причин деформирования памятников истории и культуры; комплексное изучение инженерно-геологических условий исторических территорий, определение влияния отдельных компонентов инженерно-геологических условий на сохранность зданий-памятников; разработка инженерно-геологической составляющей управления состоянием литотехнической системы; обоснование мониторинга.

Значительная методическая работа была проведена при многолетних наблюдениях, проводимых сотрудниками МГРИ-РГГРУ в Свято-Троицкой Сергиевой Лавре под руководством В.В.Дмитриева (Дмитриев, 2000, 2013, 2014; Кугушева, 2009, 2016), на территории Кирилло-Белозерского монастыря (Пендин и соавторы, 2010), Ростовского и Рязанского Кремлей (Купцов, Романова, 1995; Печкина, 2015). В ходе этих исследований были получены новые данные о факторах, влияющих на устойчивость памятников истории и культуры, в т. ч. об инженерно-геологических процессах, протекающих в их основании, а также о закономерностях функционирования ЛТС исторических зданий и сооружений.

Работы Вязковой О.Е. посвящены разработке теории и методологии исследования природно-археологических систем (ПАС), многие положения которых применимы и для ИПТС в целом.

Изучению причин деформаций исторических зданий и оценке влияния компонентов инженерно-геологических условий (в первую очередь, гидрогеологических условий и геологических и инженерно-геологических процессов) на сохранность исторических зданий посвящены работы Е.С. Дзекцера (1993, 1997, 1999, 2000, 2002, 2004), В.В. Дмитриева (2014, 2015), Е.В. Косыгина (2004), В.М. Кувшинникова и В.В. Пономарева (2003), В.О. Подборской (1988), В.Л. Невечери (1997), Е.М. Пашкина и соавторов (1984, 1993, 1996, 1998, 2002), В.В. Пендина и соавторов (2002, 2010), В.С. Скального и соавторов (1999, 2001, 2002, 2003, 2009), В.М. Швеца с соавторами (1998).

Основные разновидности деформаций исторических зданий, выделенные Е. М. Пашкиным (1998), представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Основные виды деформаций исторических зданий (Пашкин, 1998)

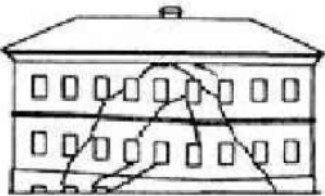
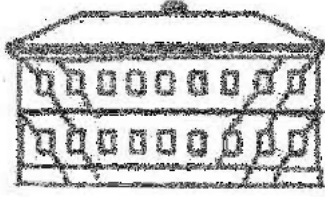
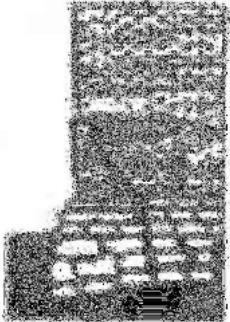
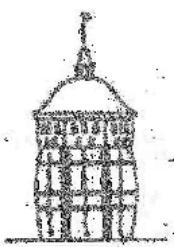
	Разновидности деформаций	Причины деформаций	Примеры деформаций
1	Сводчатые трещины 	Осадка средней части зданий, стен по следующим причинам: 1. Ухудшение состояния грунтов от замачивания в результате нарушения поверхностного стока, утечек воды из коммуникаций, нарушения отмосток и т.п.; 2. Суффозионный вынос грунта сосредоточенной инфильтрацией с образованием пустот; 3. Многократное проявление морозного пучения.	Участок Кирилло-Белозерского монастыря, церковь Рождества Богородицы вс. Поярково, церковь Рождества Богородицы в Ростове Великом, здания XVIII-XIX вв. исторической застройки города Москвы.
2	Осадки крайних частей зданий-памятников 	1. Просадочные явления от замачивания лессов и лессовидных суглинков; 2. Сгнившие сваи под фундаментами угловых частей зданий-памятников; 3. Проявление морозного пучения; 4. Сооружения вблизи памятников котлованов, траншей, водопроводящих коммуникаций; 5. Возведение в непосредственной близости от памятника нового здания; 6. Действие вибрационных нагрузок.	Троицкий Собор Свенского монастыря в Брянске, памятники г. Каргополя, флигеля дома Пашкова, ГМИИ им. Пушкина.
3	Угловые трещины 	1. Сгнившие сваи под фундаментами угловых частей зданий-памятников; 2. Проявление морозного пучения.	Многие памятники Русского Севера: храмы г. Каргополь, Горицкий монастырь в г. Вологда, здания в пределах исторической застройки старинных городов России.

Таблица 1.2
(продолжение)

	Разновидности деформаций	Причины деформаций	Примеры деформаций
4	Наклон зданий-памятников 	По причинам, изложенным в п.п. 1 и 2.	Колокольня Астраханского кремля, колокольня церкви Николы на Павлоке, колокольня Воскресенского монастыря в г. Солигалич, Невьянская башня, Башня Сююмбеки Казанского кремля.
5	Энтазис стен и колонн 	1. Увеличение распорных усилий при исключении из работы воздушных и внутрстенных связей; 2. Появление эксцентричных нагрузок на своды; 3. Действие вибрационных нагрузок; 4. Коррозия металла внутри конструкции стен и колонн и морозное выветривание кладки.	Водяная башня Троице-Сергиевой Лавры, дом Русиновых в Пскове, колонны Шефского дома в Хамовниках.

Одним из важных достижений в области комплексного изучения причин деформаций исторических здания является разработанный под руководством Е.М. Пашкина в 1990-х годах метод деформационной съемки, позволяющий определять по характеру деформаций здания набор инженерно-геологических процессов их вызывающих. В рамках деформационной съемки проводится анализ распределения различных типов дефектов и интенсивности проявления инженерно-геологических процессов в пространстве (в границах рассматриваемой ИПТС). Важной составляющей предложенной методики является анализ причинно-следственных связей при оценке условий деформирования. В.В. Пономаревым и В.М. Кувшинниковым (2003) в рамках развития методики деформационной съемки была предложена типизация дефектов конструкций, связанных с инженерно-геологическими причинами и выделены три генетических типа дефектов: собственно деформационные (связанные с переформированием напряженного состояния конструкций из-за неоднородных деформаций основания сооружений), гидрохимические и выветривания. В составе деформационного типа дефектов авторами выделены четыре подтипа дефектов: осадочный, набухания, пучения и оползневой. Существенным ограничением предложенной классификации дефектов является тот факт, что на

практике причин деформаций конструкций может быть не одна, а несколько, при этом они могут быть как инженерно-геологического, так и конструктивного характера.

Одним из важнейших практически значимых направлений в исследованиях является разработка способов (их инженерно-геологической составляющей) управления сохранностью и устойчивостью памятников архитектуры. Под устойчивостью памятника архитектуры, согласно Е.М. Пашкину (1998), предлагается понимать способность его основных несущих конструкций оказывать сопротивление усилиям, стремящимся вывести его из состояния статического равновесия, возникающим вследствие неравномерной осадки грунтов основания, деформаций фундаментов при действии динамических нагрузок. Разработка стратегий устойчивости памятников архитектуры должна базироваться на адаптивном подходе, при этом ИПТС рассматриваются как самоорганизующиеся (синергетические) системы (Никифоров, 2002, Пашкин, 1998). Адаптация памятника к новым условиям функционирования, в том числе и инженерно-геологическим, происходит в результате перестройки его структуры. Сформулированная А.А. Никифоровым стратегия устойчивости памятников архитектуры (2002) базируется на идеях Е.М. Пашкина и предполагает поиск и описание структур-аттракторов – устойчивых состояний системы, на которые она «выходит» и функционирует некоторое время.

К этому же направлению можно отнести работы Е.В. Косыгина, которым была разработана научная концепция инженерной реставрации и сохранения памятников истории и культуры на базе экосистемного подхода (Косыгин, 2004). Разработка и внедрение этой концепции выполнялись Е.В. Косыгиным и В.С. Скальным на базе объектов-памятников истории и культуры, расположенных во Владимирской области (Дмитриевский собор в г. Владимире, Спас-Евфимиевский монастырь в г. Суздале, Суздальский Кремль, Георгиевский собор в г. Юрьев-Польском, Торговые ряды в г. Владимире).

Для целей принятия технических решений по выведению реальных ПТС из аварийного состояния В.Ю. Котовым была разработана инженерно-геологическая типизация исторических ПТС на основе применения оценочного инженерно-геологического районирования, предусматривающего оценку сложности инженерно-геологических условий для ИПТС элементарного, локального и регионального уровней с использованием различных количественных и качественных показателей. В предложенной типизации ИПТС к обычным признакам типологического районирования добавлены факторы, связанные с конструктивными особенностями памятников архитектуры и эволюционные факторы, характеризующие техногенную нагрузку на исторические ПТС (Котов, 2001). В таблице 1.3 приведены категории сложности условий функционирования ИПТС локального уровня. Алгоритм предлагаемой В.Ю. Котовым типизации приведен на рис. 1.3.

Таблица 1.3

Категории сложности условий функционирования ИПТС на локальном уровне (Котов, 2001)

Признак типизации	Категории сложности функционирования ПТС		
	простые	средней сложности	сложные
Геоморфологические условия	Склоны с небольшими уклонами, покрытые кустарником или задернованные	Склоны с уклонами до 0,5, задернованные или с древесной растительностью	Склоны с уклонами более 0,5, лишенные травяного покрова или с древесной растительностью
Геологическое строение	Не более двух различных по литологии слоев. Мощность выдержана по простиранию. Незначительная неоднородность слоев по показателям свойств грунтов закономерно изменяющихся в плане и по глубине	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих с выклиниванием. Отложения торфа небольшой, выдержанной по простиранию мощности. Мощность изменяется закономерно. Закономерно изменяющиеся характеристики грунтов в плане и по глубине	Более четырех различных по литологии слоев, залегающих с выклиниванием или линзовидно. Отложения торфа небольшой, невыдержанной по простиранию мощности. Мощность и характеристики свойств грунтов изменяются значительно и закономерно
Гидро-геологические условия	Уровень подземных вод находится ниже подошвы фундамента. Воды с однородным химическим составом. Верховодка отсутствует	Уровень подземных вод находится ниже подошвы фундамента. Воды местами с неоднородным химическим составом. Верховодка имеет ограниченное распространение	Уровень подземных вод находится выше подошвы фундамента. Воды с неоднородным химическим составом. Верховодка имеет широкое распространение

Таблица 1.3
(продолжение)

Признак типизации	Категории сложности функционирования ПТС		
	простые	средней сложности	сложные
Эволюционные преобразования	Локальное развитие техногенных накоплений незначительной мощности. Обратные уклоны отсутствуют. Дискретное покрытие поверхности инженерно-геологическими процессами (ИГП) отсутствует	Повсеместное развитие техногенных накоплений небольшой мощности. Незначительное распространение «ленивых» и обратных уклонов. Территории с асфальтовым или бетонным покрытием имеют небольшую площадь. Ограниченное распространение ИГП	Повсеместное развитие техногенных накоплений. Мощность накоплений изменяется значительно и закономерно. Значительное распространение «ленивых» и обратных уклонов. Территории с асфальтовым или бетонным покрытием имеют большую площадь. ИГП широко развиты и оказывают решающее влияние на функционирование ПТС
Конструктивные особенности памятника	Конструктивная целостность памятника. Зоны деформаций отсутствуют. Равномерное распределение нагрузок	Памятник разделен на архитектурно-тектонические блоки. Зоны деформаций имеют ограниченное распространение и вызваны одной причиной. Закономерное распределение нагрузок	Памятник разделен на архитектурно-тектонические и функциональные блоки. Зоны деформаций широко развиты и вызваны несколькими причинами. Незакономерное распределение нагрузок

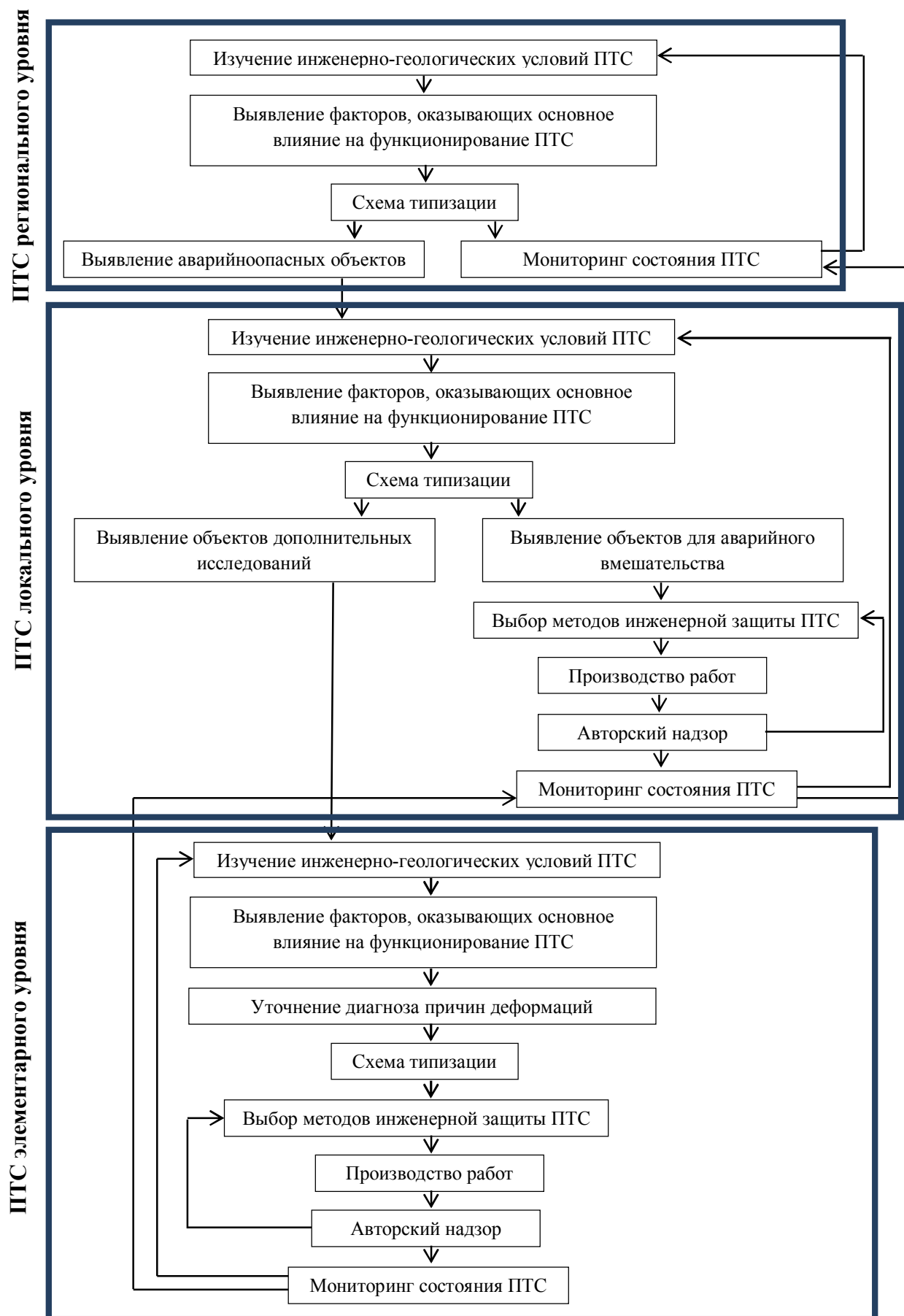


Рис. 1.3. Алгоритм проведения и взаимосвязь типизации исторических ПТС разного иерархического уровня

Еще одним вариантом поддержания устойчивости памятников является создание глубинных охранных зон (ГОЗ). Концепция ГОЗ была предложена Е.М. Пашкиным в 1975 году и получила развитие в работах А.Г. Купцова и Е.И. Романовой (1995). Согласно Е.М. Пашкину, концепция ГОЗ сводится к выделению зон, в которых целенаправленными мероприятиями поддерживаются условия, сохраняющие длительную несущую способность грунтов основания, что позволяет сохранять памятник архитектуры в первоначальном положении.

На рис. 1.4 приведена структура глубинной охранной зоны для территории Рязанского кремля, состоящей из двух подзон: естественной, в целом сохранившей природное строение и свойства отдельных компонентов литосферы, и техногенной, обособившейся в процессе хозяйственного освоения территории. Техногенная подзона, в свою очередь, разделяется на отдельные толщи, состав и строение которых отражают различные этапы взаимодействия технической и геологической подсистемы (Купцов, Романова, 1995).

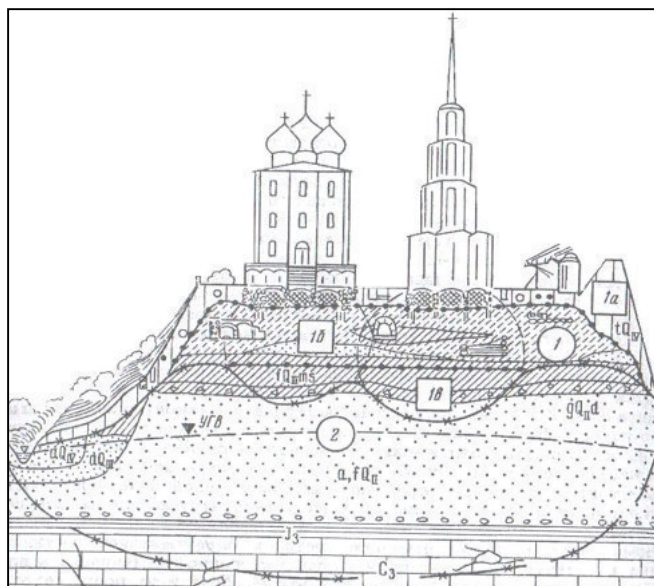


Рис. 1.4. Строение глубинной охранной зоны Рязанского Кремля: 1 – техногенная подзона: техногенные толщи: 1а – верхняя, 1б – средняя, 1в – нижняя; 2 – естественная подзона (Купцов, Романова, 1995)

Предложенная концепция может быть эффективна для исторических зданий и территорий, расположенных вне зоны интенсивной техногенной нагрузки, однако, в исторических центрах таких мегаполисов как Москва и Санкт-Петербург ее реализация невозможна.

В целом следует отметить, что основной объем исследований ЛТС исторических зданий связан с анализом причин деформаций исторических зданий и поиском способов их устранения и предупреждения.

Как правило, объектами исследований становятся здания-памятники с различными деформациями или исторические здания, для которых планируются разнообразные строительные вмешательства (реставрация, капитальный ремонт).

Исследований, направленных на изучение структуры, свойств, эволюционных преобразований литотехнической системы и закономерностей ее функционирования ЛТС исторических зданий, функционирующих в нормальном режиме и не имеющих явных признаков деформирования, практически не проводится, за исключением отдельных статусных зданий-памятников.

1.4. Современные представления о мониторинге литотехнических систем

Понятие «мониторинг» широко распространено во многих областях деятельности человека.

Термин «мониторинг окружающей среды» был введен в обращение Р. Манном в 1972 году на Стокгольмской конференции ООН. Под мониторингом окружающей среды предлагалось понимать систему повторных наблюдений за элементами природной окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой. В дальнейшем понятие мониторинга было расширено, и помимо наблюдений, он стал включать в себя оценку и прогнозирование изменений состояния окружающей среды.

В геологию понятие мониторинга пришло из наук географического цикла в начале 1980-х годов. Первоначально для инженерно-геологических целей использовался термин «литомониторинг».

Согласно определению В.Т. Трофимова и В.К. Епишина (1989), литомониторинг – это система наблюдений, оценки, прогноза и управления природными и техногенными изменениями геологической среды (в широком понимании этого термина). Предложенная трактовка охватывает как природные, так и техногенные изменения геологической среды и определяет еще одну функцию мониторинга – управленческую (на уровне принятия геологически обоснованных управленческих решений).

Со временем термин «литомониторинг» трансформировался в термин «мониторинг литотехнических систем», который на сегодняшний день полностью заменил «литомониторинг» в научной литературе.

В настоящее время существует несколько подходов к трактовке термина «мониторинг литотехнических систем».

1. Мониторинг ЛТС представляет собой систему постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления литотехническими системами, проводимую по заранее намеченной программе с целью оптимизации их функционирования в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Это определение было дано В.А. Королевым (1995) и, на наш взгляд, является наиболее полным и содержательным. Предложенная трактовка была включена в учебную литературу по инженерной геологии.

2. Мониторинг – это система получения информации, диагностики и прогноза функционирования ЛТС (Бахирева, 1989).

3. Еще одна интерпретация понятия «мониторинг» была предложена Г.К. Бондариком (1996), согласно ей, мониторинг – это блок-подсистема производства, обработки и накопления информации о текущих и будущих состояниях системы, выработки рекомендаций по управлению.

Разработкой теоретических и методологических основы мониторинга ЛТС занимались многие исследователи (Бондарик 1986, 2012, 2013; Бондарик, Иерусалимская, 2009; Бондарик и др., 2008; Бондарик, Ярг, 1990; Королев 1995, 1997, 2007, 2009, 2011; Рагозин, 1993; Трофимов и др., 1985, 1989, 2002).

Среди трудов, посвященных *комплексному* мониторингу ЛТС, следует выделить работы В.А. Королева (1995, 2007) и Г.К. Бондарика и Л.А. Ярг (1986, 2009, 2012, 2015). Работы Г.К. Бондарика и Л.А. Ярг базируются на системном подходе и теории геологического поля, большое внимание в них уделяется информационному обеспечению мониторинга, также в них впервые затрагивается такое важное направление как стратегия организации режимной сети наблюдений.

В работах В.А. Королева (1995, 2007, 2009, 2011) приводятся теоретико-методические основы мониторинга, обосновываются его структура, основные принципы организации и схема функционирования, освещаются вопросы прогнозирования и управления в системе мониторинга, его информационного и технического обеспечения, а также исследуются особенности организации мониторинга различных природно-технических и литотехнических систем, в том числе мониторинг территорий городских агломераций. На рис. 1.5 приведена схема функционирования системы мониторинга по В.А. Королеву (1995) и основные функциональные блоки мониторинга: наблюдений, оценки, прогноза и управления.

Литотехнические системы городов представляют собой особую группу ЛТС. Они существуют в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки, которая часто является основным фактором, определяющим их функционирование.

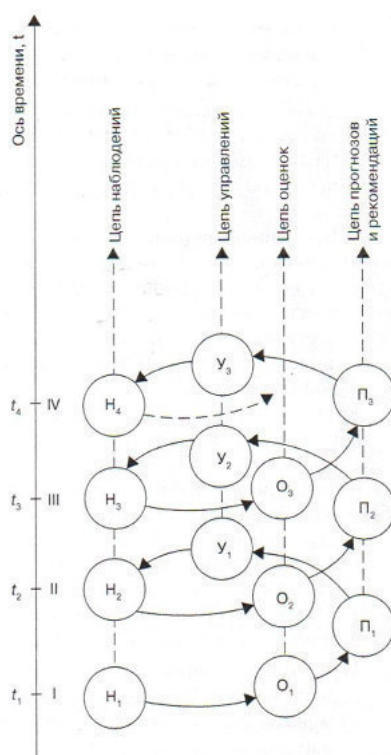


Рис. 1.5. Схема функционирования системы мониторинга во времени (Королев, 1995)

В 1983 году был проведен Всесоюзный семинар, посвященный режимным инженерно-геологическим и гидрогеологическим наблюдениям в городах (мониторингу территорий городских агломераций в современном понимании этого термина). На нем были обозначены основные направления развития исследований в области мониторинга городских территорий (мониторинг опасных геологических и инженерно-геологических процессов в пределах городских территорий, математическое моделирование функционирования ЛТС, исследование сферы взаимодействия инженерного сооружения и геологической среды, исследование техногенных воздействий на геологическую среду и ее реакции на геологическую среду, комплексирование методов мониторинга, развитие нормативной базы мониторинга). Именно в этих направлениях и происходило развитие мониторинговых исследований в последующие 30 лет, однако, как правило, исследования в этих направлениях велись отдельно друг от друга, в то время как обоснование мониторинга должно выполняться в комплексе.

Основным «полигоном» для исследований стала территория Москвы. Вопросам изменения геологической среды и отдельных ее компонентов под влиянием техногенных факторов в условиях города, в том числе количественной оценке техногенного воздействия и состояния геологической среды городских территорий, посвящено большое количество работ таких ученых как Г.А. Голодковская и Н.И. Лебедева (1984), Е.С. Дзекцер (1993, 1997), Ю.О. Зеегофер и соавторы (1991), А.Д. Жигалин и Г.П. Локшин (1991), Г.Л. Кофф (1990), В.М.

Кутепов и В.Н. Кожевникова (1989), О.П. Медведев (1983, 1997), Ф.В. Котлов (1978), В.И. Осипов (1990, 1997), В.М. Швец и соавторы (1998), В.М. Шестаков (2001).

1.5. Теория и существующая практика обоснования мониторинга литотехнических систем, относящихся к историко-культурным сооружениям

Обоснование и организация мониторинга ЛТС историко-культурных сооружений, несмотря на свою важность для сохранения исторических зданий-памятников, является достаточно новым направлением в инженерно-геологических исследованиях. На сегодняшний день отсутствует единая методология обоснования комплексного мониторинга данных литотехнических систем; имеет место сильный дисбаланс между мониторингом зданий (технической подсистемы) и геологической среды или отдельных ее компонентов (геологической подсистемы). В течение длительного времени мониторинг исторических зданий ограничивался только наблюдениями за деформациями наземных конструкций инструментальными методами, подземные конструкции и значимые инженерно-геологические факторы часто просто игнорировались.

При обосновании мониторинга исторических зданий могут быть применены общие принципы обоснования мониторинга, изложенные в работах В.А. Королева (1995, 2007), Г.К. Бондарика и Л.А. Ярг (1986, 1990, 2004, 2009, 2015), адаптированные с учетом специфики объекта мониторинга.

Среди работ, посвященных комплексному мониторингу ЛТС историко-культурных сооружений, следует выделить работы В.В. Дмитриева (2013, 2014), В.Л. Невечери и В.О. Подборской (1991), Е.В. Косыгина и В.С. Скального (2001), А.Г. Купцова и Е.И. Романовой (1995), Е.М. Пашкина (1998).

Важным этапом в развитии теории и практики обоснования мониторинга исторических ПТС (ЛТС) являются исследования В.В. Дмитриева, в первую очередь, предложенный и обоснованный им общий комплекс необходимых наблюдений ИПТС, которые позволяют оценивать их состояние и развитие.

Комплекс необходимых наблюдений ИПТС включающий в себя пять информационных блоков: ландшафтно-климатических условий, инженерно-геологических условий, конструктивных особенностей сооружений, эксплуатационных условий и медико-биологического состояния. Для каждого блока детально разработан состав наблюдений, методы наблюдений, даны общие рекомендации по размещению пунктов получения информации и периодичности наблюдений (Дмитриев, 2014). Блок мониторинга, посвященный инженерно-геологическим условиям площадки, включает в себя наблюдения за составом, строением и

свойствами грунтов; условиями залегания и режимом подземных вод; уровнями поверхностных вод; составом подземных и поверхностных вод; гидрофизическими свойствами грунтов зоны аэрации; параметрами водного баланса; параметрами физико- и инженерно-геологических процессов (Дмитриев, 2014). Предложенный В.В. Дмитриевым подход к обоснованию мониторинга положен в основу нормативных документов, регламентирующих мониторинг исторических зданий и территорий (СРП 2007.6, часть 6 и ГОСТ Р 55567-2013).

Следует отметить, что несмотря на ряд неоспоримых преимуществ предложенного подхода (в первую очередь, его комплексность и учет ряда важных особенностей ИПТС как объектов мониторинга), в нем в недостаточной мере реализован системный подход, отсутствуют количественные критерии оценки состояния ИПТС, не освещены вопросы прогнозирования и обоснования управляющих решений в рамках мониторинга.

Ряд работ таких авторов как Е.С. Дзекцер (1993, 2000), Р.Э. Дашко и Л.П. Норова (2002), В.С. Скальный и Е.В. Косыгин (2003, 2009), В.Л. Невечеря и В.О. Подборская (1991), А.В. Шидловская (2003, 2005), В.М. Швеи и соавторы (1998) посвящен мониторингу отдельных компонентов геологической подсистемы, в первую очередь, подземных вод и инженерно-геологических процессов.

Большое количество работ посвящено наблюдениям за деформациями исторических зданий и анализу их результатов (Лобазов В.Я. и др., 2011; Пашкин и др. 2008; Скальный В.С., Косыгин Е.В. и др., 2003, 2006, 2008; Anderson M.J., Thomson A.A., 2004; Inaudi D., 2001; Pinque F. et al., 2011; Stenrberg H., 2006). Однако такие наблюдения не могут полностью заменить комплексный мониторинг ЛТС.

Отдельная группа исследований посвящена т. н. геотехническому мониторингу, среди них можно выделить работы В.А. Ильичева с соавторами (1999, 2001, 2002), О.А. Мозгачевой и др. (2006), В.М. Улицкого, А.Г. Шашкина и К.Г. Шашкина (1999, 2002, 2010, 2011, 2013). Проведение этих исследований было связано с необходимостью обеспечения сохранности исторических зданий при новом строительстве, предполагающем освоение подземного пространства.

В составе геотехнического мониторинга В.А. Ильичевым и соавторами предлагается выделять четыре подраздела: объектный, включающий все виды наблюдений за состоянием оснований, фундаментов и несущих конструкций наблюдаемого здания; геолого-гидрогеологический, включающий системы режимных наблюдений за изменением состояния грунтов, уровней и состава подземных вод, геологических и инженерно-геологических процессов, состоянием температурного и электрического полей; геоэкологический, включающего системы наблюдений за изменением состояния окружающей геологической среды и ее загрязнением; аналитический, в рамках которого должен производиться анализ и

оценка результатов наблюдений, выполнение прогнозных расчетов, сравнение прогнозируемых величин параметров с результатами измерений, разработка мероприятий по предупреждению и устранению негативных последствий вредных воздействий и недопущению интенсивности этих воздействий (Ильичев, Коновалов, Никифорова, 1999, 2001, 2002). Однако, следует отметить, что само понятие «геотехнический мониторинг» не является эквивалентным понятию «мониторинг литотехнических систем», имеет ярко выраженную «строительную» окраску и относится, первую очередь, к наблюдению за техническим состоянием зданий и контролю за соответствием его и параметров значимых компонентов геологической среды значениям, заложенным в проект.

Обоснование мониторинга исторических литотехнических систем имеет важное прикладное значение. Активное строительство в Москве, коснувшееся и ее исторического центра, началось во второй половине 1990-х – начале 2000-х гг. Потребности, возникшие при реализации масштабных строительных проектов, в т.ч. предполагавших освоение подземного пространства города, и необходимость сохранения объектов культурного наследия послужили импульсами к развитию теории обоснования и нормативной базы мониторинга. Для исторического центра Москвы среди таких объектов можно выделить строительство ТРК «Охотный ряд» на Манежной площади, реконструкцию здания Государственного Академического Большого театра на Театральной площади, строительство Лефортовского тоннеля. На это время приходится 1 этап формирования нормативной базы обоснования мониторинга, связанный с разработкой и принятием таких документов, как «Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции» (1998), «Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в городе Москве» (2004), «Пособие к МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений» (2004). В этих документах в той или иной степени освещены вопросы мониторинга. При этом трактовка используемых в них терминов «геомониторинг», «геотехнический мониторинг», «строительный мониторинг» соответствует понятию «геотехнический мониторинг» (по В.А. Ильичеву, П.А. Коновалову, А.Г. Шашкину, В.М. Улицкому).

Одним из первых примеров подземной урбанизации в центре Москвы является строительство ТРК «Охотный ряд» («Манежная площадь») (см. рис. 1.6), в зону влияния строительства которого попало большое количество исторических зданий. В ходе проектирования и строительства этого объекта были разработаны основные принципы геотехнического мониторинга, которые легли в основу нормативных документов, относящихся к первому этапу формирования нормативной базы мониторинга.

За первую декаду XXI века в Москве был накоплен большой опыт в сфере проведения инженерно-геологических изысканий в историческом центре, обследования конструкций, фундаментов и оснований исторических зданий и проведения мониторинга (режимных наблюдений) за их состоянием. Различными организациями (ГУП «Мосгоргеотрест», ООО «СК «КРЕАЛ», ЗАО «ИГИТ», ФГУП «Фундаментпроект», НИИОСП им. Н.М. Герсевича) было выполнено значительное количество инженерно-геологических исследований исторических зданий и территорий, в т. ч. таких знаковых объектов как Московский Кремль, Храм Василия Блаженного, музей-заповедник Коломенское, Государственный Академический Большой театр, Государственный Академический Малый театр, Московская Государственная консерватория им. П.И. Чайковского и др.



Рис. 1.6. Строительство ТРК «Охотный ряд» на Манежной площади в Москве (1996 год)

Анализ и обобщение накопленных данных послужили информационной основой для второго этапа формирования нормативной базы инженерных изысканий и исследований объектов культурного наследия и мониторинга памятников истории и культуры. К этому этапу можно отнести такие документы как Своды реставрационных правил (СРП), часть 5 «Рекомендации по правилам ведения научно-изыскательских (инженерно-геологических) работ по функционированию исторических природно-технических систем» и часть 6 «Рекомендации по комплексным инженерно-техническим исследованиям объектов культурного наследия (памятников истории и культуры). Здания и сооружения», а также находящиеся в процессе

утверждения ГОСТ Р 55945-2014 «Общие требования к инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям для сохранения объектов культурного наследия» и ГОСТ Р 56198-2014 «Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия. Недвижимые памятники. Общие требования».

В части работ по мониторингу, основные акценты во всех этих документах сделаны на организации режимных наблюдений за деформациями зданий, в то время как мониторинг геологической среды имеет опосредованное значение. Вопросы оценки, прогнозирования и управления остаются вне области рассмотрения данных документов. Несмотря на то, что в указанных СРП и ГОСТах в качестве объекта мониторинга рассматривается историческая природно-техническая система, что само по себе является качественно новой ступенью нормативного обоснования мониторинга, фактически здания и геологическая подсистема продолжают рассматриваться отдельно, а не как единая система.

На практике весь мониторинг исторических зданий часто сводится только к наблюдениям за деформациями зданий, без учета состояния грунтового массива и протекающих в нем процессов. Часто возникают прецеденты, когда различные наблюдения при мониторинге осуществляют разные организации, не скоординированные между собой. Также часто происходят разрывы информационной цепочки изыскания-обследование-мониторинг, что приводит к неполноте и недостоверности данных, используемых для обоснования мониторинга и анализа результатов.

Научные и методические основы обоснования мониторинга литотехнических *систем*, в том числе и исторических, на сегодняшний день разработаны недостаточно подробно.

Отсутствуют общепринятые критерии оценки их (ЛТС) состояния, в то время как критерии оценки состояния технической (по результатам обследования наземных конструкций и фундаментов) и геологической подсистем (по результатам инженерно-геологических изысканий и специальных исследований) детально разработаны и регламентированы нормативными документами.

Дискуссионным вопросом является разработка и сама целесообразность разработки интегральных показателей состояния ЛТС, так как ввиду значительного многообразия компонентов литотехнических систем и факторов (природных и техногенных) на них влияющих, интегральные показатели состояния будут малоинформативными.

Также в рамках оценки состояния и режима функционирования ЛТС важным является вопрос обоснования области допустимых значений состояния системы. Особенно важно это для ЛТС зданий-памятников, так как для них даже незначительное (по меркам современных ЛТС) отклонение от области допустимых значений может привести к серьезному ущербу.

1.6. Основные проблемы, связанные с методами мониторинга литотехнических систем

Мониторинг является сложной макросистемой, состоящей из нескольких систем различного назначения и функций: иерархической, функциональной, объектов мониторинга, производственных работ, научно-технической базы и технологической базы мониторинга (Королев, 1995).

На рис. 1.7 представлена общая схема организации мониторинга ЛТС. В основу приведенной схемы положена схема мониторинга геологической среды, предложенная В.А. Королевым (1995). В отличие от исходной схемы, система объектов мониторинга представлена не отдельными компонентами геологической среды, а литотехнической системой, состоящей из технической и геологической подсистем. Функциональная система соответствует основным функциональным блокам мониторинга (по В.А. Королеву (1995, 2007)).

Производственная база мониторинга состоит из различных источников получения информации о состоянии ЛТС, в нее входят все виды работ, которые используются при организации и проведении мониторинга (Королев, 1995). Производственная база мониторинга ЛТС включает в себя как инженерно-геологические методы, так и методы исследования технической подсистемы ЛТС, используемые в строительных науках.

В рамках мониторинга ЛТС зданий жилого и общественного назначения, в том числе зданий-памятников истории и культуры, наблюдения осуществляются за изменениями напряженно-деформированного состояния конструкций технической подсистемы, пространственных характеристик здания, перемещениями конструкций, динамических параметров здания, состоянием грунтового массива, геологическими и инженерно-геологическими процессами. Для ЛТС элементарных и локальных уровней натурные инструментальные наблюдения являются предпочтительными по сравнению с дистанционными.

Наиболее разработанными являются наблюдения за техническим состоянием зданий и сооружений, а также наблюдения за подземными водами и опасными (инженерно-геологическими и геологическими) процессами. Как правило, во всех наблюдениях акцент делается на внешних проявления процессов (трещинах, осадках, оседаниях земной поверхности и т.д.). В то же время значение процессов, протекающих внутри системы (изменение показателей физико-механических свойств грунтов основания во времени и т.п.), недооценивается.

Особенно актуальными становятся наблюдения за «скрытыми» процессами для ЛТС со сверхдлительным временем существованиями (ЛТС исторических зданий).



Рис. 1.7. Общая схема организации мониторинга ЛТС
(по В.А. Королеву, 1995, с дополнениями)

Система научно-методических разработок включает в себя методики и программы наблюдений, методики оценки и прогнозов. Корректность используемых методик и методов, их соответствие целям и задачам мониторинга ЛТС, определяют эффективность функционирования всей системы мониторинга.

Рекомендации по организации мониторинга для различных информационных блоков в части состава и методов наблюдений, выполненные В.В. Дмитриевым (2014), показаны в таблице 1.4. На сегодняшний день они представляют собой наиболее полный и комплексный обзор традиционных методов ведения наблюдений в рамках мониторинга ИПТС. Эти рекомендации также вошли в состав соответствующих разделов нормативных документов. При этом в данной работе не содержится критериев для оценки состояния отдельных компонентов и ИПТС в целом, что, на наш взгляд, должно являться неотъемлемой частью обоснования мониторинга.

Система «Техническая база» включает в себя технические средства ведения мониторинга (получения и обработки информации о состоянии объекта мониторинга).

На сегодняшний день разработано большое количество технических средств для осуществления наблюдений в рамках мониторинга (Таракановский, 2010, Armesto J. et al. (2008), Arias P. et al. (2005), Glisic B. et al. (2007)). Однако текущий уровень развития нормативной базы существенно ниже уровня развития технических средств мониторинга, что затрудняет внедрение новых методов получения информации о состоянии ЛТС и отдельных ее компонентов.

Актуальными являются задачи комплексирования различных наблюдений, а также интеграция всех средств наблюдения в единую информационную систему. Одним из приоритетных и перспективных направлений в рамках мониторинга является разработка автоматизированных стационарных систем (станций) мониторинга, которые обеспечивают в автоматизированном режиме измерения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтового массива, определяют деформации (Таракановский, 2010).

Все перечисленные системы мониторинга взаимосвязаны. Эффективность мониторинга в целом может быть достигнута только при сбалансированности его структуры.

Весь процесс мониторинга можно разделить на 3 этапа: обоснования, реализации (ведения) мониторинга и принятия управляющих решений. Эти 3 этапа охватывают все 4 функциональных блока мониторинга, по Королеву В.А. (1995, 2007): наблюдения, оценки, прогноза и управления.

Определяющим во всем последующем процессе мониторинга является этап обоснования.

Рекомендации по организации мониторинга ИПТС (Дмитриев, 2014)

Информационный блок	Состав наблюдений	Метод наблюдений
1	2	3
ландшафтно-климатические условия территории	отметки рельефа	геодезическая съемка
	наблюдения за состоянием дневной поверхности на всей территории, на участках со значительной рекреационной нагрузкой или с интенсивным развитием экзогенных геологических процессов, изменениями, связанными с реставрационными, ремонтными работами, прокладкой коммуникаций, перепланировкой территории, последствиями стихий и т.д.	визуальное обследование с фотофиксацией и текстовым комментарием
	метеорологические параметры (температура и относительная влажность воздуха; давление; скорость и направление ветра; количество осадков)	измерение с помощью компактной метеостанции (рекомендуемая - WMR-918)
	снеговой покров	снегомерная съемка
инженерно-геологические условия	состав, строение, состояние и свойства грунтов, в том числе техногенного слоя, слагающих территорию ИПТС, основания сооружений	отбор проб, лабораторные и полевые испытания, дистанционные геофизические методы
	условия залегания, режим подземных вод,	гидрогеологические наблюдения
	уровень поверхностных вод	гидрологические наблюдения по стационарному водомерному посту
	состав подземных и поверхностных вод	отбор и анализ проб воды
	уровень подземных вод	электрические, механические, лазерные, биметаллические уровнемеры
	гидрофизических свойств грунтов зоны аэрации,	гигрометры, лизиметры, отбор проб грунта, лабораторные испытания
	параметры элементов водного баланса территории, подземного и поверхностного стока	расчеты, основанные на результатах замеров осадков, испарения, параметров поверхностного и подземного стока
	параметры физико-геологических процессов	базисные репера и створы, инклинометры, визуальные осмотры,
	параметры инженерно-геологических процессов	лазерные наклонометры и уровнемеры, гидравлические уровнемеры, нивелирование и др.
конструктивные особенности	общее техническое состояние	Визуальное обследование с фотофиксацией деформаций, текстовым комментарием и составлением учетной карточки
	размеры трещин	замеры вертикальных и горизонтальных размеров трещин по раздвижным или нераздвижным (алебастровым, гипсовым, стеклянным и др.) маякам, с помощью микроскопов с ценой деления не более 0,05 мм.
	осадка, неравномерность осадок, относительная разность осадок, крен	геодезическими методами по, реперам, осадочным маркам с обеспечением II класса точности
	кривизна фундаментов	геодезическими методами по, реперам, осадочным маркам с обеспечением II класса точности
эксплуатационные условия	функционального назначения исторических сооружений, архитектурных комплексов;	документально, осмотр, опрос
	посещаемости (жителей, сотрудников, паломников, прихожан и т.д.);	опрос, фиксация
	температура и относительная влажность воздуха в помещениях	измерение термогигрометрами
	режим работы отдельных сооружений	опрос, фиксация
	убранство, состояние интерьеров, утвари	опрос, фиксация
	освещенность сооружений и территории;	измерения, опрос, фиксация
	режим вентиляции сооружений.	измерения, опрос, фиксация
	системы коммуникационных связей (отопление и водопровод, ливневая, канализационная и электрическая, слаботочные сети).	эксплуатационные схемы коммуникаций
	влагосодержание деревянных и каменных конструкций	гигрометрические измерения
медико-биологические условия	температура деревянных и каменных конструкций	температурные измерения
	наблюдения за состоянием растительного покрова	визуальное обследование специалиста древесной и травянистой растительности с фотофиксацией и текстовым комментарием, фитопатологический контроль
	экспериментальные наблюдения за лесными сообществами	визуальное обследование специалиста с фотофиксацией и текстовым комментарием
	экспериментальные наблюдения за фауной	визуальное обследование специалиста с фотофиксацией и текстовым комментарием
	микробиологический контроль	визуальное обследование специалиста с фотофиксацией и текстовым комментарием
	микробиологический контроль	аэромикробиологические исследования

В рамках данного этапа производится всестороннее исследование объекта мониторинга – литотехнической системы, исследуются ее структура, свойства, режим функционирования, определяется набор контролируемых параметров, пространственная и временная структуры мониторинга.

При изучении объекта мониторинга представляется необходимым более полное внедрение системного подхода как общей методологической концепции. Актуальной проблемой является оценка состояния литотехнической системы (научное обоснование системы критериев состояния ЛТС и внедрение ее в практику ведения мониторинга).

На этапе обоснования мониторинга в рамках исследования объекта мониторинга применяются традиционные методы инженерно-геологических изысканий и обследования технического состояния наземных конструкций, фундаментов и грунтов основания.

Применительно к ЛТС исторических зданий, актуальным вопросом является адаптация традиционных инженерно-геологических методов к специфике производства работ на исторических территориях (Дмитриев, 2000). Особое значение в контексте обследования состояния технической подсистемы зданий-памятников приобретают методы неразрушающего контроля.

При обосновании мониторинга ЛТС историко-культурных сооружений важно оценивать не только текущее состояние объекта, но и анализ его эволюции во времени, что увеличивает значимость ретроспективных методов наблюдений. На данном этапе достаточно эффективной является методика деформационной съемки (Пашкин и соавторы, 2002, 2005), которая расширяет возможности стандартного обследования зданий и сооружений. Многократное повторное проведение деформационной съемки позволяет оценивать изменение состояние ИПТС во времени, хотя деформационная съемка сама по себе и не является режимным методом наблюдений.

Еще один блок вопросов методики обоснования мониторинга ЛТС связан со стратегией организации сети мониторинга, в первую очередь, научным обоснованием ее пространственной структуры (размещением пунктов получения информации о состоянии системы). Фактически единственными в этой области являются работы Г.К. Бондарика и соавторов (1981, 2009, 2008, 2009, 2015), базирующие на теории поля геологических параметров. Однако, необходима адаптация предлагаемой Г.К. Бондариком стратегию к задачам мониторинга ЛТС элементарного и локального уровней.

Следует отметить, что развитие теории обоснования мониторинга ЛТС подчинено, в первую очередь, решению практических задач (в случае с ЛТС историко-культурных сооружений – целям сохранения и поддержания оптимальных условий их функционирования), однако, при этом недостаточно внимания уделяется мониторингу как самостоятельному методу

изучения ЛТС, с помощью которого можно получать новые данные о закономерностях их функционирования.

Основные вопросы, связанные с этапом реализации (ведении) мониторинга, напрямую вытекают из проблематики обоснования мониторинга. Представляется необходимым более полное использование системного (системотехнического) подхода при оценке результатов наблюдения и прогнозировании в рамках мониторинга.

В общем виде выбор методов мониторинга определяется его целями и задачами, состоянием технической подсистемы, инженерно-геологическими условиями площадки (состоянием геологической подсистемы), характером техногенного воздействия на систему, в т.ч. планируемыми строительными мероприятиями и условиями проведения работ.

Выводы по главе 1 и постановка задач исследования

Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день понятийная база мониторинга литотехнических систем разработана достаточно полно. Однако, проведенный обзор существующей в настоящее время научной литературы и нормативных документов показывает, что многие вопросы обоснования мониторинга их особой разновидности - литотехнических систем историко-культурных зданий изучены недостаточно. В первую очередь, это связано с отсутствием единой научно обоснованной системы критериев оценки состояния данных систем, на которой бы базировался выбор оптимального набора наблюдаемых параметров, структуры наблюдательной сети, временного регламента и общей организации мониторинга.

В настоящее время в рамках анализируемого научного направления накоплено большое количество данных на уровне отдельных объектов. Очевидной является необходимость перехода на новый качественный уровень теоретического обобщения и его практической реализации. При этом следует учитывать, что степень возможного обобщения и унификации для ЛТС историко-культурных сооружений ограничена тем, что каждое историческое здание является уникальным и обладает своими особенностями, которые должны быть учтены при мониторинге.

Важной и пока не решенной проблемой, выявленной при анализе теории и практики обоснования мониторинга, является отсутствие системного подхода к организации мониторинга, в основе которого должен лежать системный подход к объекту мониторинга. Общим направлением развития представлений о мониторинге исторических ЛТС должно стать повышение значимости геологической подсистемы в общей структуре мониторинга.

Результаты проведенного анализа позволяют определить основную **цель** настоящего диссертационного исследования как *выполнение комплексной оценки состояния литотехнических систем, относящихся к зданиям, имеющим большое культурное и историческое значение, для целей обоснования их мониторинга*, и сформулировать ряд **задач**, которые должны быть решены в рамках диссертационного исследования:

1. Разработка системы понятийно-терминологической базы мониторинга ЛТС, относящихся к историко-культурным сооружениям (ИЛТС);
2. Выделение характерных особенностей ИЛТС исторического центра Москвы, важных для оценки их состояния;
3. Разработка системы критериев оценки состояния ИЛТС;
4. Обоснование структуры системы наблюдений мониторинга ИЛТС;
5. Разработка комплексного подхода к обоснованию мониторинга ИЛТС, базирующегося на системном анализе объекта мониторинга.

Глава 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Выбор литотехнических систем историко-культурных сооружений

Объектами исследования являлись литотехнические системы Государственного академического Большого театра РФ (ГАБТ) (Театральная пл., д.1) (рис.2.1) и здания Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского (МГК) (ул. Б. Никитская, д.13/6) (рис. 2.2).



Рис. 2.1. Здание Государственного академического Большого театра (фото 2014 г.)



Рис. 2.2. Здание Большого зала МГК им. П.И. Чайковского (фото 2014 г.)

Данные объекты являются достаточно типичными для исторического центра Москвы, что обусловило их выбор в качестве объектов исследования. Эти ИЛТС имеют длительную историю существования, относятся к сооружениям культурно-зрелищного назначения, обладают похожими режимами функционирования и оказывают сходные воздействия на

окружающую среду. Здания - технические подсистемы исследуемых ИЛТС являются памятниками истории и культуры РФ. Еще одной чертой, которая делает их схожими, является то, что оба эти здания многократно перестраивались, а в XXI веке подверглись масштабным реконструкциям, сопровождавшимися освоением подземного пространства под зданиями и на прилегающих территориях.

На основании всестороннего изучения выбранных объектов исследования сформулированы общие принципы обоснования мониторинга, которые могут применяться для обоснования мониторинга других ИЛТС.

2.2. Инженерно-геологические условия территорий литотехнических систем историко-культурных сооружений

2.2.1. Инженерно-геологические условия площадки размещения здания Государственного Академического Большого театра РФ

Инженерно-геологические изыскания для реконструкции здания ГАБТ проводились ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003-2006 гг. при участии автора. Также инженерно-геологические изыскания в пределах Театральной площади и на прилегающих территориях в разное время проводились ГУП Мосгоргеотрест (1974, 1987), НИИОСП им. Н.М. Герсеева, ГУП Метрогипротранс, ФГУП «Фундаментпроект» и другими организациями.

План участка и инженерно-геологические разрезы участка размещения здания ГАБТ представлен на рис.2.3-2.5.

Территория, занимаемая зданием ГАБТ, и прилегающие к ней участки располагаются на сочленении поймы и 2-ой надпойменной террасы р. Неглинной. Абсолютные отметки поверхности земли составляют 139-143 м.

Река Неглинка протекала на месте здания ЦУМа и Малого театра, пересекала Театральный проезд у гостиницы «Метрополь» и далее поворачивала через Театральную площадь к площади Революции и далее к Александровскому саду. Ширина долины р. Неглинки на этом отрезке составляла около 100-150 м.

В палеогеоморфологическом отношении восточная часть здания ГАБТ находится в пределах склона и доледникового водораздела (абсолютные отметки 125-127 м), а юго-западная и центральная части – в пределах склона и русла погребенной палеодолины, с абсолютными отметками 122-127 м. Русло палеодолины выработано в каменноугольных карбонатных породах, а склон палеодолины сложен юрскими глинистыми отложениями мощностью до 5-8 м.

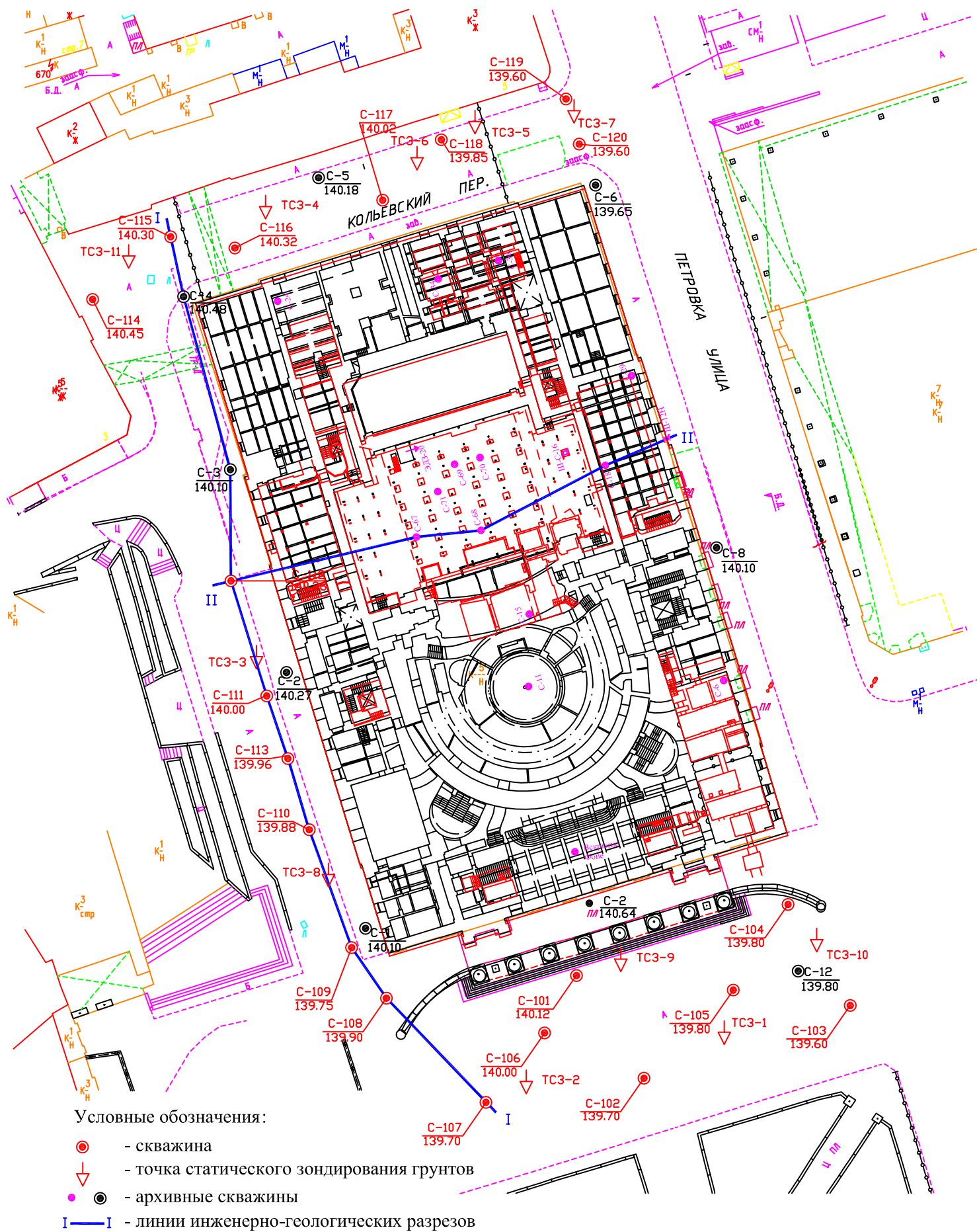
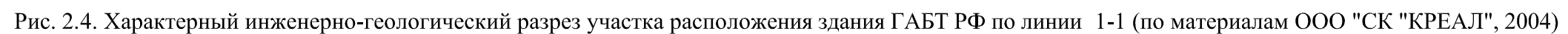


Рис.2.3. План участка ГАБТ РФ (Театральная пл., д.1) с указанием расположения выработок и линий инженерно-геологических разрезов (по материалам ООО "СК "КРЕАЛ")



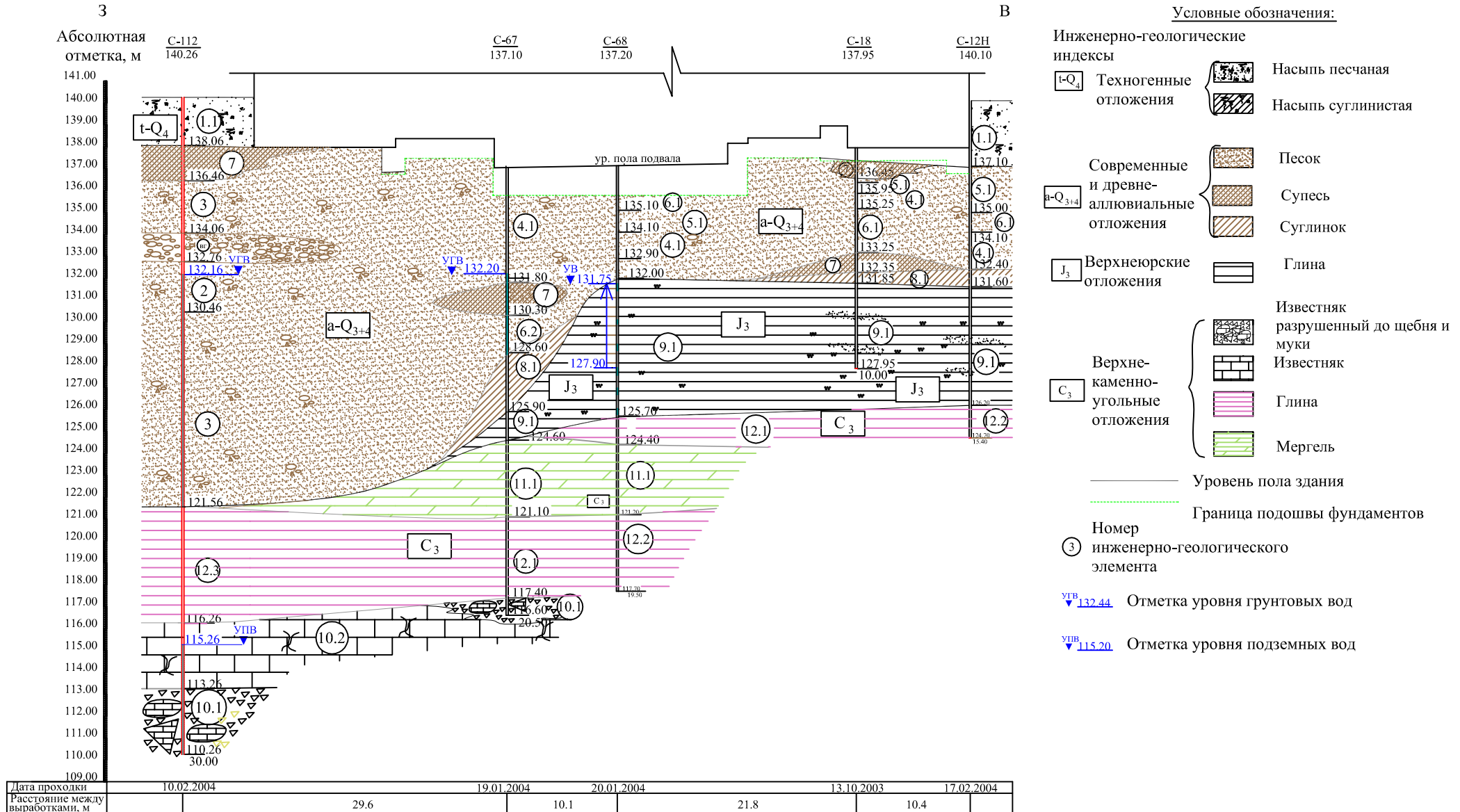


Рис. 2.5. Характерный инженерно-геологический разрез участка расположения здания ГАБТ РФ по линии 2-2 (по материалам ООО "СК "КРЕАЛ", 2004)

Ориентировка палеодолины – с севера на юг. Поверхность каменноугольных пород под зданием Большого театра располагается на абсолютных отметках 122-126 м (Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для реставрации здания ГАБТ, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004; Технический отчет. Здание ГАБТ РФ. Проведение инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий для нового строительства, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004; Отчет. Прогноз изменения гидрогеологических условий участка реконструкции комплекса зданий ГАБТ РФ и прилегающей территории, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004).

В геологическом строении территории принимают участие отложения каменноугольной, юрской и четвертичной систем. Каменноугольная система (до глубины 50 м) представлена породами касимовского яруса.

Они представлены (снизу вверх) известняками суворовской толщи мощностью 7-8 метров, воскресенскими мергелями и глинами, мощность которых составляет 7-9 метров, ратмировскими известняками мощностью 5-8 м, неверовскими глинами и мергелями мощностью 6-7 м, перхуровскими известняками мощностью 6-8 м, мещеринскими глинами и мергелями мощностью 5-7 м и измайловскими известняками, мощность которых 1-3 м. Все отложения верхнего карбона, кроме измайловской толщи, распространены повсеместно.

Рельеф поверхности каменноугольных отложений на большей части изученной территории, где сохранились от размыва верхнеюрские породы, сформировался в доюрское время. Его основные черты определяются тем фактом, что данная территория находится на водоразделе Главной московской доюрской ложбины и ее левого притока – Измайловской ложбины. Поверхность каменноугольных отложений слабохолмистая с перепадами высот не более 6 м, под зданием ГАБТ поверхность каменноугольных пород относительно ровная с перепадами высот не более 3 м. За северным фасадом здания на ней выделяется глубокое понижение, которое протягивается в субширотном направлении вдоль западной стены и характеризуется глубиной 4-10 м.

По своим свойствам верхнекаменноугольные известняки, глины и мергели мало различаются в зависимости от интенсивности и длительности воздействия эрозионно-денудационных процессов. Это сильнолитифицированные породы, поэтому вторичные изменения в них проявляются, прежде всего, в изменении свойств массива горных пород – увеличении трещиноватости, закарстованности и раздробленности (Технический отчет. Проведение изысканий для нового строительства, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004).

Над отложениями верхнего карбона залегает толща верхнеюрских глин келловейского и оксфордского ярусов (нерасчлененными) средней мощностью 2-4 м, местами до 7-9 м, на отдельных участках верхнеюрские глины отсутствуют. Глины тугопластичные, полутвердые и твердые, с прослоями песков мелких.

Максимальная мощность юрских отложений отмечается на участке Большого театра со стороны ул. Петровка – до 7-9 м, в районе гостиницы «Москва» – 3-4 м, в районе ЦУМа – от 1,5-2,5 до 4-5 м, на участке гостиницы «Метрополь» – 2-3 м.

На отдельных участках в тальвегах и бортах доледниковых эрозионных врезов верхнеюрские глины размыты. Так, они отсутствуют под северо-западным углом здания театра.

Четвертичные отложения, залегающие выше, представлены аллювиальными и флювиогляциальными преимущественно песчаными отложениями и насыпными грунтами.

Наиболее древними четвертичными отложениями на изученной территории являются среднечетвертичные отложения окско-днепровские флювиогляциальные отложения. Эти отложения вскрыты отдельными скважинами в пределах надпойменной террасы р. Неглинной и представлены песками различной крупности, преимущественно мелкими, с прослоями супесей и суглинков. Мощностью отложений, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (2004), не превышает 5 м.

Выше повсеместно залегают нерасчлененные верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения, представленные песками от пылеватых до гравелистых, средней плотности и плотными, маловлажными, влажными и насыщенными водой, супесями пластичными и суглинками мягкопластичными, тугопластичными и полутвердыми. Мощность толщи аллювиальных отложений составляет 4–16 м. Максимальная мощность аллювиальных отложений, представленных в нижней части русловыми фракциями песков с большим количеством гравийного материала и галечником, приурочена к древнему руслу, обнаруженному в северо-западной части исследуемой площадки.

Насыпные отложения по составу довольно однообразны и представлены, в основном, местными песчаными грунтами, в долине р. Неглинки возможны и суглинистые грунты, а также очаги древних свалок. Насыпные грунты слежавшиеся и неслежавшиеся, маловлажные, влажные и насыщенные водой. Мощность техногенных отложений под зданием Большого театра (до начала реконструкции) варьировала от 0,5 м в центральной части до 4,3 м в юго-восточной части, максимальная мощность техногенных грунтов на площадке реконструкции, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (2004), составляет 5,9 м. Мощность техногенных отложений в пределах прилегающей к ГАБТ территории изменяется с запада на восток от 2-4 м до 5-6 м и далее до 10-12 м в районе засыпанной долины р. Неглинки. В целом, на прилегающей территории конфигурация отложений насыпной толщи в плане совпадает с очертаниями канализированных и спланированных долины реки Неглинки и оврагов (Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Обоснование разработки проекта оценка воздействия на окружающую среду 2-ой очереди реконструкции и реставрации ГАБТ России, ИГЭ РАН, 2005).

Из слабых грунтов в разрезе представлены аллювиальные пески, обладающие плавунными свойствами. Прорывы плывунов известны вблизи Большого театра, рядом с памятником К. Марксу, у входа на станцию метро «Охотный ряд».

Гидрогеологические условия рассматриваемой территории определяются геологическим строением и интенсивным воздействием техногенных факторов, утечек из водонесущих коммуникаций, дренажного водоотлива из горных выработок типа метро и эксплуатационного водоотбора из нижележащих каменноугольных водоносных горизонтов.

В период с 2004 по 2010 гг. специалистами ООО «СК «КРЕАЛ» при участии автора в пределах площадки размещения здания ГАБТ и прилегающей к ней территории проводились наблюдения за изменениями уровней, температуры и химического состава вод грунтового, измайловского и перхуровского водоносных горизонтов. Анализ полученных результатов был учтен при разработке методики обоснования мониторинга исторических литотехнических систем.

Рассматриваемая территория характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, что обусловлено, прежде всего, отсутствием на отдельных участках верхнеюрского относительного водоупора, разделяющего четвертичные и первый (перхуровский) каменноугольный водоносный горизонт, а также высокой степенью урбанизации района. На территории ГАБТ, в отличие от прилегающих территорий, верховодки не обнаружено, однако, существуют предпосылки для ее формирования в случае избыточного увлажнения или утечках из водонесущих коммуникаций. Например, при инженерно-геологических изысканиях вблизи Большого театра в начале 90-х годов в одной из разведочных скважин была вскрыта верховодка на глубине 3,5 м от поверхности земли.

В пределах участка под зданием ГАБТ в четвертичных отложениях выделяется один водоносный горизонт - надъюрский. Надъюрский водоносный горизонт приурочен к песчаным отложениям аллювиального и флювиогляциального комплексов. Водовмещающими породами служат пески различной крупности с отдельными прослоями и линзами супесей и суглинков. Относительно водоупорным основанием горизонта являются верхнеюрские глины мощностью 2-6 м, в местах их размыва надъюрский водоносный горизонт подстилается относительно водоупорной мешеринской глинисто-мергелистой толщей или залегает непосредственно на нижележащем измайловском водоносном горизонте, образуя с ним единый комплекс.

На отдельных участках перед главным фасадом Большого театра в период проведения инженерно-геологических изысканий ООО «СК «КРЕАЛ» в 2004 году подземные воды надъюрского горизонта в скважинах не встречены. Отсутствие грунтовых вод на этих участках носит временный характер и связано с меженным периодом, в который проводились буровые работы, особенностями фильтрационного строения аллювиальных отложений и рельефа

водоупорных верхнеюрских отложений (при неглубоком залегании кровли юрских пород и значительных перепадах абсолютных отметок данных отложений горизонт может исчезать на небольших по площади участках).

Надьюрский водоносный горизонт безнапорный. Его свободная поверхность залегает в среднем на абс. отм. 129-136 м при глубине залегания 7-9 м, на отдельных участках – до 4-5 м.

В региональном плане фильтрационный поток грунтовых вод имеет направление с севера на юг рассматриваемой территории. Локальные особенности выражаются в существующей повышенной гидравлической взаимосвязи надьюрского и каменноугольных водоносных горизонтов на участке русла и склона древней палеодолины (Прогноз изменения гидрогеологических условий участка ... ГАБТ РФ, 2004).

На отдельных участках, прилегающих к зданию Большого театра, в юрских отложениях выделяется юрский водоносный подгоризонт, приуроченный к маломощным песчаным линзам в слое оксфордских глин. Горизонт напорный. Уровень подземных вод устанавливается практически на тех же отметках, где отмечается положение свободной поверхности надьюрского горизонта.

Внутри надьюрского водоносного горизонта, в пойменных отложениях р. Неглинка, на отдельных участках выделяется слабонапорный аллювиальный подгоризонт. Водовмещающие отложения подгоризонта представлены современными аллювиальными песками. Верхним и нижним водоупором служат современные аллювиальные суглинки и супеси.

В каменноугольных отложениях первым от поверхности карбона залегает измайловский водоносный горизонт. Водовмещающие отложения представлены измайловскими известняками мощностью не более 2-4 м. На большей части рассматриваемой территории верхним относительным водоупором являются верхнеюрские глины. В отдельных местах измайловский горизонт залегает непосредственно под надьюрским горизонтом и образует с ним единый водоносный комплекс. Горизонт преимущественно слабонапорный. Величина напора над его кровлей составляет 0,5-5 м. Уровень подземных вод устанавливается на абс. отм. 122-128 м. Нижним водоупором являются глины и мергели мещеринской толщи. Направление потока подземных вод измайловского горизонта в районе ГАБТ с юго-запада на северо-восток, подобное несовпадение направлений с грунтовым водоносным горизонтом связано с наличием у них разных зон питания и разгрузки и значительной подчиненностью потока грунтовых вод рельефу (Отчет о научно-исследовательской работе ... оценка воздействия на окружающую среду 2-ой очереди реконструкции и реставрации ГАБТ России, 2005).

Перхуровский водоносный горизонт залегает повсеместно. Он приурочен к известнякам одноименной толщи верхнего карбона. Мощность горизонта преимущественно 6-8 м. Горизонт имеет напорно-безнапорный характер. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности

составляют 114-116 м. Относительно водоупорным основанием горизонта являются мергели и глины неверовской толщи, мощность которых 6-7 м. Из водоносных горизонтов верхнего карбона этот горизонт наиболее водообильный.

Залегающие ниже ратмировский, подольско-мячковский и каширский водоносные горизонты находятся вне активной зоны реконструируемого здания ГАБТ.

Грунтовые воды загрязнены и характеризуется повышенными (по сравнению с нормативами) величинами жесткости, нитратов и железа, также отмечается высокое содержание железа. В связи с гидравлической связью измайловского и надъяюрского водоносных горизонтов влияние утечек из канализационных коллекторов привело к загрязнению измайловского водоносного горизонта аммонийным азотом и повышенным по сравнению с фоновым содержанием нитратов.

Температурный режим подземных вод сильно нарушен.

Из опасных геологических и инженерно-геологических процессов следует выделить карстовый и суффозионный процессы. С точки зрения карстовой и суффозионной опасности к потенциально опасной категории относится северная часть участка здания ГАБТ, где юрский водоупор размыт или маломощен, а мощность четвертичных песков превышает 7-10 м. Остальная часть здания находится на участке не опасном в карстовом и суффозионном отношении. Поверхностных проявлений карстовых и суффозионных процессов на площадке ГАБТ обнаружено не было. Однако следует отметить, что активизация этих процессов зафиксирована в 1987-1989 гг. на прилегающей площадке расположения Малого театра.

Большая часть территории ГАБТа до начала реконструкции не являлась подтопленной (применительно к существовавшему на тот момент заглублению подземной части).

Физико-механические характеристики грунтов, слагающих площадку размещения здания ГАБТ, полученные на основании результатов лабораторных и полевых испытаний грунтов, выполненных в рамках инженерно-геологических изысканий ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003-2006 гг., представлены в таблице 2.1. Грунтами основания, залегающими непосредственно под подошвой фундаментов исторического здания ГАБТ, являются аллювиальные отложения и на отдельных участках насыпные грунты незначительной мощности. Аллювиальные отложения представлены песками различной крупности и плотности, маловажными и влажными, супесями твердой и пластичной консистенции и суглинками мягкопластичной и тугопластичной консистенции. Физико-механические свойства основных типов грунтов, залегающих под подошвами фундаментов исторического здания ГАБТ, определенные в ходе лабораторных испытаний проб грунтов ненарушенного сложения, отобранных из-под подошв фундаментов исторического здания ГАБТ, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.1

Нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов площадки размещения здания ГАБТ РФ(по данным ООО «СК «КРЕАЛ», 2003-2006)

Геол. инд.	№ ИГЭ	Наименование грунта	Нормативные значения											Расчетные значения при доверительной вероятности α=0,85		
			Плотность грунта ρ, г/см³	Плотность частиц грунта ρ _s , г/см³	Влажность, %	Степень влажности, д. ед	Коэффициент пористости e	Число пластичности, I _p	Показатель текучести, I _L	Угол внутреннего трения φ, град.	Удельное сцепление C, кПа	Модуль деформации E, МПа		Плотность грунта, ρ, г/см³	Угол внутреннего трения φ, град.	Удельное сцепление C, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14		15	16	17
t-Q ₄	1.1	Техногенный грунт песчаный, слежавшийся	R ₀ = 150 кПа													
	1.2	Техногенный грунт суглинистый, слежавшийся	R ₀ = 120 кПа													
a-Q ₃₊₄	2	Песок гравелистый, средней плотности, с включениями гравия и гальки, влажный, насыщенный водой	1,63 / 1,94	2,65	3,7 / 23,6	0,14 / 0,91	0,69	-	-	37	0	32		1,61/1,91	35	0
	3	Песок крупный, средней плотности, с включениями гравия, маловлажный, насыщенный водой	1,65 / 1,90	2,64	4,9 / 20,7	0,19 / 0,81	0,68	-	-	35	0	28		1,64/1,87	34	0
	4.1	Песок средней крупности, средней плотности, с включениями гравия, маловлажный, влажный, насыщенный водой	1,65/1,80/1,92	2,65	3,4/12,8/20,5	0,14/0,51/0,82	0,66	-	-	33	1	29		1,63/1,79/1,90	32	0
	4.2	Песок средней крупности, плотный, маловлажный, насыщенный водой	1,88/2,05	2,65	4,7/14,8	0,26/0,81	0,48	-	-	37	3	42		1,87/2,02	35	2
	5.1	Песок мелкий, средней плотности, маловлажный	1,62	2,66	4,5	0,17	0,72	-	-	30	1	21		1,60	28	0,5
	5.2	Песок мелкий, средней плотности, влажный	1,76	2,66	13,8	0,51	0,72	-	-	29	2	23		1,75	27	1
	5.3	Песок мелкий, средней плотности, насыщенный водой	1,89	2,66	22,1	0,82	0,72	-	-	28	2	19		1,87	26	1
	5.4	Песок мелкий, плотный, насыщенный водой	1,99	2,66	18,3	0,84	0,58	-	-	33	4	36		1,96	32	2,5
	6.1	Песок пылеватый, средней плотности, маловлажный	1,68	2,67	7,1	0,27	0,70	-	-	27	3	15		1,67	26	2
	6.2	Песок пылеватый, средней плотности, насыщенный водой	1,93	2,67	22,9	0,87	0,70	-	-	25	4	17		1,91	23	2,8
	6.3	Песок пылеватый, плотный, маловлажный	1,85	2,67	8,7	0,41	0,57	-	-	31	5	26		1,83	29	3,5
	7	Супесь пластичной консистенции	1,91	2,68	20,3	0,79	0,69	4,0	0,43	24	12	13		1,88	22	10,6
	8.1	Суглинок мягкопластичной консистенции	1,91	2,70	23,3	0,85	0,74	9,9	0,68	13	19	11		1,89	12	17
	8.2	Суглинок тугопластичной консистенции	2,03	2,70	21,4	0,94	0,61	10,5	0,44	15	29	15		2,01	14	26,8
	8.3	Суглинок полутвердой консистенции	2,14	2,70	16,6	0,95	0,47	10,4	0,19	18	40	24		2,11	16	37,7
J ₃	9.1	Глина тугопластичной консистенции	1,79	2,72	40,5	0,98	1,12	29,0	0,41	17	58	18		-	-	-
	9.2	Глина полутвердой консистенции	1,76	2,74	43,0	0,96	1,23	40,0	0,13	19	67	20		1,74	17,2	64
	9.3	Глина твердой консистенции	1,76	2,74	36,5	0,89	1,13	39,0	-0,05	22	93	25		-	-	-

Таблица 2.1 (продолжение)

Геол. инд.	№ ИГЭ	Наименование грунта	Нормативные значения										Расчетные значения при доверительной вероятности $\alpha=0,85$		
			Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность, %	Степень влажности, д. ед	Коэффициент пористости e	Число пластичности, I_P	Показатель текучести, I_L	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа	Плотность грунта, ρ , г/см ³	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17
С ₃	10.1	Известняк разрушенный до щебня и муки, очень низкой прочности	Модуль деформации $E = 12$ МПа												
	10.2	Известняк низкой прочности, трещиноватый, кавернозный	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 1,9$ МПа												
	10.3	Известняк пониженной прочности, трещиноватый, кавернозный	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 3,6$ МПа												
	10.4	Известняк малопрочный, трещиноватый	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 7,1$ МПа												
	10.5	Известняк средней прочности, слабокавернозный	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 17,3$ МПа												
	11.1	Мергель очень низкой прочности	Модуль деформации $E = 14$ МПа												
	11.2	Мергель низкой прочности	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 1,9$ МПа												
	11.3	Мергель пониженной прочности	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 3,1$ МПа												
	11.4	Мергель малопрочный	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R_{сж} = 7,6$ МПа												
	12.1	Глина тугопластичной консистенции	2,01	2,73	26,8	1,01	0,72	29,8	0,26	15	48	24	1,99	14,6	45,5
	12.2	Глина полутвердой консистенции	2,01	2,73	24,8	0,97	0,70	28,4	0,14	18	50	28	1,98	17,1	47
	12.3	Глина твердой консистенции	2,13	2,73	17,0	0,93	0,50	21,6	-0,09	23	62	35	2,10	21	59

Таблица 2.2

Нормативные значения физико-механических характеристик грунтов основания фундаментов исторического здания

ГАБТ РФ (по данным ООО «СК «КРЕАЛ», 2003)

Геол. инд.	Наименование грунта	Нормативные значения									
		Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность, %	Степень влажности, д. ед	Коэффициент пористости e	Число пластичности, I_p	Показатель текучести, I_L	Модуль деформации E , МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Удельное сцепление C , кПа
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
а-Q ₃₋₄	Песок средней крупности, рыхлый, маловлажный	1,53	2,65	1,5	0,05	0,78	-	-	15	27	0
	Песок средней крупности, средней плотности, маловлажный	1,66	2,65	3,4	0,13	0,65	-	-	30	33	1
	Песок средней крупности, плотный, маловлажный	1,95	2,65	4,7	0,28	0,43	-	-	45	38	3
	Песок мелкий, средней плотности, маловлажный	1,62	2,65	3,5	0,13	0,70	-	-	25	29	2
	Песок мелкий, плотный, маловлажный	1,85	2,66	5,8	0,30	0,52	-	-	38	34	5
	Песок пылеватый, средней плотности, маловлажный	1,69	2,67	2,7	0,10	0,63	-	-	18	28	4
	Песок пылеватый, плотный, маловлажный	1,84	2,67	5,7	0,29	0,53	-	-	30	31	6
	Суглинок тугопластичной консистенции	1,99	2,71	21,4	0,88	0,64	10,7	0,41	18	21	29
	Супесь пластичной консистенции	2,03	2,69	20,3	0,92	0,59	5,8	0,41	13	14	24

2.2.2. Инженерно-геологические условия площадки размещения здания Московской Государственной консерватории им. П.И. Чайковского

Инженерно-геологические изыскания для реконструкции комплекса зданий МГК им. П.И. Чайковского были выполнены ООО «СК «КРЕАЛ» в 2008 году при участии автора, дополнительные изыскания в пределах участка размещения комплекса зданий МГК проводились ООО «СК «КРЕАЛ» в 2012-2013 гг. при участии автора. Также инженерно-геологические изыскания на прилегающем участке (Средний Кисловский переулочек) были выполнены ГУП Мосгоргеотрест в 1980 году.

План площадки и инженерно-геологический разрез участка размещения комплекса зданий МГК представлен на рис. 2.6-2.8.

В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах второй надпойменной террасы реки Москвы. Территория искусственно спланирована и характеризуется абсолютными высотными отметками поверхности земли 142 – 149 м с уклоном с запада на восток.

В геологическом строении территории принимают участие отложения каменноугольной, юрской и четвертичной систем.

Каменноугольная система (до глубины 50 м) представлена породами касимовского яруса. Они представлены (снизу вверх) ратмировскими известняками мощностью 6-8 м, неверовскими глинами и мергелями мощностью 2-7 м, перхуровскими известняками трещиноватыми, местами разрушенными до муки и щебня мощностью 5-8 м, мещеринскими глинами и мергелями мощностью 2-7 м и измайловскими известняками, мощность которых 0,5-2 м.

Все отложения верхнего карбона, кроме измайловской толщи, распространены в пределах площадки размещения здания повсеместно. В центральной части участка измайловские отложения размыты.

Над отложениями верхнего карбона залегает толща верхнеюрских глин оксфордского яруса максимальной мощностью 8 м (в западной части площадки). На отдельных участках в восточной части площадки юрские отложения размыты. Глины от тугопластичных до твердых.

Выше повсеместно залегают отложения четвертичной системы, представленные аллювиальными и флювиогляциальными отложениями.

Флювиогляциальные отложения окско-днепровского горизонта, представленные песками мелкими, средней плотности и суглинками мягкопластичными и тугопластичными, развиты на отдельных участках в пределах площадки.

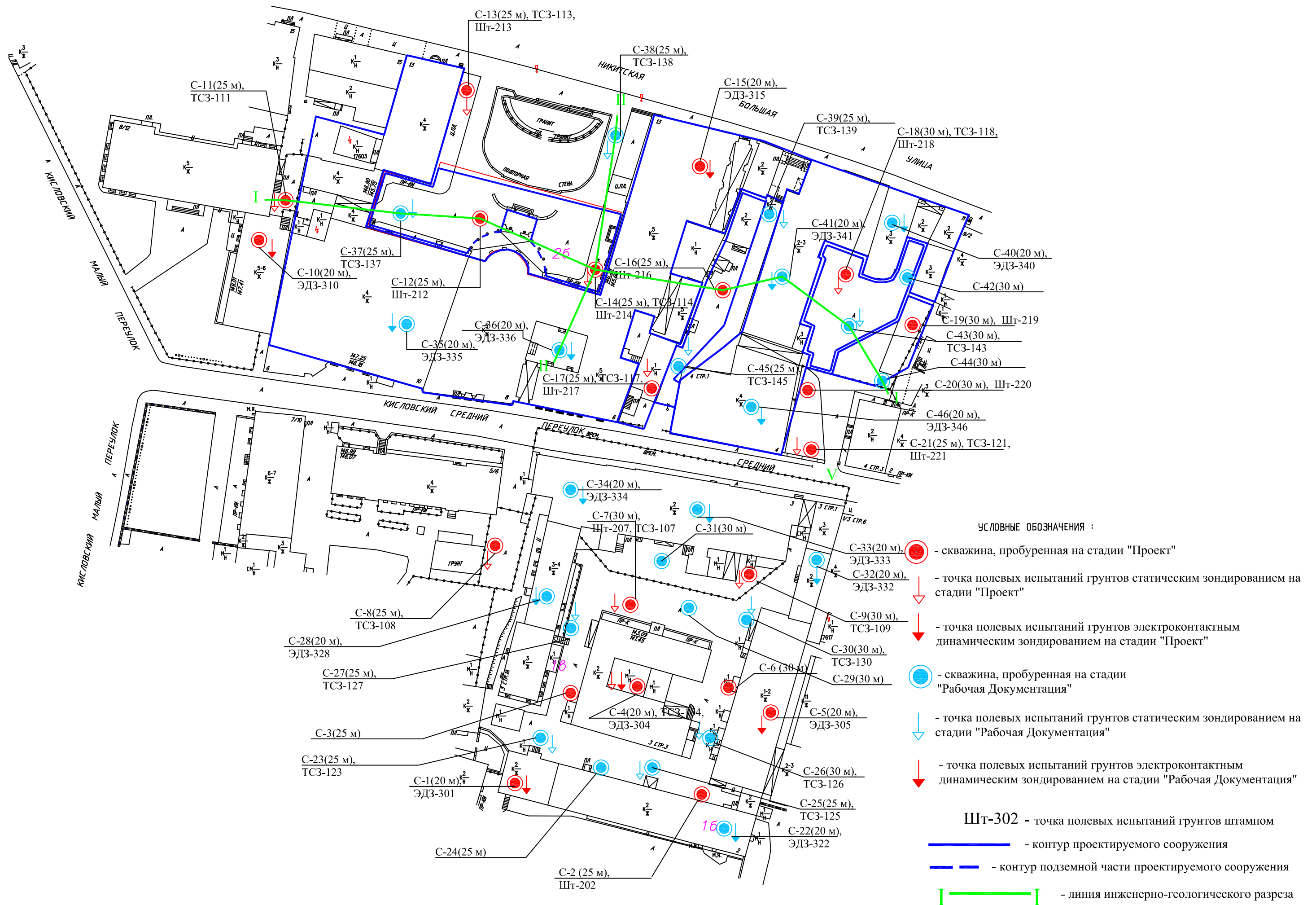


Рис. 2.6. План участка МГК им. П.И. Чайковского с указанием расположения выработок и линии инженерно-геологического разреза (по материалам ООО «СК «КРЕАЛ»)

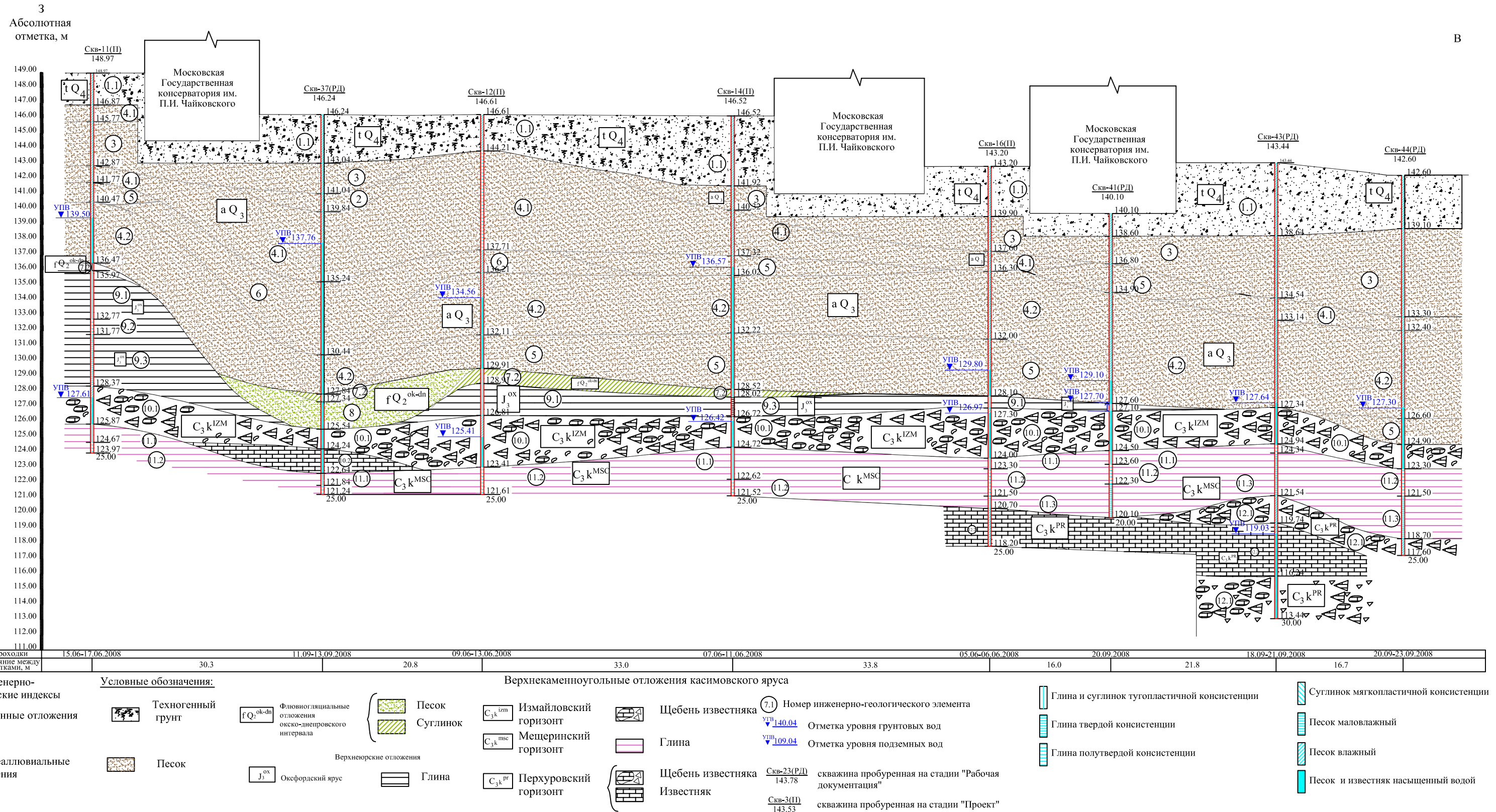
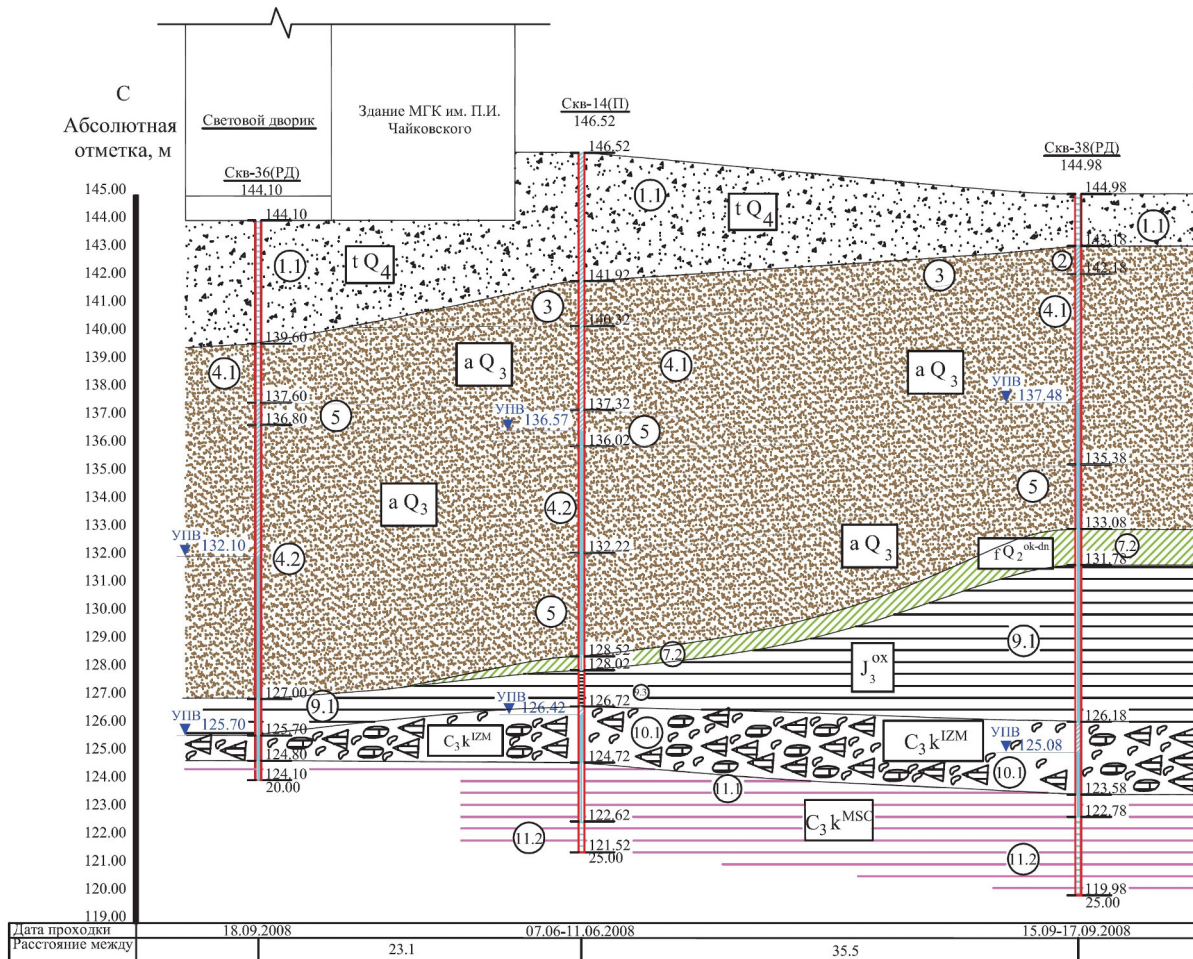


Рис. 2.7 Характерный инженерно-геологический разрез участка МГК им. П.И. Чайковского по линии 1-1 (по данным ООО «СК «КРЕАЛ», при участии автора, 2008)

Условные обозначения:



- Условные обозначения:**
- tQ_4 Техногенные отложения
 - aQ_3 Древнеаллювиальные отложения
 - Флювиогляциальные отложения окско-днепровского интервала
 - fQ_2^{ok-dn} Песок
 - Суглинок
 - Верхнеюрские отложения
 - J_3^{ox} Оксфордский ярус
 - Глина
 - Верхнекаменноугольные отложения касимовского яруса
 - C_3k^{izm} Измайловский горизонт
 - C_3k^{msc} Мешеринский горизонт
 - C_3k^{pr} Перхуровский горизонт
 - Щебень известняка
 - Глина
 - Известняк
 - 7.1 Номер инженерно-геологического элемента
 - $УГВ$ 140.04 Отметка уровня грунтовых вод
 - $УПВ$ 109.04 Отметка уровня подземных вод
 - Скв-23(РД) 143.78 скважина пробуренная на стадии "Рабочая документация"
 - Скв-3(П) 143.53 скважина пробуренная на стадии "Проект"
 - Глина и суглинок тугопластичной консистенции
 - Глина твердой консистенции
 - Глина полутвердой консистенции
 - Суглинок мягкопластичной консистенции
 - Песок маловлажный
 - Песок влажный
 - Песок и известняк насыщенный водой

Рис. 2.8. Характерный инженерно-геологический разрез участка МГК им. П.И. Чайковского по линии 2-2

(по данным ООО «СК «КРЕАЛ», при участии автора, 2008)

Максимальная мощность флювиогляциальных отложений приурочена к северо-западной части площадки и составляет 5 м.

Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы р. Москвы развиты повсеместно и представлены песками различной крупности (от пылеватых до гравелистых), средней плотности и рыхлыми, маловлажными, влажными и насыщенными водой. Мощность аллювиальной толщи составляет 6-16 м.

Выше залегают техногенные отложения, представленные насыпными грунтами различного состава, с включением строительного и бытового мусора, неслежавшимися и слежавшимися, маловлажными и влажными. Мощность насыпных грунтов, с учетом их незначительной мощности под полами подвалов, составляет 0,8-6,5 м.

На отдельных участках мощность толщи техногенных грунтов может превышать максимально зафиксированную (Технический отчет о проведении инженерно-геологических изысканий для нового строительства на стадии «рабочая документация» для комплекса зданий МГК им. П.И. Чайковского по адресу: ул. Б. Никитская, д. 13/6, стр.1; д. 11/4, стр. 1, Средний Кисловский пер., д. 3, стр. 1, 3, 4., ООО «СК «КРЕАЛ», 2008; Технический отчет о проведении инженерно-геологических изысканий для нового строительства на стадии «проект» для комплекса зданий МГК им. П.И. Чайковского по адресу: ул. Б. Никитская, д. 13/6, стр.1; д. 11/4, стр. 1, Средний Кисловский пер., д. 3, стр. 1, 3, 4., ООО «СК «КРЕАЛ», 2008).

Гидрогеологические условия участка, согласно данным ООО «СК «КРЕАЛ» (2008), характеризуются наличием в исследованной толще грунтового массива трех горизонтов подземных вод: надъюрского горизонта грунтовых вод, измайловского и перхуровского горизонтов подземных вод.

При проведении инженерно-геологических изысканий на участке размещения здания МГК и непосредственно прилегающей к нему территории «верховодка» не зафиксирована, однако, имеются предпосылки для ее образования (наличие сети старых водонесущих коммуникаций и относительно водоупорных прослоев в насыпных грунтах).

Локальные проявления «верховодки» были зафиксированы при проведении реконструкции в 2010-2011 гг.

Надъюрский горизонт грунтовых вод приурочен к верхнечетвертичным аллювиальным пескам и флювиогляциальным пескам окско-днепровского горизонта.

Надъюрский горизонт грунтовых вод распространен повсеместно и залегает на глубинах 5-16 м от поверхности земли, на абсолютных высотных отметках 125–139 м. Нижним водоупором для него служат верхнеюрские глины оксфордского яруса. Горизонт носит безнапорный характер.

Вода по отношению к бетонам неагрессивна; при периодическом смачивании обладает слабой степенью агрессивности для арматуры железобетонных конструкций.

Степень коррозионной агрессивности воды к свинцу – высокая, к алюминию – высокая.

Измайловский горизонт подземных вод, водовмещающими грунтами для которого служат известняки измайловской толщи касимовского яруса, залегает на глубине 12 – 21 м от поверхности земли, на абсолютных высотных отметках 124–128 м.

На отдельных участках в пределах площадки изысканий, где размыт верхний водоупор, измайловский горизонт сливается с надюрским горизонтом грунтовых вод. Горизонт носит преимущественно безнапорный характер. Величина напора, зафиксированного отдельными скважинами, варьируется от 0,1 до 1,3 м.

Перхуровский горизонт подземных вод, водовмещающими грунтами для которого служат известняки перхуровской толщи касимовского яруса, залегает на глубине 24–26 м от поверхности земли, на абсолютных высотных отметках 117–119 м.

К специфическим грунтам, залегающим в пределах активной зоны здания, относятся рыхлые пески.

Применительно к существующему зданию МГК площадка является неподтопленной.

Большая часть площадки основного здания относится к неопасной зоне в карстовом и суффозионном отношении, а восточное крыло здания, часть центральной части площадки и участок западного крыла здания - к потенциально опасной.

Физико-механические характеристики грунтов, слагающих площадку размещения здания МГК им. П.И. Чайковского, полученные на основании результатов лабораторных и полевых испытаний грунтов, выполненных в рамках инженерно-геологических изысканий ООО «СК «КРЕАЛ» при участии автора в 2008-2013 гг., представлены в таблице 2.3.

Грунтами основания фундаментов здания МГК, согласно данным ООО «СК «КРЕАЛ» (2003, 2005, 2008, 2010) являются аллювиальные пески от пылеватых до гравелистых, рыхлые, средней плотности и плотные, также в отдельных шурфах под подошвами фундаментов вскрыты насыпные грунты.

В 2004-2010 гг. было выполнено усиление грунтов основания буроинъекционными сваями.

Физико-механические свойства основных типов грунтов, залегающих под подошвами фундаментов здания МГК (до проведения работ по усилению грунтов основания), определенные в ходе лабораторных испытаний проб грунтов ненарушенного сложения, отобранных из-под подошв фундаментов при их обследовании, выполненным ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003 году, представлены в таблице 2.4.

Нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов площадки размещения здания МГК им. П.И. Чайковского
(по данным ООО «СК «КРЕАЛ», при участии автора, 2008-2013)

Геол. инд.	Номер ИПЭ	Наименование грунта	Нормативные значения													Расчетные значения при доверительной вероятности $\alpha=0,85$		
			Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность, %	Коэффициент пористости e	Граница текучести, %	Граница раскатывания, %	Степень влажности	Число пластичности, I_p	Показатель текучести, I_L	Коэффициент фильтрации, м/сут	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа	Плотность грунта ρ , г/см ³	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа
t Q ₄	1.1	Техногенный грунт песчано-суглинистый, маловлажный и влажный, неслежавшийся	R ₀ = 120 кПа															
	1.2	Техногенный грунт песчано-суглинистый, маловлажный и влажный, слежавшийся	R ₀ = 150 кПа															
a Q ₃	2	Песок пылеватый, средней плотности, влажный	1,86	2,67	13,1	0,62	-	-	0,56	-	-	1,5	32	5	20	1,84	30	4
	3	Песок мелкий, средней плотности, маловлажный и влажный	1,72 / 1,85	2,66	5,2 / 13,7	0,63	-	-	0,22 / 0,57	-	-	3,3	34	2	30	1,69 / 1,83	32	1
	4.1	Песок средней крупности, средней плотности, маловлажный, влажный и насыщенный водой	1,74 / 1,87 / 1,98	2,66	7,7 / 15,8 / 22,5	0,65	-	-	0,32 / 0,65 / 0,93	-	-	12,0	35	1	30	1,70 / 1,86 / -	33	0
	4.2	Песок средней крупности, рыхлый, влажный и насыщенный водой	1,79 / 1,93	2,66	16,0 / 24,7	0,72	-	-	0,59 / 0,91	-	-	13,6	31	0	23	1,78 / 1,91	29	0
	5	Песок крупный, рыхлый, маловлажный, влажный и насыщенный водой	1,65 / 1,81 / 1,93	2,65	6,4 / 16,5 / 24,6	0,71	-	-	0,24 / 0,62 / 0,92	-	-	20,3	34	0	26	- / 1,79 / 1,92	32	0
	6	Песок гравелистый, рыхлый, влажный и насыщенный водой	1,74 / 1,91	2,64	15,8 / 27,3	0,76	-	-	0,55 / 0,95	-	-	36,2	29	0	18	1,71 / -	28	0

Геол. инд.	Номер ИГЭ	Наименование грунта	Нормативные значения													Расчетные значения при доверительной вероятности $\alpha=0,85$		
			Плотность грунта $\rho, \text{г/см}^3$	Плотность частиц грунта $\rho_s, \text{г/см}^3$	Влажность, %	Коэффициент пористости e	Граница текучести, %	Граница раскатывания, %	Степень влажности	Число пластичности, I_p	Показатель текучести, I_L	Коэффициент фильтрации, м/сут	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа	Плотность грунта $\rho, \text{г/см}^3$	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа
f Q ₂ ^{ok-dn}	7.1	Суглинок мягкопластичной консистенции	1,88	2,72	18,8	0,72	23,7	8,2	0,71	15,5	0,68	0,02	20	23	14	1,86	19	21
	7.2	Суглинок тугопластичной консистенции	2,11	2,72	12,4	0,45	21,4	7,0	0,75	14,4	0,38	0,01	23	34	24	2,07	21	33
	8	Песок мелкий, средней плотности, насыщенный водой	1,98	2,66	22,6	0,65	-	-	0,93	-	-	2,7	31	2	27	1,96	29	1
J ₃ ^{ox}	9.1	Глина тугопластичной консистенции	1,78	2,74	49,2	1,30	77,3	28,5	1,00	48,8	0,42	0,001	16	39		1,77	15	38
	9.2	Глина полутвердой консистенции	1,74	2,74	41,6	1,25	81,6	35,1	0,93	46,5	0,14	0,001	19	34		1,74	17	30
	9.3	Глина твердой консистенции	1,73	2,74	41,6	1,24	84,2	46,2	0,92	38,0	-0,12	0,001	20	42		1,72	19	39
C ₃ k ^{izm}	10.1	Известняк, разрушенный до щебня и дресвы, влажный и насыщенный водой	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии R _{сж} = <1,0 МПа															
	10.2	Известняк пониженной прочности, насыщенный водой	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии R _{сж} = 3,7 МПа															
C ₃ k ^{msc}	11.1	Глина тугопластичной консистенции	2,04	2,74	21,6	0,63	37,4	10,3	0,93	27,1	0,42	0,0005	19	37	16	2,04	18	34
	11.2	Глина полутвердой консистенции	2,09	2,72	21,5	0,58	37,6	19,3	1,00	18,3	0,12	0,0005	20	44	22	2,09	19	43
	11.3	Глина твердой консистенции	2,02	2,73	18,4	0,60	38,7	20	0,84	18,7	-0,09	0,0005	21	53	24	2,02	20	50
C ₃ k ^{pr}	12.1	Известняк, разрушенный до щебня, влажный и насыщенный водой	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии R _{сж} = <1,0 МПа															
	12.2	Известнякмалопрочный, влажный и насыщенный водой	Временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии R _{сж} = 7,3 МПа															

Таблица 2.4

Нормативные значения физико-механических характеристик грунтов основания фундаментов исторического здания МГК им. П.И. Чайковского (по данным ООО «СК «КРЕАЛ», 2003)

Геол. инд.	Наименование грунта	Нормативные значения							
		Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность, %	Степень влажности, д. ед	Коэффициент пористости e	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а-Q ₃	Песок пылеватый, средней плотности, маловлажный	1,75	2,65	12,2	0,46	0,70	28	3	17
	Песок пылеватый, плотный, маловлажный	1,93	2,67	7,7	0,41	0,49	33	5	27
	Песок мелкий, рыхлый, маловлажный	1,55	2,66	4,8	0,16	0,80	26	0	16
	Песок мелкий, средней плотности, маловлажный и влажный	1,68	2,65	6,8	0,27	0,69	30	1	22
	Песок средней крупности, рыхлый, маловлажный	1,61	2,64	5,7	0,20	0,74	31	0	24
	Песок средней крупности, средней плотности, маловлажный	1,79	2,65	5,3	0,25	0,56	36	2	34
	Песок гравелистый, рыхлый, маловлажный	1,61	2,62	4,4	0,15	0,84	31	0	25
	Песок гравелистый, средней плотности, маловлажный	1,73	2,62	4,9	0,22	0,59	38	0	36

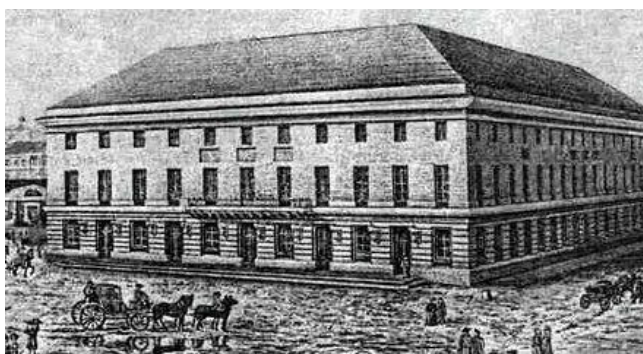
2.3. Характеристика и состояние технических подсистем литотехнических систем историко-культурных сооружений

2.3.1. Характеристика и состояние технической подсистемы литотехнической системы, относящейся к зданию ГАБТ РФ

Архитектурная доминанта Театральной площади – здание Большого театра в течение времени своего существования многократно горело, перестраивалось и реконструировалось. На рис. 2.9 представлена история строительства и реконструкций здания Большого театра.

Первое здание – Петровский театр (или театр М. Медокса), было возведено на том месте, где сейчас находится Большой театр в 1780 году. Каменное трехэтажное здание с тесовой крышей, было возведено на берегу р. Неглинки всего за 5 месяцев, что в итоге сказалось на качестве работ и вскоре появившихся деформациях конструкций (Памятники архитектуры. Большой театр, 2003).

В 1805 году Петровский театр сгорел, в 1823 году был объявлен конкурс на лучший архитектурный проект театра. В итоге, строительство театра было осуществлено по проекту О.И. Бове, который значительно переработал выигравший конкурс проект А.А. Михайлова.

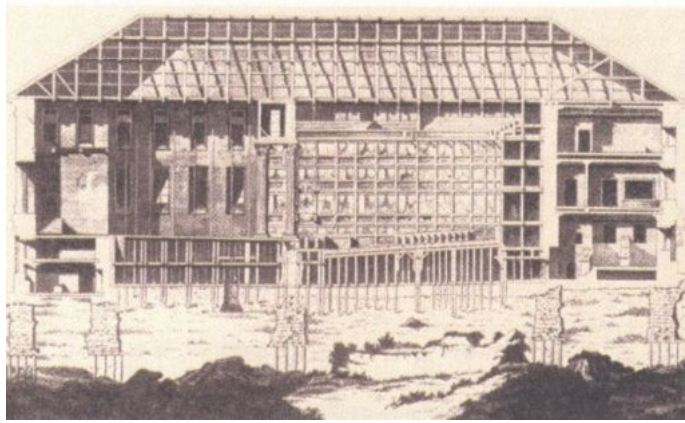


а) Петровский театр, арх. Х. Розберг (1780 год)



б) Большой театр, фасад, проект О.И. Бове (1824 год)

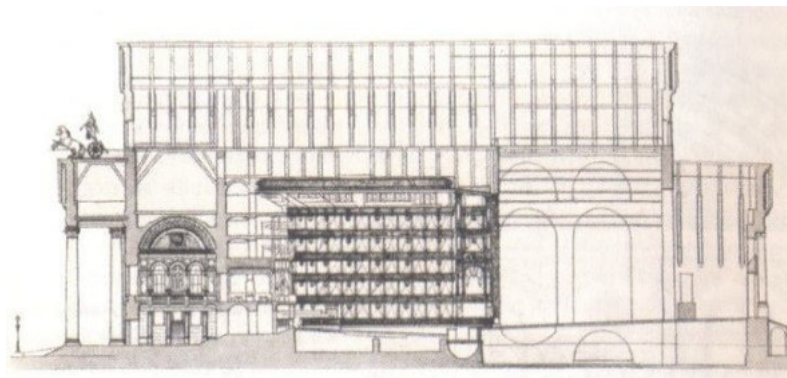
Рис. 2.9. История строительства и реконструкций здания Большого театра



в) Продольный конструктивный разрез, проект О.И. Бове (1824 год)



г) Большой театр, фасад, проект А.К. Кавоса (1856 год)



д) Большой театр, проект А.К. Кавоса. Продольный разрез (1856 год)

Рис. 2.9 (продолжение). История строительства и реконструкций здания Большого театра

Помимо воссоздания самого здания театра было произведено устройство прилегающей к нему Театральной площади.

К 1824 году на месте сгоревшего здания был возведен Большой Петровский театр, на тот момент второй по размерам после миланского «Ла Скала». При строительстве театра частично были использованы остатки фундаментов и стен театра Медокса.

В 1843 году это здание было реконструировано (отделано заново, улучшено внутри, были перекрыты кирпичными сводами вестибюль, фойе и нижние коридоры), однако, в 1853 году здание сгорело при пожаре, после которого сохранились только колонны портика и наружные стены.

Здание было восстановлено по проекту архитектора А.К. Кавоса и в 1856 году состоялось открытие театра. Именно в это время был сформирован современный облик Большого театра.

В 1893 году к зданию театра было пристроено помещение для репетиций и подсобных служб.

На протяжении всей длительной истории существования Большого театра фиксировались деформации отдельных частей его здания.

В 1890 году в стенах театра появились трещины, связанные с тем, что из-за снижения уровня грунтовых вод, вызванного заключением р. Неглинки в трубу, дубовые сваи, на которых стояли фундаменты здания, сгнили.

В 1894 году были выполнены работы по усилению (подводке) фундаментов, однако, деформации отдельных частей здания полностью не прекратились.

В конце XIX века под здание были подведены новые фундаменты под руководством И.И. Рерберга и осадка прекратилась. Также имело место трещинообразование по всей высоте полуколонцевой стены зрительного зала, связанное с недостаточным заглублением фундаментов стен, которые не выдержали вес конструкций.

В 1906 году произошла осадка стены зрительного зала, однако, противоаварийных мероприятий проведено не было.

В 1921 году были начаты противоаварийные работы, в ходе которых под полуколонцевую стену зрительного зала были подведены новые фундаменты, также были разобраны перекрытия коридоров партера, кирпичные своды были заменены сводчатыми перекрытиями из железобетона.

Усиление различных конструкций театра производилось практически непрерывно. Постепенно производилась замена несущих элементов, деревянных перекрытий и т.д.

В 1938 году было произведено химическое укрепление грунтов под стенами здания.

Следующий этап реконструкции был начат в 1941 году. Однако начавшаяся война внесла свои коррективы. Здание театра сильно пострадало от попавшей в него авиационной бомбы, которая пробила фасадную часть и разорвалась в вестибюле, в результате чего

разрушилось перекрытие вестибюля, деформировались потолки в Бетховенском и Белом залах, появилась сеть трещин в стенах зрительного зала.

Работы по реконструкции и реставрации проводились в 1950, 1955, 1958, 1960, 1987 гг.

В начале 1990-х годов произошла осадка фундаментов юго-западного угла здания театра, в результате чего пришло в аварийное состояние перекрытие свода 1-го этажа в этой части здания (Памятники архитектуры. Большой театр, 2003).

В 2005-2011 гг. была произведена наиболее масштабная реконструкция здания.

Здание ГАБТ представляет собой бескаркасное многоэтажное здания с двумя замкнутыми (наружным и внутренним) контурами, выполненными из несущих кирпичных стен. На момент начала реконструкции в 2005 году в стенах и сводах имелись трещины, каменные конструкции имели значительный физический износ.

Обследование надземных конструкций, основания и фундаментов здания Большого театра и зданий окружающей застройки было выполнено ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003-2010 гг.

В связи с многочисленными перестройками, фундаменты, возведенные в и реконструированные в разное время, имеют различные геометрические очертания и глубину заложения. При инженерно-технических изысканиях ООО «СК «КРЕАЛ» были обнаружены остатки фундаментов 1780 г., фундаменты заложения 1824, 1856, 1923, 1930 и 1957 гг.

Фундаменты под стенами здания преимущественно ленточные, под отдельно стоящими колоннами столбчатые. Фундаменты полуциркульных стен зрительного зала по осям C^1 и C^2 , внутренних продольных стен здания в осях 2/Б-Б'' и 9/Б-Б'' и поперечной стены в осях Б/2-8 в верхней части ленточные, в нижней части выполнены в виде единой фундаментной платформы из камня-известняка на цементно-песчаном и известковом растворах

Существующие фундаменты преимущественно ленточные, под колоннами – столбчатые, выполнены из камня-известняка (рваного, постелистого и тесаного) на известковом, сложном или цементно-песчаном растворе. Фундаменты пристроек, стоек нижнего трюма и колонн, помещений гражданской обороны – бетонные. По результатам обследования основания и фундаментов здания, проведенного ООО «СК «КРЕАЛ», глубина заложения фундаментов внешних стен изменяется от 1,8 до 6,5 м, внутренних стен и колонн от 0,1 до 5,5 м от уровня цокольного этажа или пола подвала, что соответствует абс. отм. ~134-139.

Планы подвала и первого этажа с указанием расположения шурфов представлены на рис.2.10-2.11, выборочные результаты обследования основания и фундаментов здания ГАБТ (ООО «СК «КРЕАЛ», 2003-2004) представлены на рис. 2.10-2.11.

Различия параметров фундаментов вызваны одновременностью их возведения и неоднократным выполнением работ по подведению новых и ремонту старых фундаментов в различных частях здания.

На рис. 2.12 а) и б) представлены разрезы фундаментов стен в осях 10 / Г-Д и 9-10/Г-Д, вскрытых в шурфе 29. Данные фундаменты, предположительно, представляют собой остатки фундаментов Петровского театра 1780 года постройки и являются самыми старыми фундаментами здания. Для них характерна относительно небольшая глубина заложения 0,49-0,62 м от уровня пола подвала и большая ширина подошвы фундамента – 3,0-3,86 м. Фундаменты выполнены из рваного камня-известняка, кирпича-половняка и щебня кирпича на известковом растворе. Примеры фундаментов, относящихся зданию, возведенному в 1825 году по проекту О. Бове, представлены на рис. 2.13 и 2.14. На рис. 2.13 приведены разрезы фундамента колонны в осях 8/Д-Е, вскрытые в шурфе 36. Фундамент в нижней части выполнен из рваного камня-известняка на сложном растворе, в верхней части – из красного кирпича на сложном растворе. При обследовании выявлено, что в нижней части фундамента связь раствора с камнем отсутствует, фундамент разбирается руками (см. рис. 2.13 в).

В шурфах 2Н и 4Н вскрыты фундаменты под колоннами знаменитого портика Бове, который является своеобразной визитной карточкой Большого театра (см. рис. 2.14). С внутренней стороны портика (шурф № 2Н) обнажены фундаменты под колоннами портика, с наружной (шурф № 4Н) – фундаменты ступеней. Указанные фундаменты отличаются как по составу, так и глубине заложения; нижняя часть фундамента колонн выполнена из тесаного камня-известняка, а ступеней – из щебня кирпича «внавал». При обследовании фундаментов обнаружено ослабление связи раствора с камнем на отдельных участках, в нижней части фундамента в отдельных блоках наблюдается разрушение материала кладки.

На рис. 2.15 представлен разрез фундамента стены в осях Б/1-2, вскрытого шурфом 28. Этот фундамент является примером фундаментов, возведенных в 1856 г. А. Кавосом и усиленных И. Рербергом в 1923 году. Фундамент выполнен из камня-известняка (рваного и тесаного на цементно-песчаном растворе).

Представленный на рис. 2.16 разрез фундамента, вскрытого в шурфе 5Н, относится к фундаментам, подведенным заново в 1895 году, вероятно под фундаменты А. Кавоса и О. Бове. Для данного фундамента характерна большая глубина заложения - 5,7 м от поверхности земли (абс. отм. 134,49 м). Тело фундамента выполнено из камня-известняка на известковом растворе. Верхняя часть, состоящая из бетонных блоков, выполнена позже.

Основной отличительной чертой фундаментов, датируемых 20 веком, является то, что они выполнены из бетона. На рис. 2.17 представлен разрез фундамента в шурфе 19, который был возведен в 1930-х гг., на рис. 2.18 - разрез фундамента в шурфе 11Н (1957 год).

В июле 2005 года здание Большого театра было закрыто на реконструкцию, которая завершилась в 2010 году.

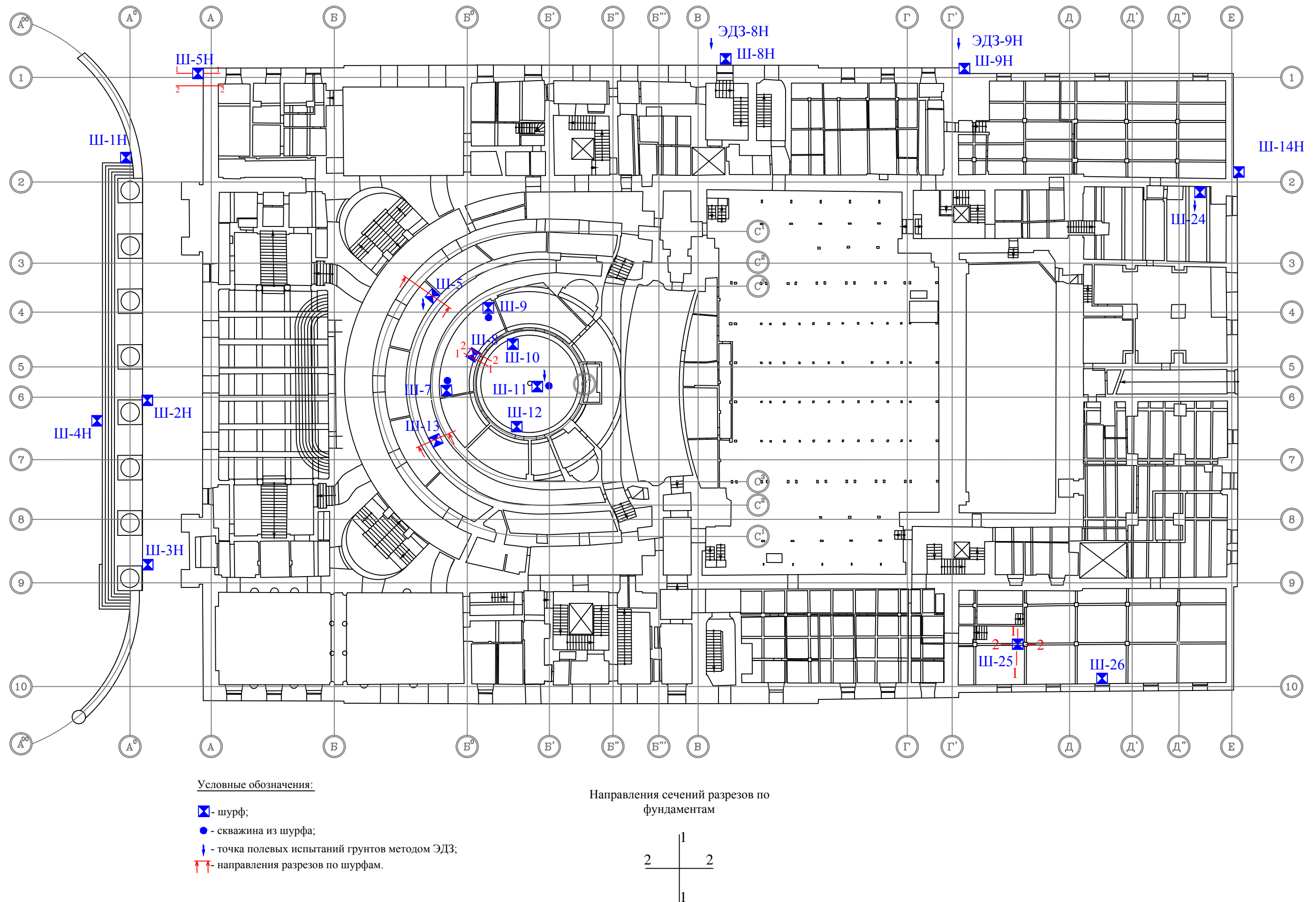


Рис. 2.10. План первого этажа здания ГАБТ РФ с указанием расположения шурфов (ООО «СК «КРЕАЛ», 2003-2004 гг.)

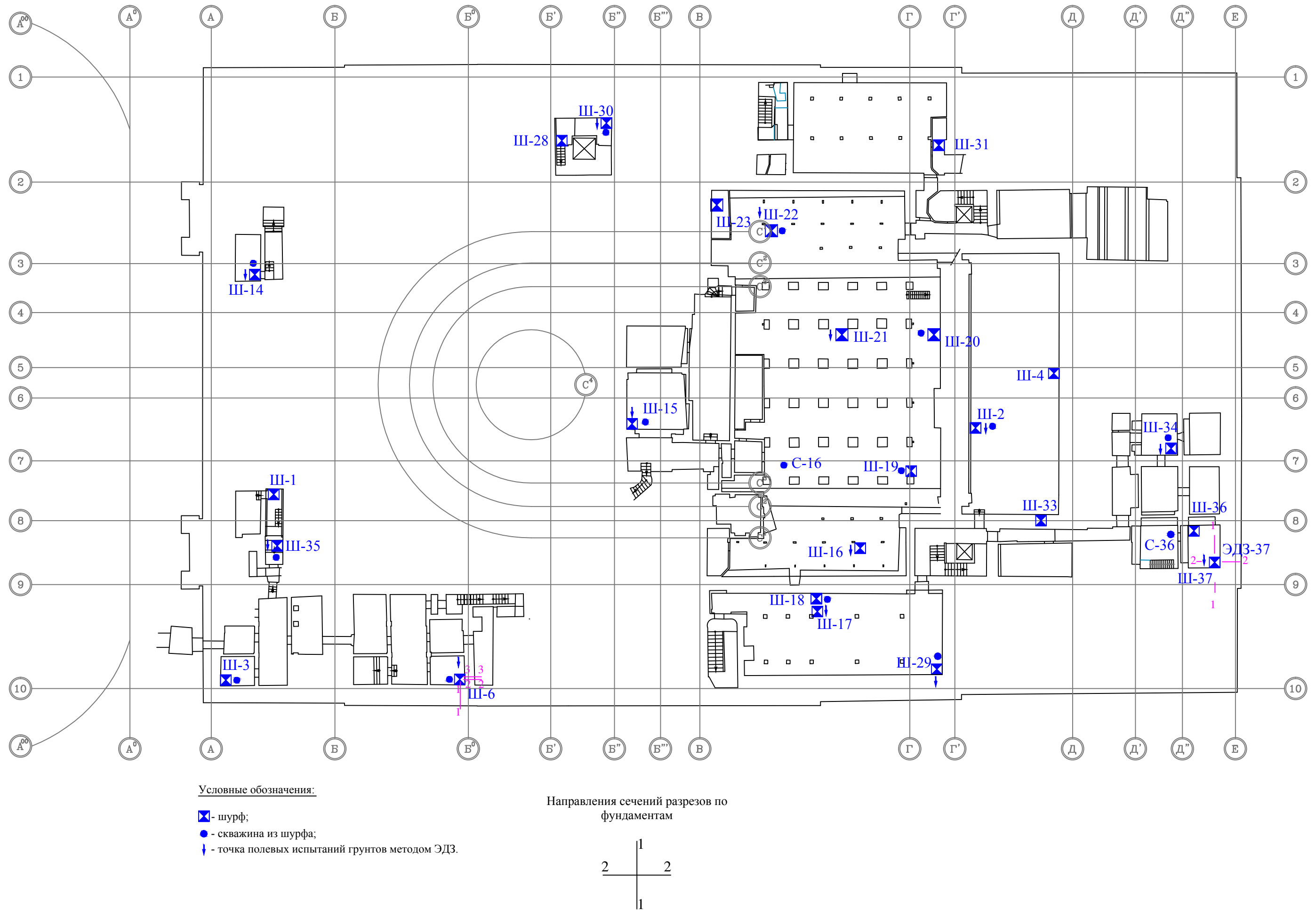


Рис. 2.11. План подвала здания ГАБТ РФ с указанием расположения шурфов (ООО «СК «КРЕАЛ», 2003-2004 гг.)

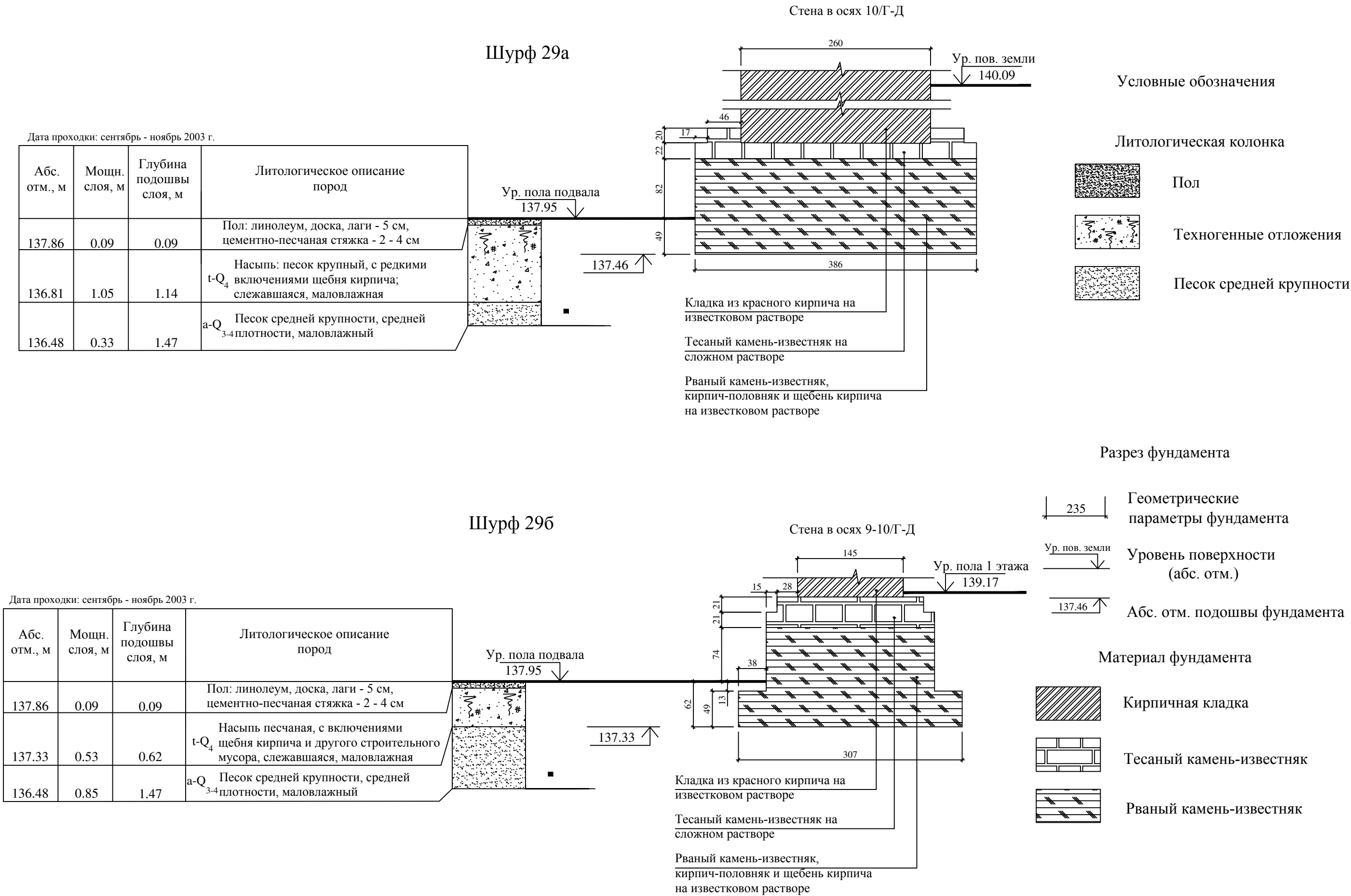
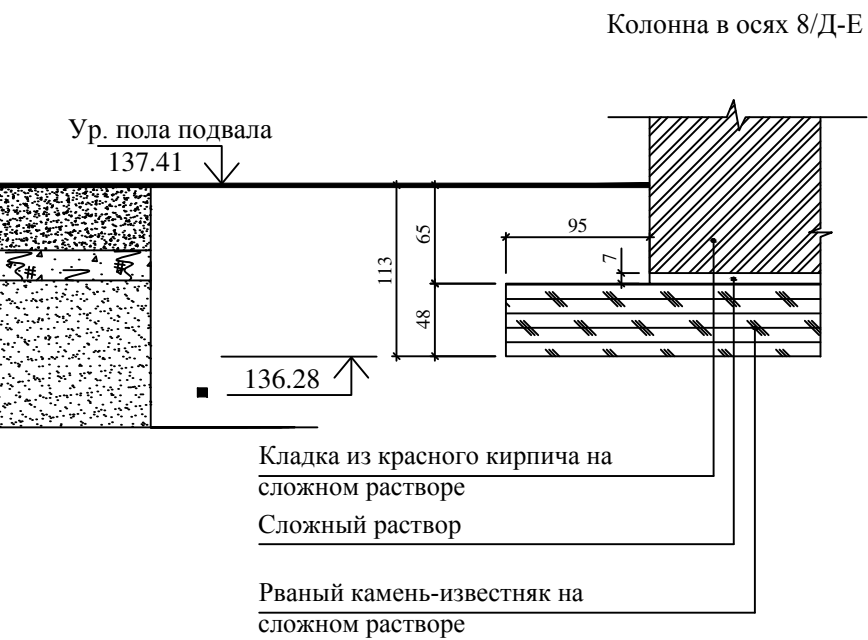


Рис. 2.12.Разрезы фундамента (сечение 1-1 и 2-2), совмещенные с литологической колонкой (шурф № 29)

Дата проходки: сентябрь - ноябрь 2003 г.

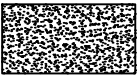
Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
136.98	0.43	0.43	Пол: цементно-песчаная стяжка - 16 см, щебень кирпича на цементно-песчаном растворе - 27 см
136.78	0.20	0.63	Насыпь песчаная, с включениями щебня t-Q ₄ кирпича и другого строительного мусора, неслежавшаяся, маловлажная
135.83	0.97	1.60	а-Q ₃₋₄ Песок серо-желтый, средней крупности, средней плотности, маловлажный

а)



Условные обозначения в)

Литологическая колонка



Пол

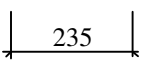


Техногенные отложения

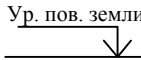


Песок средней крупности

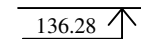
Разрез фундамента



Геометрические параметры фундамента

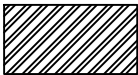


Уровень поверхности (абс. отм.)



Абс. отм. подошвы фундамента

Материал фундамента



Кирпичная кладка



Раствор



Рваный камень-известняк

Шурф 36 б

Дата проходки: сентябрь - ноябрь 2003 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
136.98	0.43	0.43	Пол: цементно-песчаная стяжка - 16 см, щебень кирпича на цементно-песчаном растворе - 27 см
136.78	0.20	0.63	Насыпь песчаная, с включениями щебня t-Q ₄ кирпича и другого строительного мусора, неслежавшаяся, маловлажная
135.83	0.97	1.60	а-Q ₃₋₄ Песок серо-желтый, средней крупности, средней плотности, маловлажный

б)

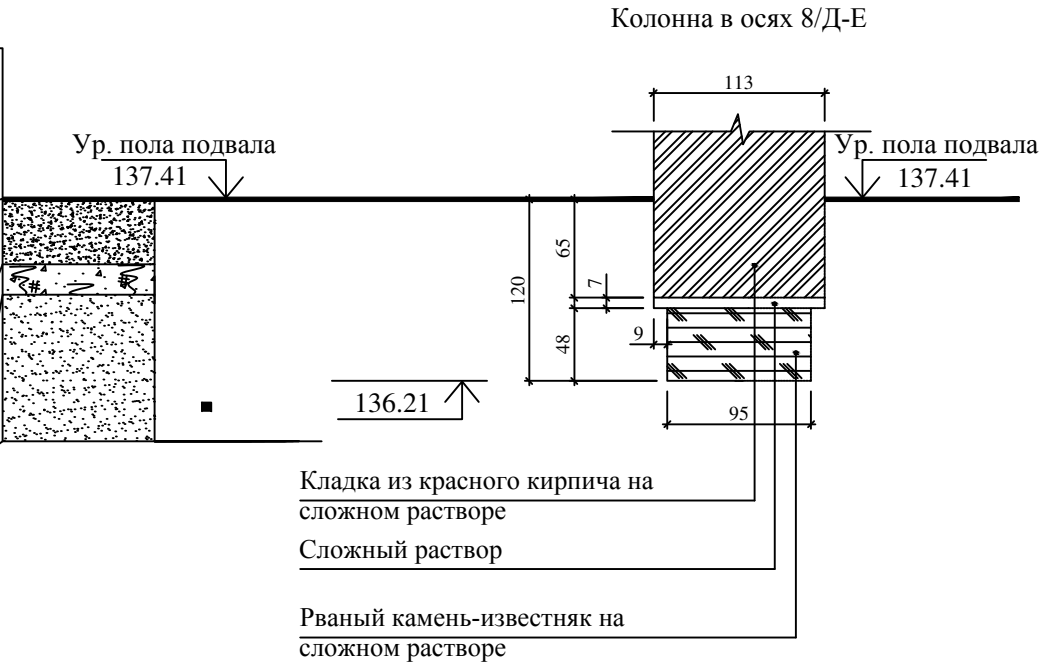
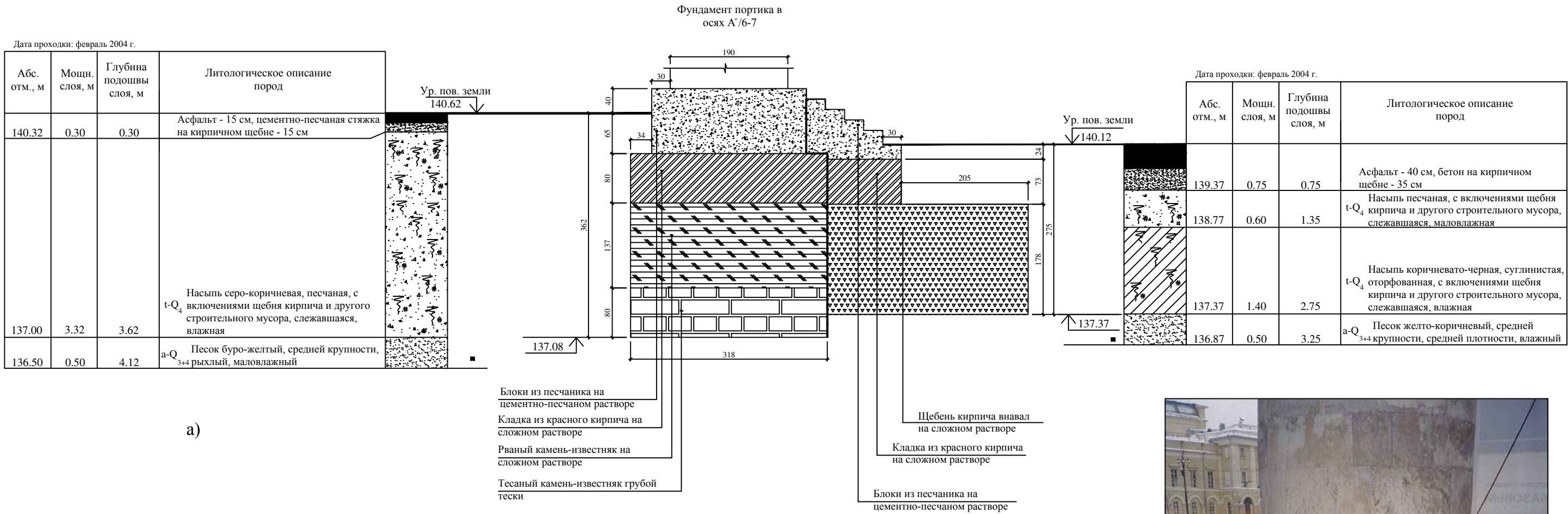


Рис. 2.13. Шурф 36: а) и б) - Разрезы фундамента (сечение 1-1 и 2-2), совмещенные с литологической колонкой, в) - фото нижней части кладки фундамента

Шурф 2Н и 4Н



Условные обозначения

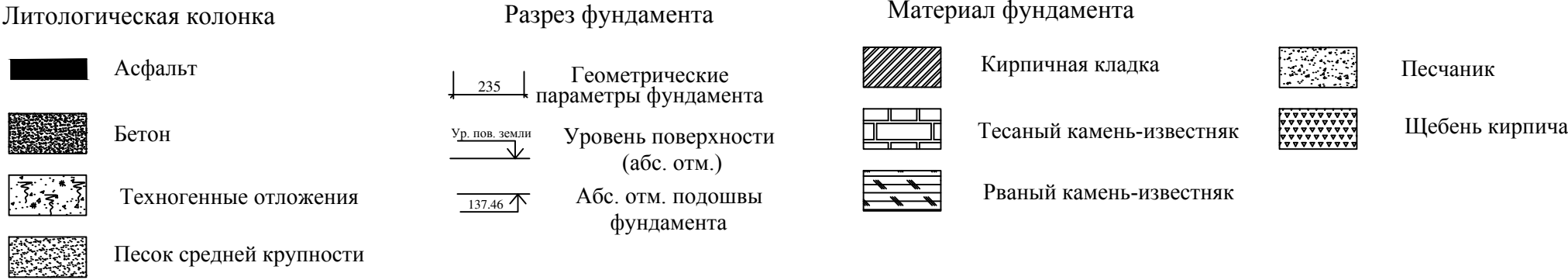
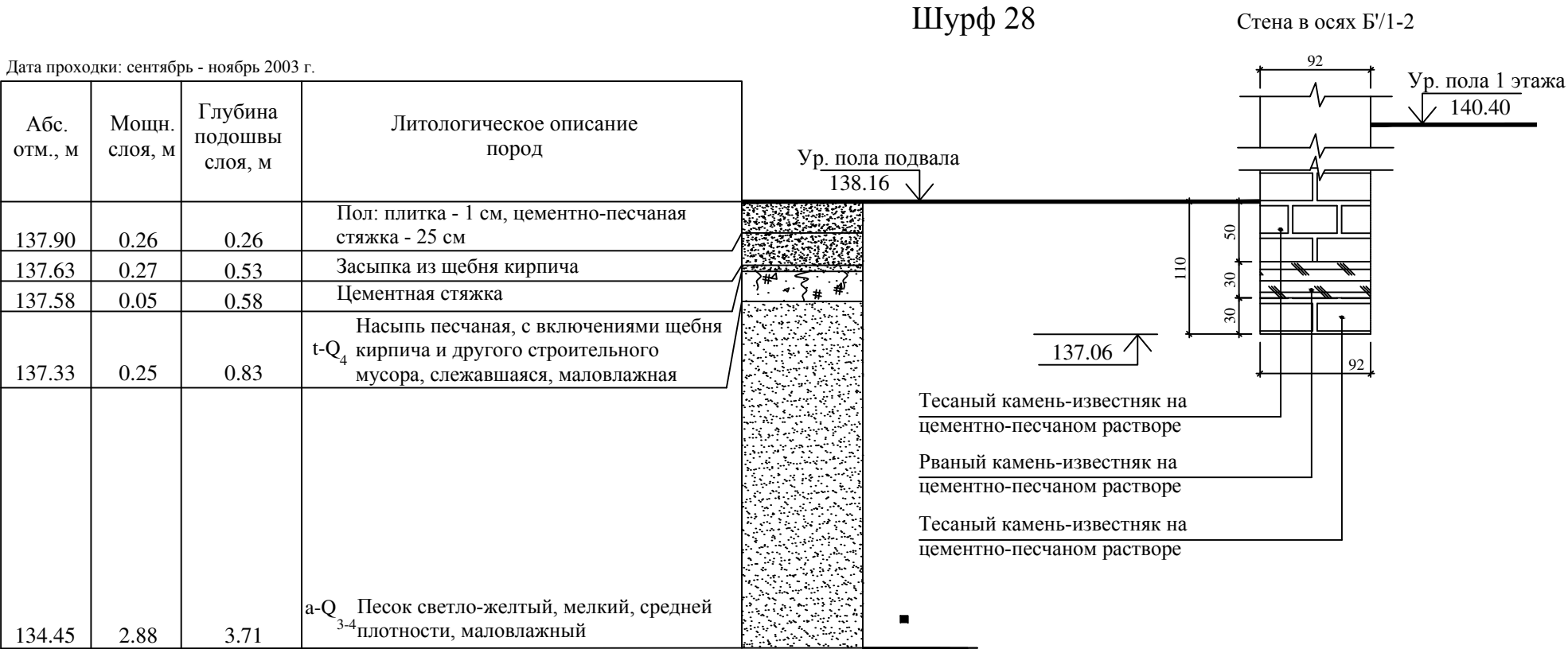


Рис. 2.14. Портик Бове: а) разрез фундаментов, совмещенный с литологической колонкой портика Бове (шурфы 2Н и 4Н общий вид), б) шурф 2Н общий вид



б)



а)

б)

Условные обозначения

Разрез фундамента

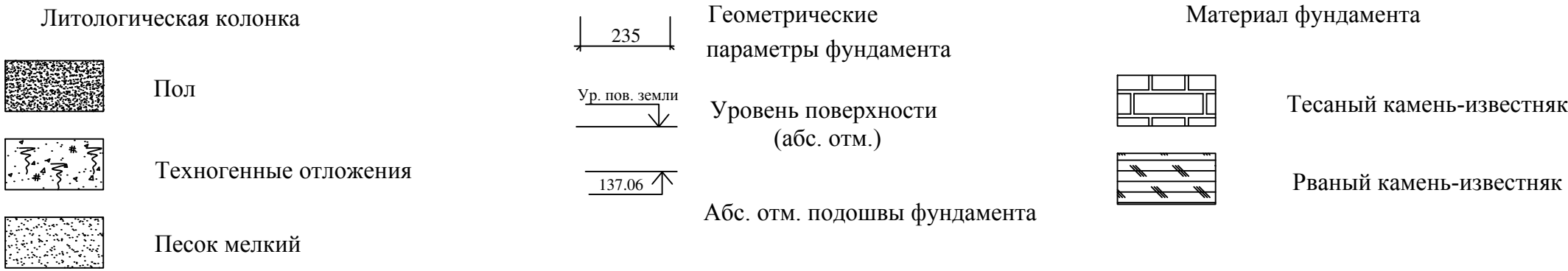


Рис. 2.15. Шурф № 28: а) Разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой, б) - общий вид шурфа

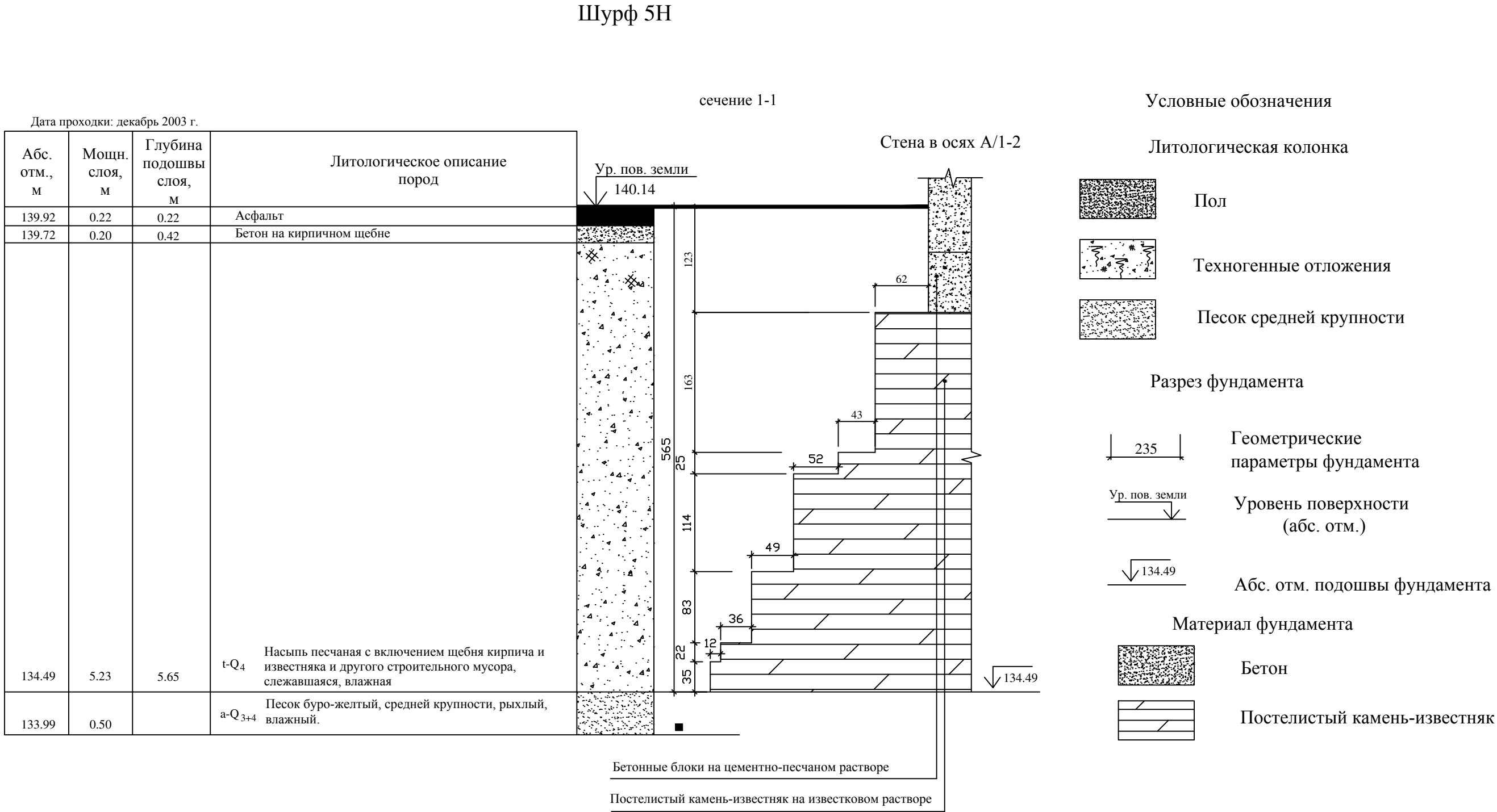


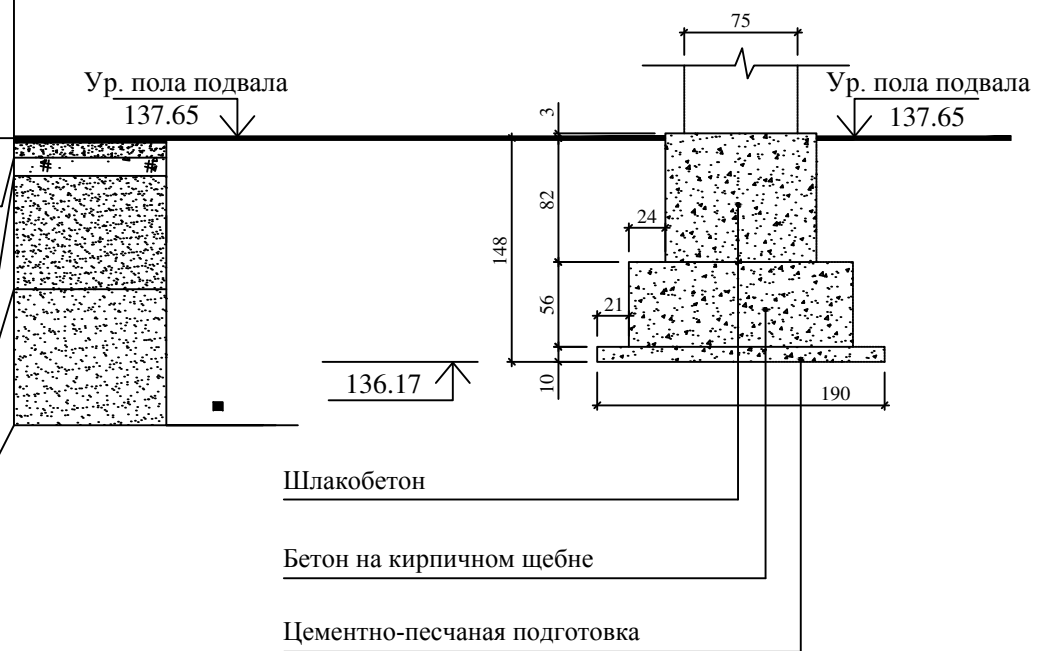
Рис. 2.16. Разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой (шурф № 5Н)

Шурф 19

Дата проходки: сентябрь - ноябрь 2003 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
137.52	0.13	0.13	Пол: асфальт - 3 см, щебень кирпича на цементно-песчаном растворе - 10 см
137.40	0.12	0.25	Насыпь песчаная, с включениями щебня t-Q ₄ кирпича и другого строительного мусора, слежавшаяся, маловлажная
136.65	0.75	1.00	a-Q ₃₋₄ Песок желто-серый, пылеватый, плотный, маловлажный
135.75	0.90	1.90	a-Q ₃₋₄ Песок желто-коричневый, средней крупности, средней плотности, маловлажный

Колонна в осях 7-8/В-Г



Условные обозначения

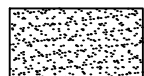
Литологическая колонка



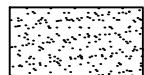
Пол



Техногенные отложения



Песок пылеватый



Песок средней крупности

Разрез фундамента

235

Геометрические
параметры фундамента

Ур. пов. земли

Уровень поверхности
(абс. отм.)

137.46

Абс. отм. подошвы
фундамента

Материал фундамента



Бетон

Рис. 2.17. Разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой (шурф № 19)

Шурф 11Н

Стена в осях 10/Г'-Д

Дата проходки: февраль 2004 г.



Условные обозначения

Литологическая колонка

-  Асфальт
-  Бетон
-  Техногенные отложения
-  Песок средней крупности

Разрез фундамента

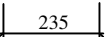
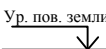
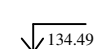
-  Геометрические параметры фундамента
-  Ур. пов. земли (абс. отм.)
-  Абс. отм. подошвы фундамента
-  Материал фундамента
-  Бетон
-  Кирпичная кладка

Рис. 2.18. Разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой (шурф № 11Н)

Проект реконструкции предусматривал проведение научной реставрации зрительской части театра и кардинальную реконструкцию сценической части с углублением подземного пространства. При этом исторический облик здания как памятника архитектуры был сохранен. Объемные пристройки и настройки к зданию были исключены.

Полной научной реставрации подлежали южный, западный и восточный фасады основного здания, зрительский зал, входные вестибюли, кулуары и коридоры партера, бенуара, бельэтажа и ярусов, парадные лестницы и каре парадных фойе бельэтажа, а также гостиные при Президентской и Директорских ложах. Для развития зрительских и сценических зон было произведено освоение подземного пространства. Развитие зрительской зоны (устройство вестибюлей, фойе, буфетов, универсального концертно-репетиционного зала автономного функционирования с входной группой) было произведено под Театральную площадь, а жестких декораций под Копьевским переулком и служебным корпусом в доме Хомякова. От главной колоннады до оркестровой ямы заглубление не выполнялось.

Проектом реконструкции предполагалось освоение подземного пространства в сценической зоне до 14 м ниже уровня мостовой Копьевского переулка, в районе служебного корпуса – до «-6» уровня.

Еще одной целью реставрации было восстановление исторического облика внутреннего убранства Большого театра. Зрительный зал и часть анфилады обрели тот вид, который они должны были иметь по проекту А. Кавоса. Большое внимание было уделено восстановлению акустики помещений.

На рис. 2.19 представлена объемная модель реконструированного здания ГАБТ (в разрезе). На рис. 2.20 представлены фотографии здания ГАБТ во время различных этапов реконструкции.

Строительные работы выполнялись в следующей последовательности:

- устройство замкнутой в плане ограждающей конструкции – «стены в грунте» по периметру здания Большого театра и служебного корпуса, располагающегося по адресу: Копьевский пер., д.3/5 (ранее жилой дом А.С. Хомякова), заглубленной до водоупора из верхнекаменноугольных глин и мергелей;
- цементация фундаментов и контакта «фундамент-грунт»;
- перенос внешних стен здания на внешние опоры (рис. 2.20 в, г);
- устройство монолитных железобетонных ростверков;
- усиление фундаментов вдавливаемыми сваями и устройство шпунтового ограждения из вдавливаемых свай (рис. 2.20 б);
- разработка котлована до глубины 22 м и устройство фундаментной плиты и железобетонных конструкций подземной части (рис. 2.20 е).

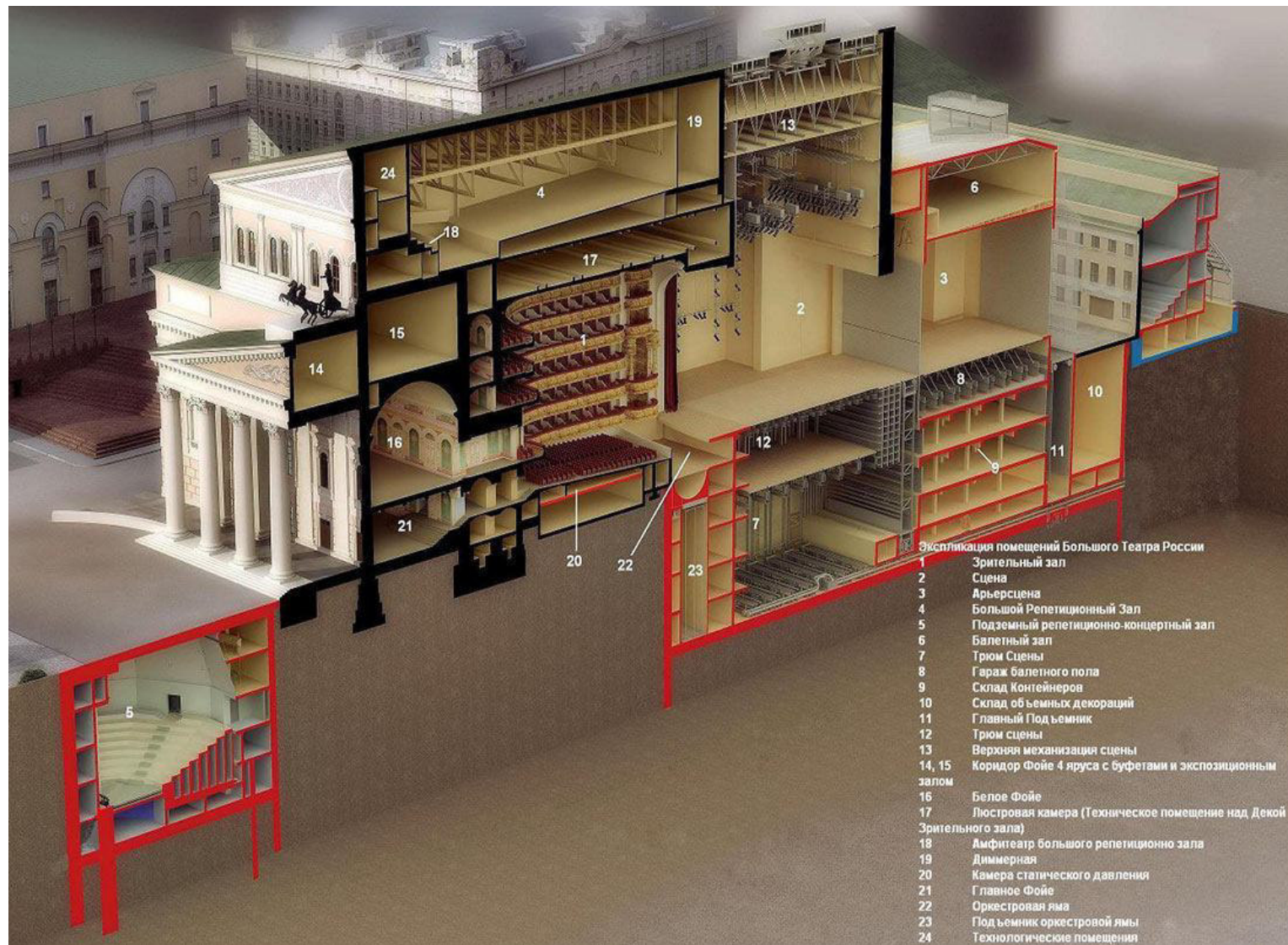


Рис. 2.19 Реконструированное здание ГАБТ (с подземной частью) (фото <http://mosweld.ru/news/bolshoi.htm>)



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 2.20. Реконструкция здания ГАБТ РФ: а) - здание ГАБТ во время реконструкции (2006), б) усиление фундаментов сваями и устройство шпунтового ограждения, в), г) – «вывешивание» внешних стен здания на временные опоры, д), е) – устройство подземной части (фото С.Ю. Панкрухина., Д.Г. Филиппова)

2.3.2. Характеристика и состояние технической подсистемы литотехнической системы, относящейся к зданию Московской Государственной консерватории им. П.И. Чайковского

На месте, где сейчас расположено здание консерватории, согласно историческим источникам, изначально располагалась усадьба XVII века князя Прозоровского. Позднее усадьба принадлежала княгине Е.Р. Дашковой. Здание, использовавшееся для размещения Консерватории, было построено в 1770-1780-х годах, предположительно, по проекту архитектора В.И. Баженова.

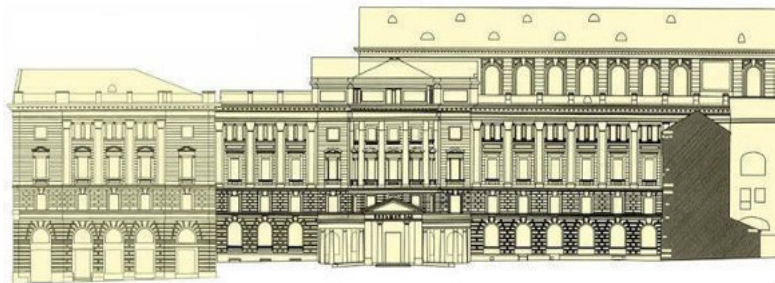
В 1894 г. это здание было почти полностью разобрано для сооружения нового здания, в состав которого вошли фасадная стена прежнего дома с полуротондой и стены правого флигеля, соединенного в новой композиции с главным домом без разрывов.

Основное здание консерватории в современном виде возведено в начале XX в. (торжественное открытие состоялось в 1905 году) с частичным использованием стен и фундаментов существовавших ранее строений. В 1954 году перед зданием был возведен комплекс сооружений памятника П.И. Чайковского, выполненный В.И. Мухиной.

В плане здание имеет П-образную форму (состоит из центральной части и двух флигелей), с внутренним двориком и ротондой на главном фасаде. Здание 4-5-ти этажное с цокольным этажом и подвалом под частью здания. Современное здание запроектировано и построено кирпичным со сводчатыми перекрытиями. В здании размещены учебные классы, административные помещения и три зала – Большой, Малый и Белый. На рис. 2.21-2.22 представлены фотографии, иллюстрирующие историю здания Большого Зала МГК им. П.И. Чайковского. На рис. 2.14 представлена фотография здания МГК до перестройки, на рис. 2.15 – после перестройки в 1901 году.



Рис. 2.21. Здание Московской консерватории на Б. Никитской улице
(до перестройки) (1894)



а)



б)

Рис. 2.22 Здание Московской Государственной консерватории: а) перестройка здания в 1901 году, б) здание МГК после перестройки (ок. 1901 года)

Обследования комплекса зданий МГК производилось ООО «СК «КРЕАЛ», НИИОСП им. Н.М. Герсеевича, ГУП «Мосгоргеотрест» в 1980-2012 гг.

Стены здания кирпичные на известковом и сложном растворах. Столбы кирпичные крестообразного, прямоугольного и круглого сечения. Перекрытия в виде кирпичных и бетонных сводов, сводиков по стальным балкам, сборные и монолитные железобетонные по стальным балкам, а также деревянные по деревянным и стальным балкам. Покрытие выполнено из деревянных и стальных ферм, кровля из оцинкованной стали по деревянной обрешётке.

На рис. 2.23-2.28 приведены выборочные результаты обследования фундаментов здания МГК, выполненные ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003-2011 гг. в виде разрезов фундаментов, совмещенных с геолого-литологическими колонками.

Согласно результатам обследования ООО «СК «КРЕАЛ», исторические фундаменты основного здания – ленточные под стены и массивные столбы под отдельно стоящие опоры сводов.

Ленточные фундаменты выполнены из постелистого и рваного камня известняка на известковом растворе. Ширина подошвы фундаментов составляет 0,7-1,4 м, глубина заложения, в основном, 0,7-0,8 м от пола цокольного этажа.

Столбчатые фундаменты под своды выполнены из камня известняка на известковом растворе размерами в плане, в среднем, 1,7 х 2,0 м, глубиной заложения порядка 1,6 м от пола цокольного этажа (см. рис. 2.23-2.27).

Фундаменты колонн ротонды Московской Государственной консерватории столбчатые и ленточные. Пример разрезов фундаментов для колонн ротонды представлены на рис.2.28. Часть колонн (К1 и К2, К4 и К3 (расположение и нумерацию колонн см. рис. 2.28а) имеют единый фундамент (см. рис. 2.28в). Габариты подошвы столбчатых фундаментов колонн ротонды в плане составляют 3,4-3,5 м в длину и от 1,3 до 2,05 м в ширину, глубина заложения фундаментов составляет 3,4-4,3 м от уровня пола ротонды.

Здание консерватории неоднократно реконструировалось. Многие конструкции, имеющие существенные повреждения и недостаточную несущую способность, усиливались.

В 2004-2009 годах произведено усиление фундаментов и грунтов основания путем инъектирования кладки специальным раствором и устройства буроинъекционных свай (вертикальных у фундаментов колонн, длиной 15 м и наклонных – у фундаментов стен, длиной 15 и 19 м).

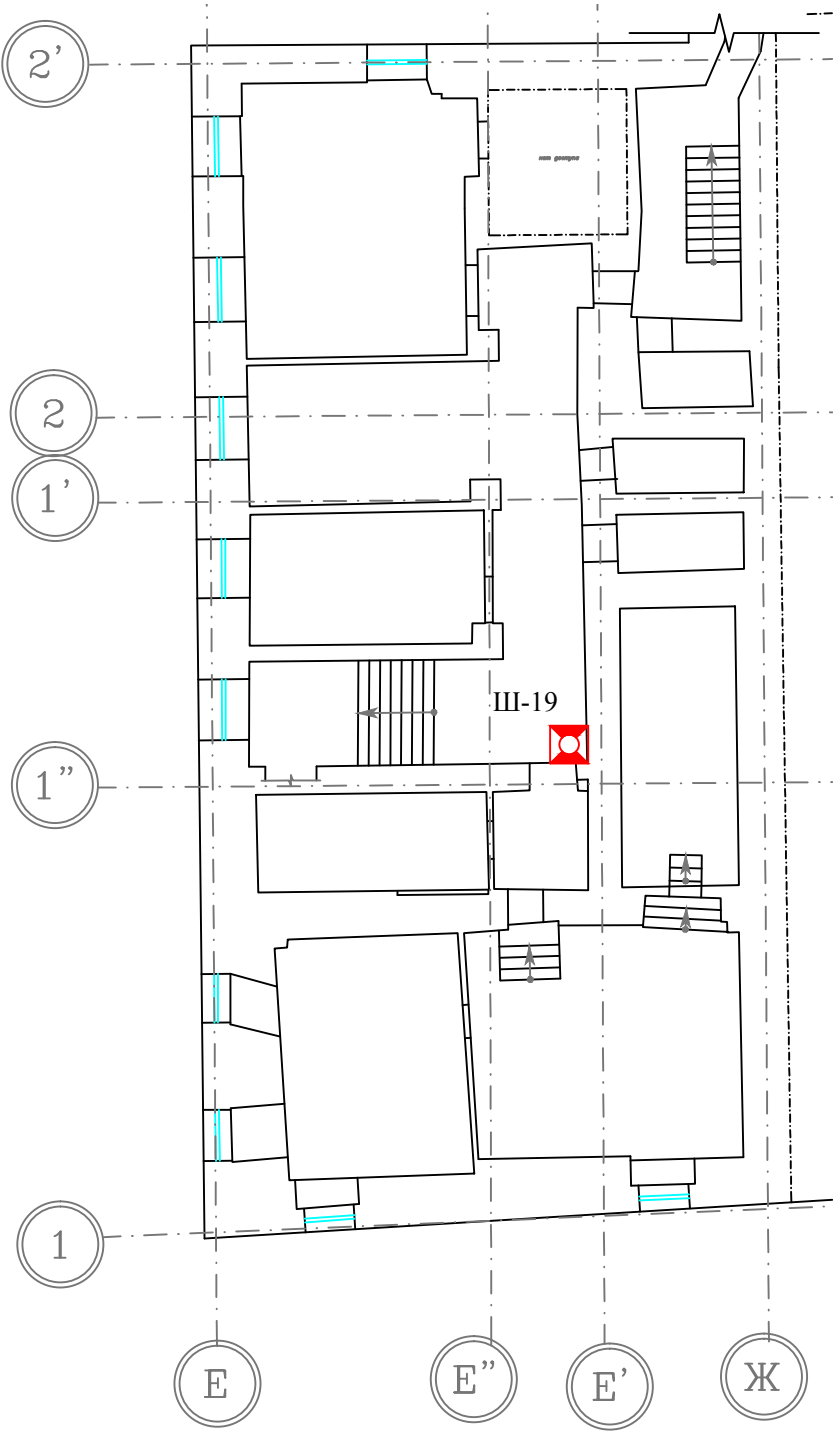
На рис. 2.23 и рис. 2.24 представлены результаты обследования фундаментов, выполненного в 2003 году, т. е. до выполнения работ по усилению фундаментов и грунтов основания.

На рис. 2.24 б) представлен разрез аварийного участка здания, в пределах которого фундамент стены разрушен и замещен насыпными грунтами.

На рис. 2.25-2.28 представлены результаты обследования 2010 и 2011 годов: в кладке фундаментов имеются следы инъектирования (рис. 2.26), при обследовании обнаружены буроинъекционные сваи (рис. 2.26-2.28).

На рис. 2.28 г) на фотографии представлены оголовки буроинъекционных свай, вскрытых при обследования фундаментов ротонды.

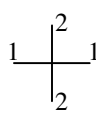
В 2010-2011 гг. была проведена масштабная реконструкция здания.



Условные обозначения:

- ☒ - шурф;
- ☒ - шурф со скважиной до 5 м;
- ↓ - точка полевых испытаний грунтов методом ЭДЗ.

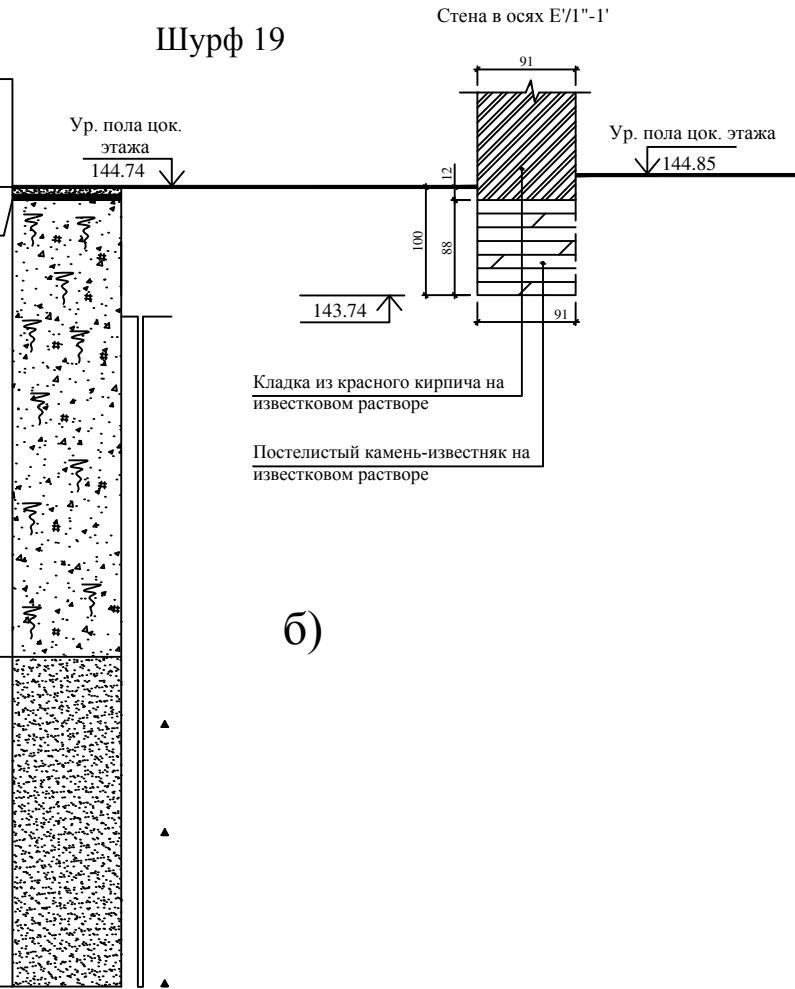
Направления сечений разрезов по фундаментам



Дата проходки: апрель-май 2003 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
144.62	0.12	0.12	Пол: плитка - 0,6 см, цементно-песчаная стяжка - 6 см, асфальт - 5 см
140.39	4.23	4.35	Насыпь песчаная, с включением щебня кирпича и другого строительного мусора, несележавшаяся, маловлажная t-Q ₄
137.34	3.05	7.40	а-Q ₃ Песок серый, средней крупности

Шурф 19



Условные обозначения

- Литологическая колонка
- Пол
 - Техногенные отложения
 - Песок средней крупности

Разрез фундамента

- Геометрические параметры фундамента
- Уровень поверхности (абс. отм.)
- Абс. отм. подошвы фундамента

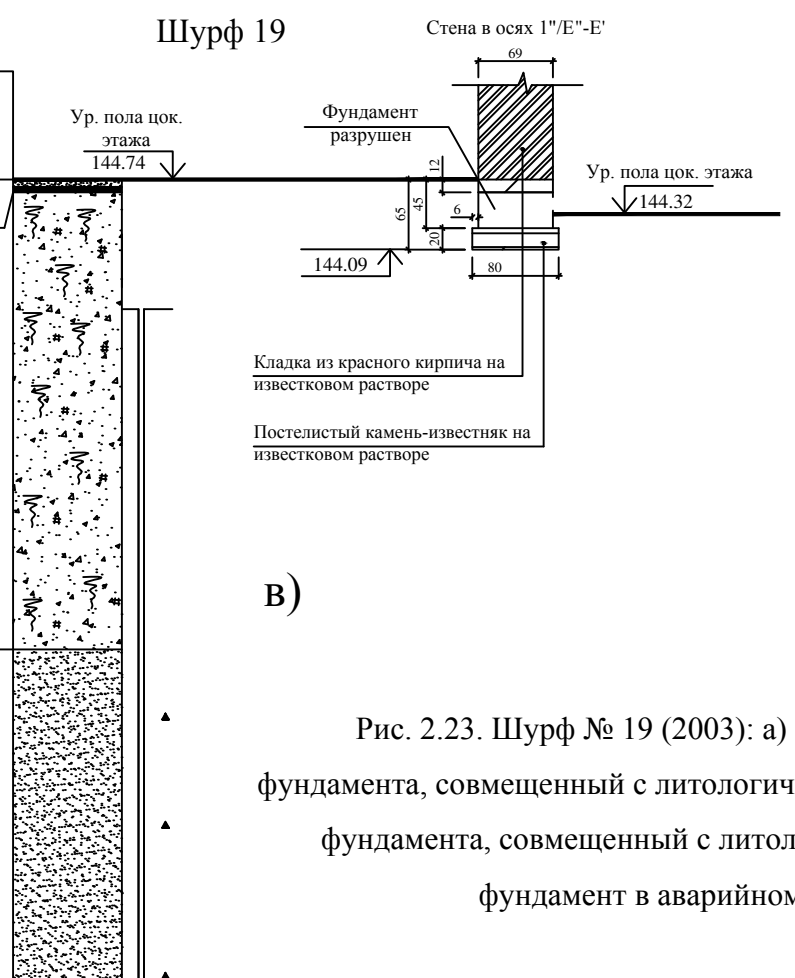
Материал фундамента

- Кирпичная кладка
- Постелистый камень-известняк

Дата проходки: апрель-май 2003 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
144.62	0.12	0.12	Пол: плитка - 0,6 см, цементно-песчаная стяжка - 6 см, асфальт - 5 см
140.39	4.23	4.35	Насыпь песчаная, с включением щебня кирпича и другого строительного мусора, несележавшаяся, маловлажная t-Q ₄
137.34	3.05	7.40	а-Q ₃ Песок серый, средней крупности

Шурф 19



в)

Рис. 2.23. Шурф № 19 (2003): а) план расположения шурфа, б) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой (сечение 1-1), в) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой (сечение 2-2), фундамент в аварийном состоянии (разрушен)

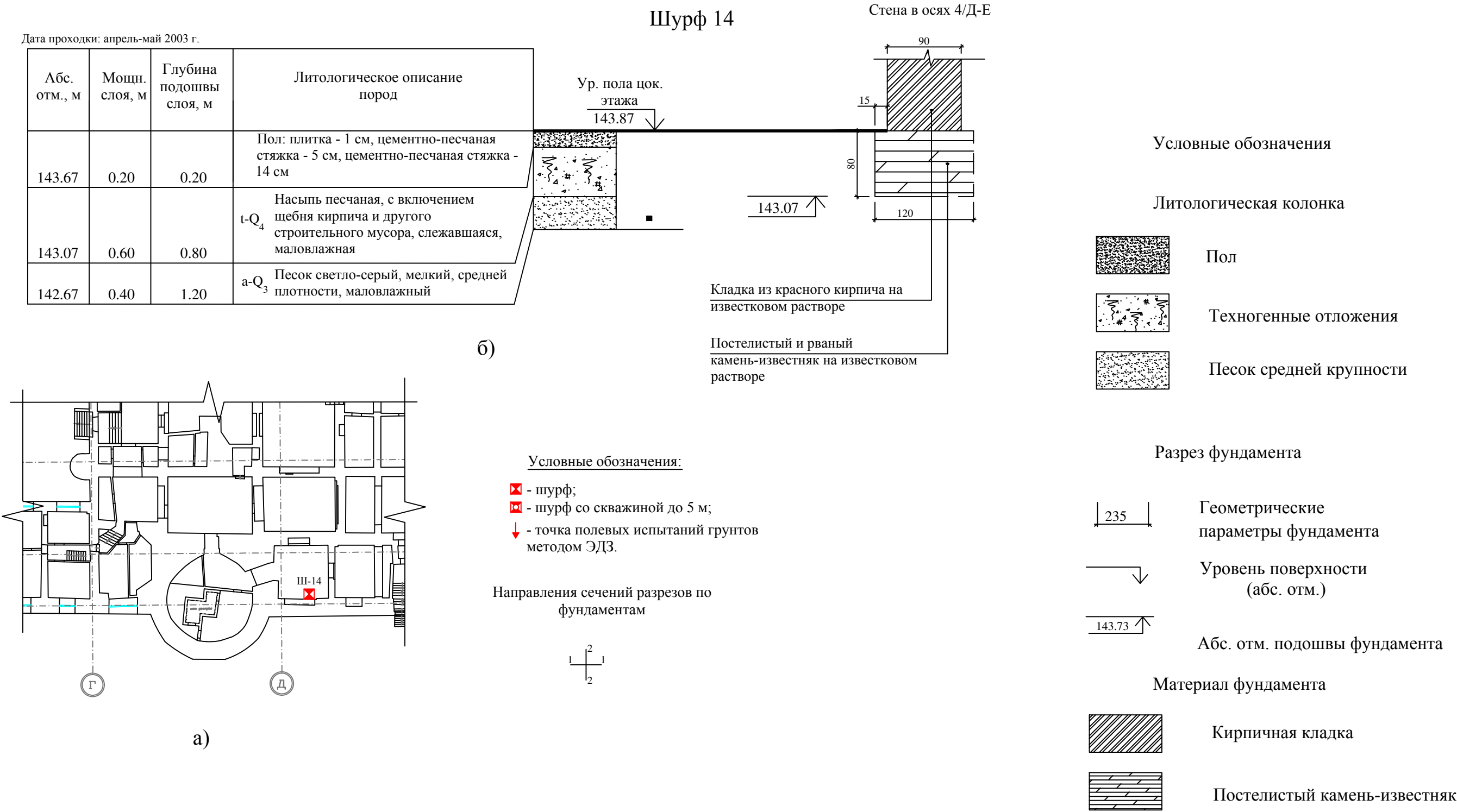


Рис. 2.24. Шурф № 14 (2003): а) план расположения шурфа, б) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой

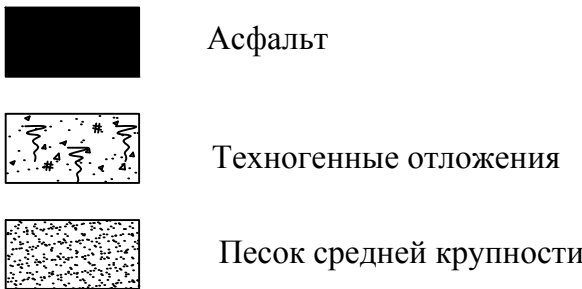
Дата проходки: февраль 2010 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
145.16	0.07	0.07	Тротуарная плитка (камень)
145.13	0.03	0.10	Песчаная подушка
145.08	0.05	0.15	Бетонная стяжка
144.73	0.35	0.50	Асфальт
142.23	2.50	3.00	Техногенный грунт коричневый, песчаный, с включением битого кирпича и камня, слежавшийся, маловлажный
141.73	0.50	3.50	Песок желтый, мелкий, средней плотности, маловлажный

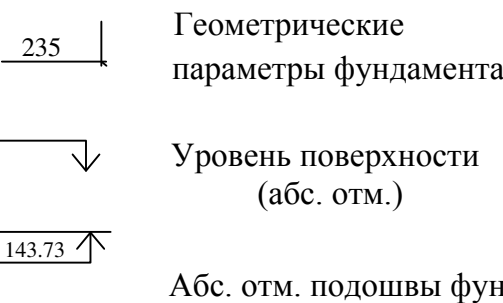
Стена в осях К/12-13



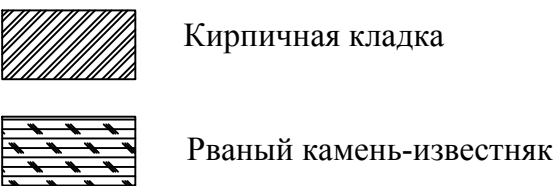
Литологическая колонка



Разрез фундамента



Материал фундамента

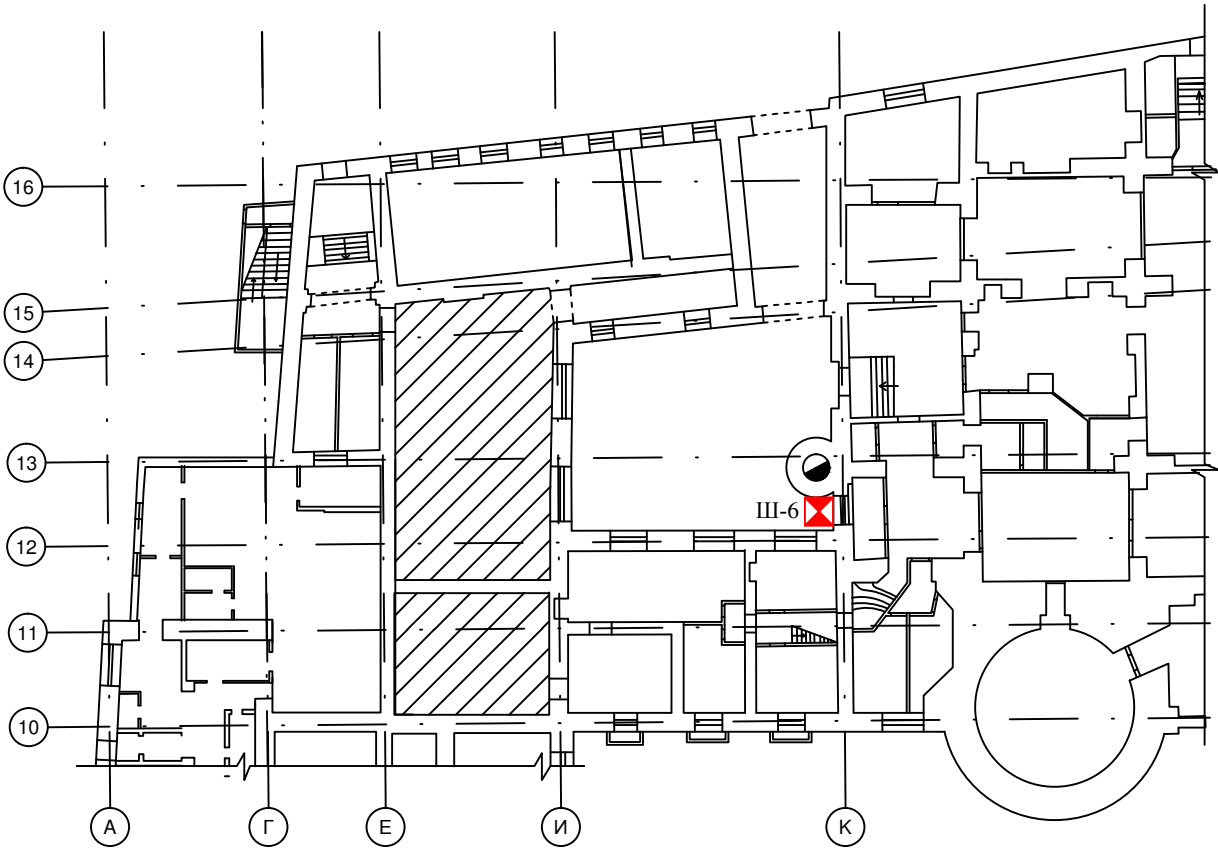


а)



В левой части кадра - фундамент трубы в осях И-К/13-14, в правой части кадра - фундамент стены в осях К/12-13

б)



Направления сечений разрезов по фундаментам



в)

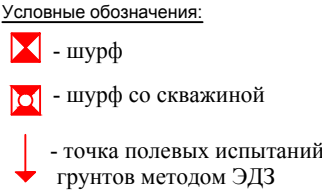
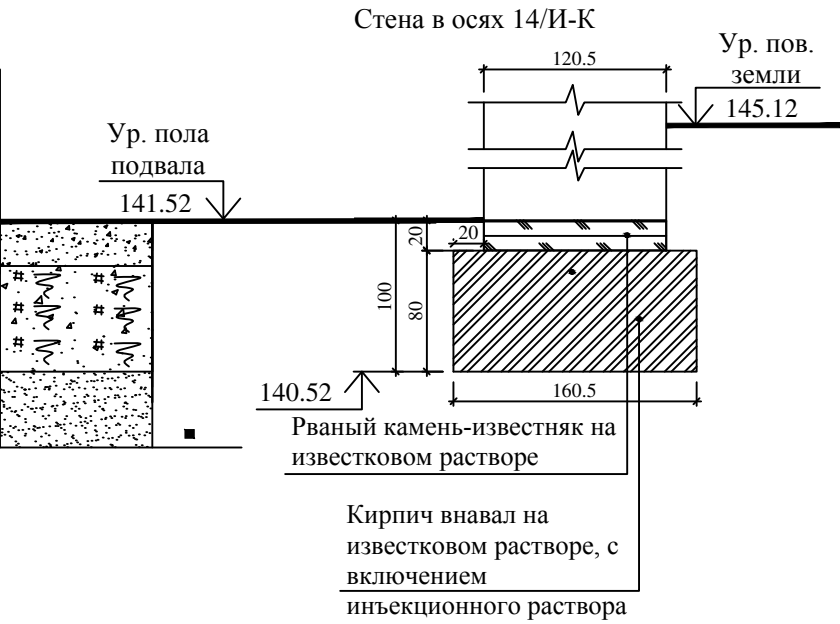


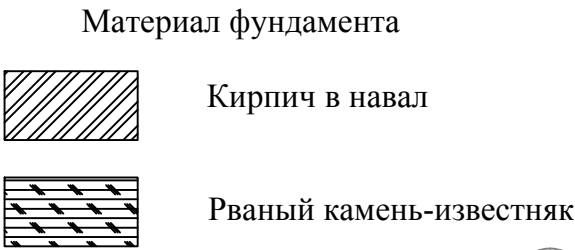
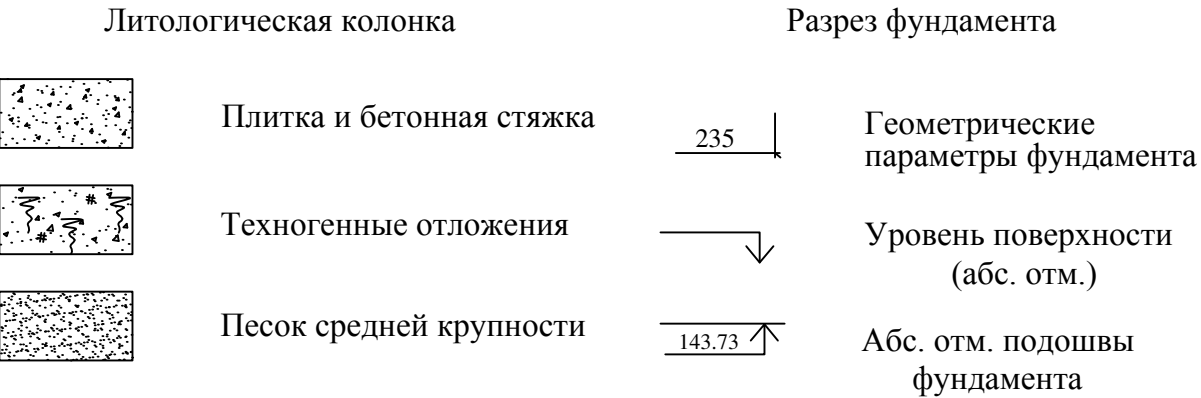
Рис. 2.25. Шурф № 6 (2010 г.): а) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой, б) общий вид шурфа, в) схема расположения шурфа

Дата проходки: февраль 2010 г.

Абс. отм., м	Мощн. слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Литологическое описание пород
141.22	0.30	0.30	Плитка и бетонная стяжка
140.52	0.70	1.00	Техногенный грунт коричневый, песчаный, с включением битого кирпича, слежавшийся, маловлажный
140.02	0.50	1.50	Песок светло-желтый, пылеватый, средней плотности, маловлажный, с включением инъекционного раствора

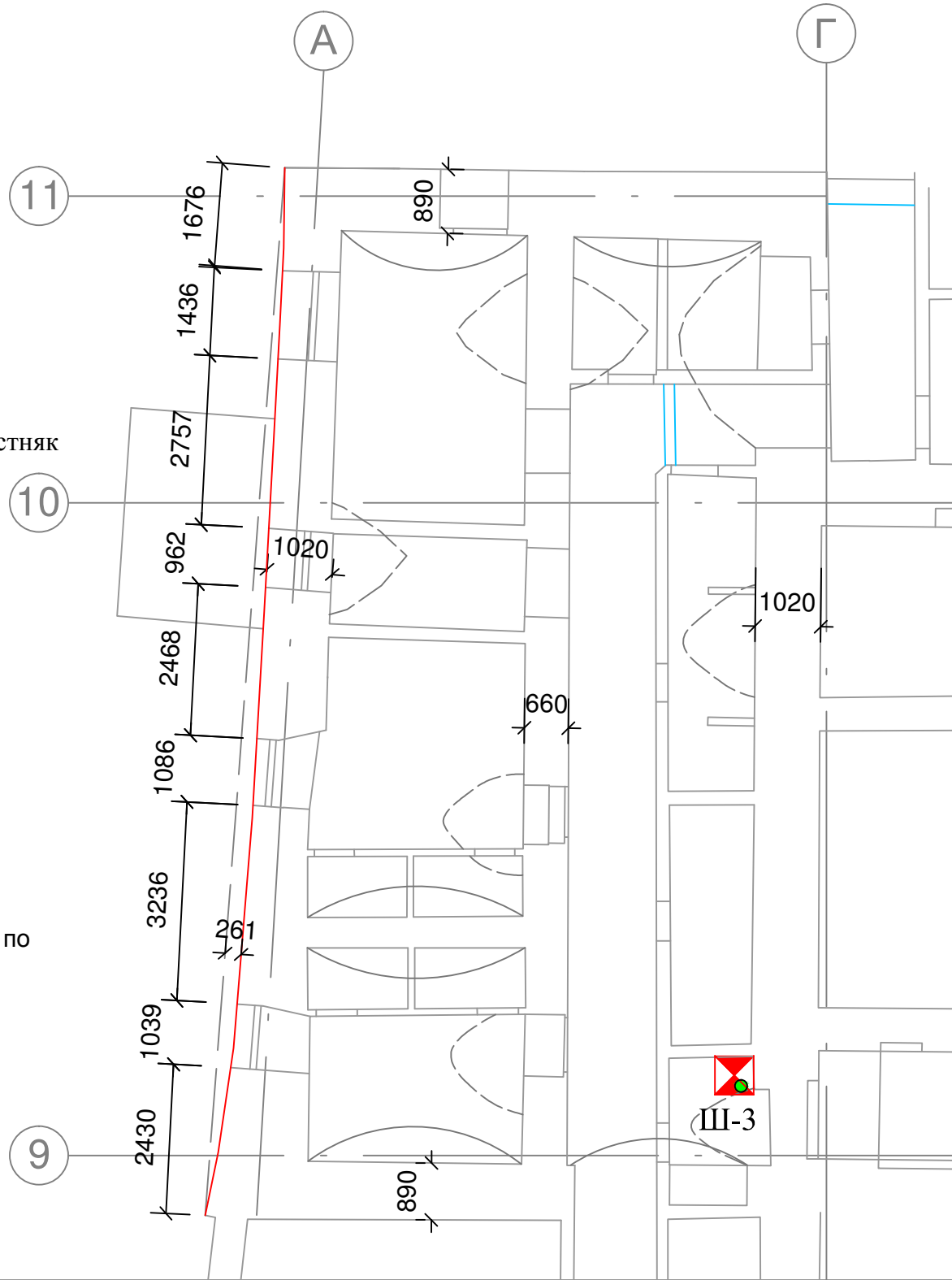
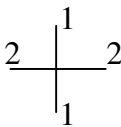


а)



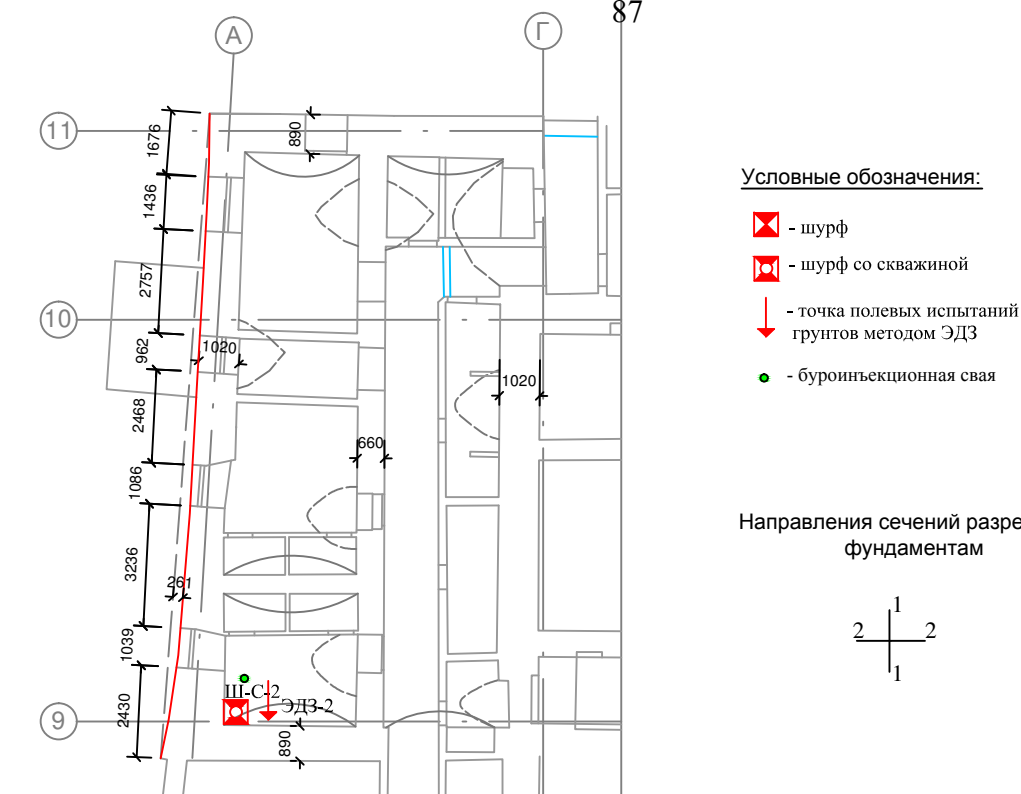
- Условные обозначения:
- Шурф
 - Шурф со скважиной
 - Точка полевых испытаний грунтов методом ЭДЗ
 - Буринъекционная свая

Направления сечений разрезов по фундаментам



в)

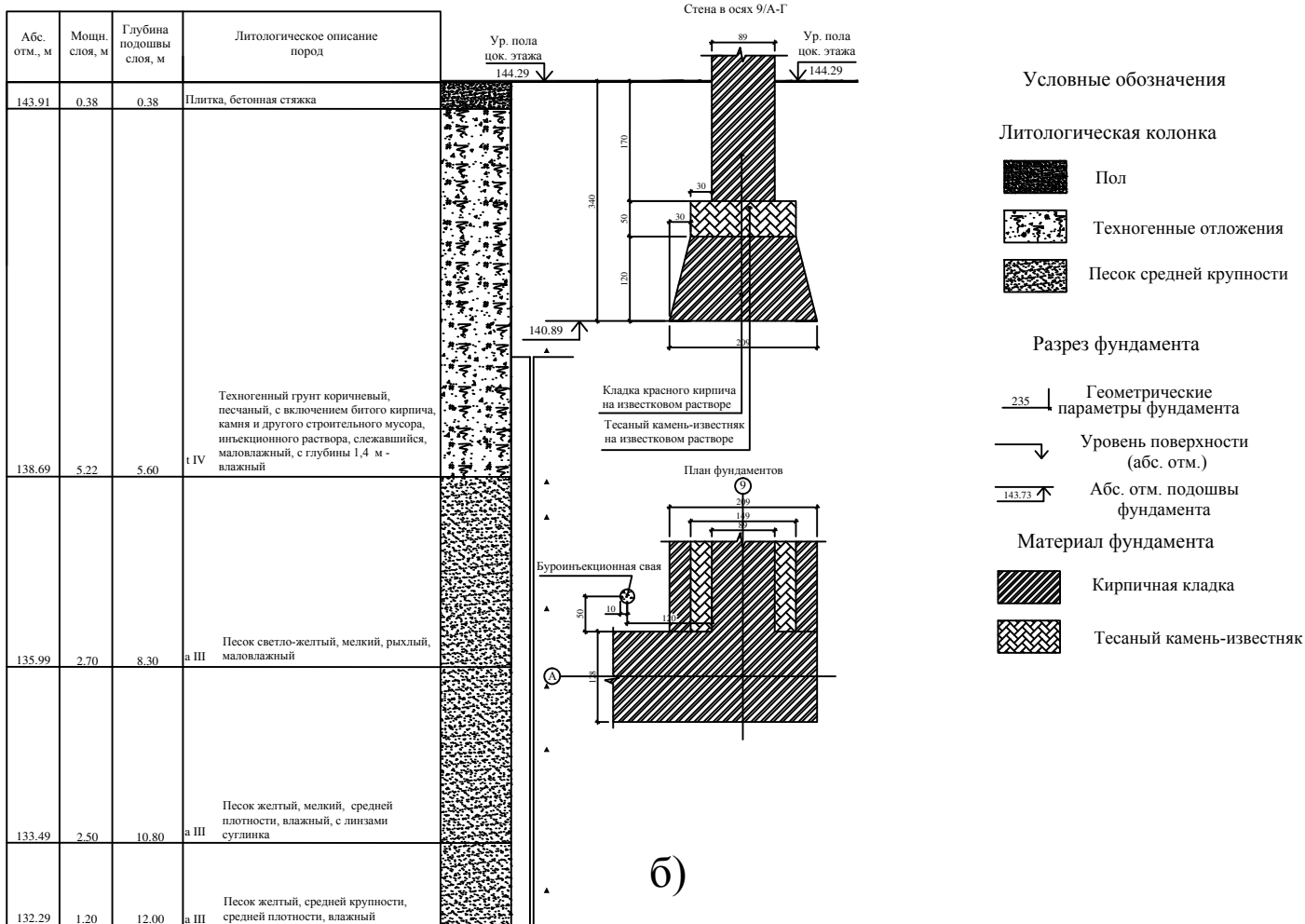
Рис. 2.26. Шурф № 3 (2010 г.): а) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой, б) общий вид шурфа, в) схема расположения шурфа



а)

Шурф 2

Дата проходки: январь 2011 г.



б)

Рис. 2.27. Шурф № 2 (2011 г.): а) схема расположения шурфа, б) разрез фундамента, совмещенный с литологической колонкой

Дата проходки: октябрь 2010 г.

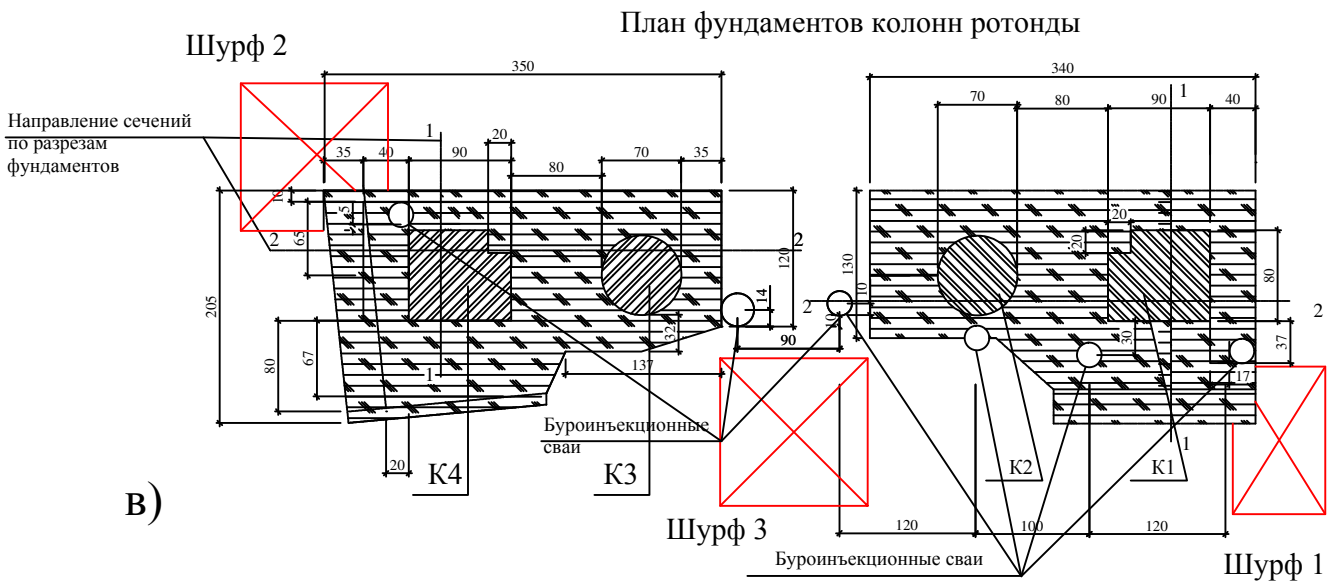
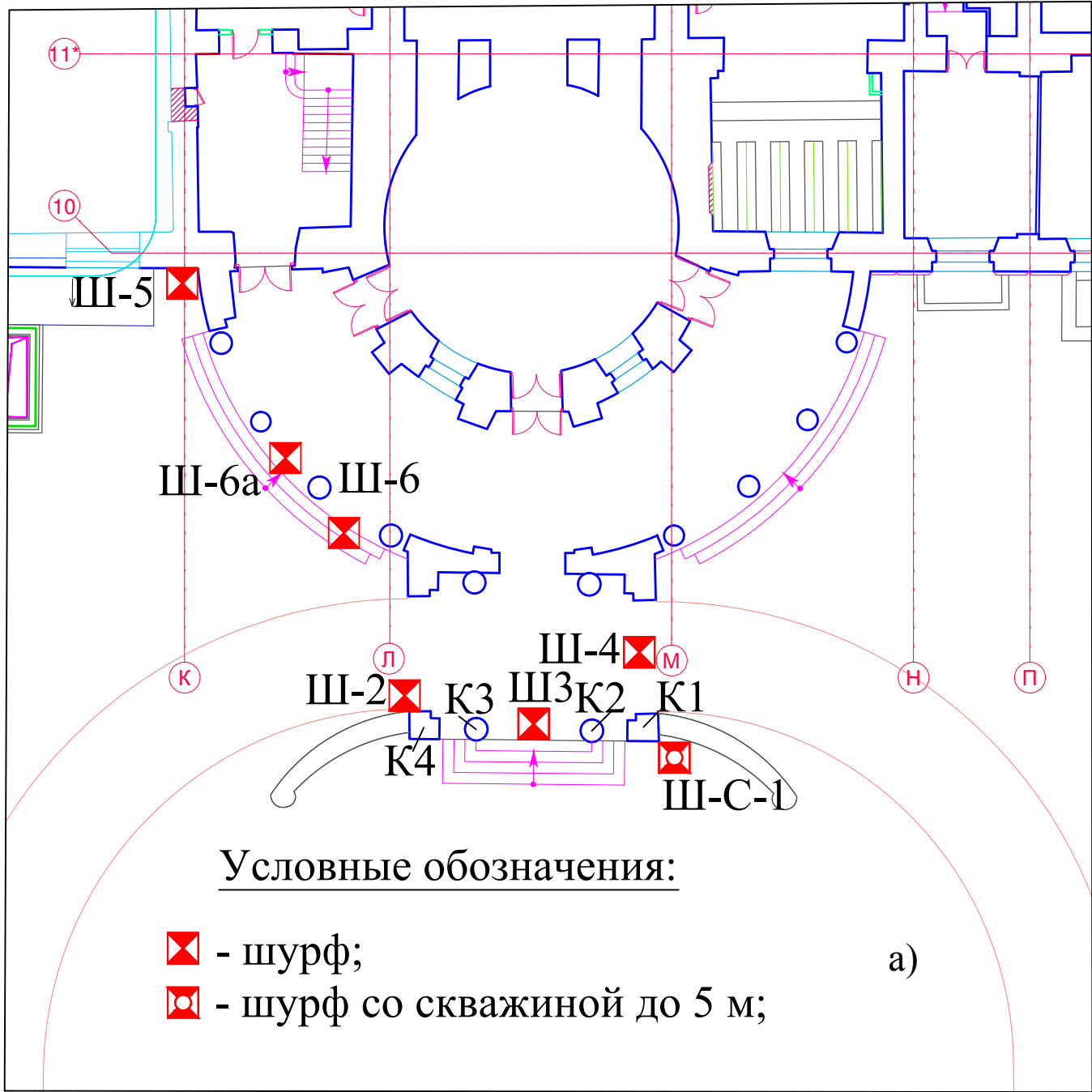
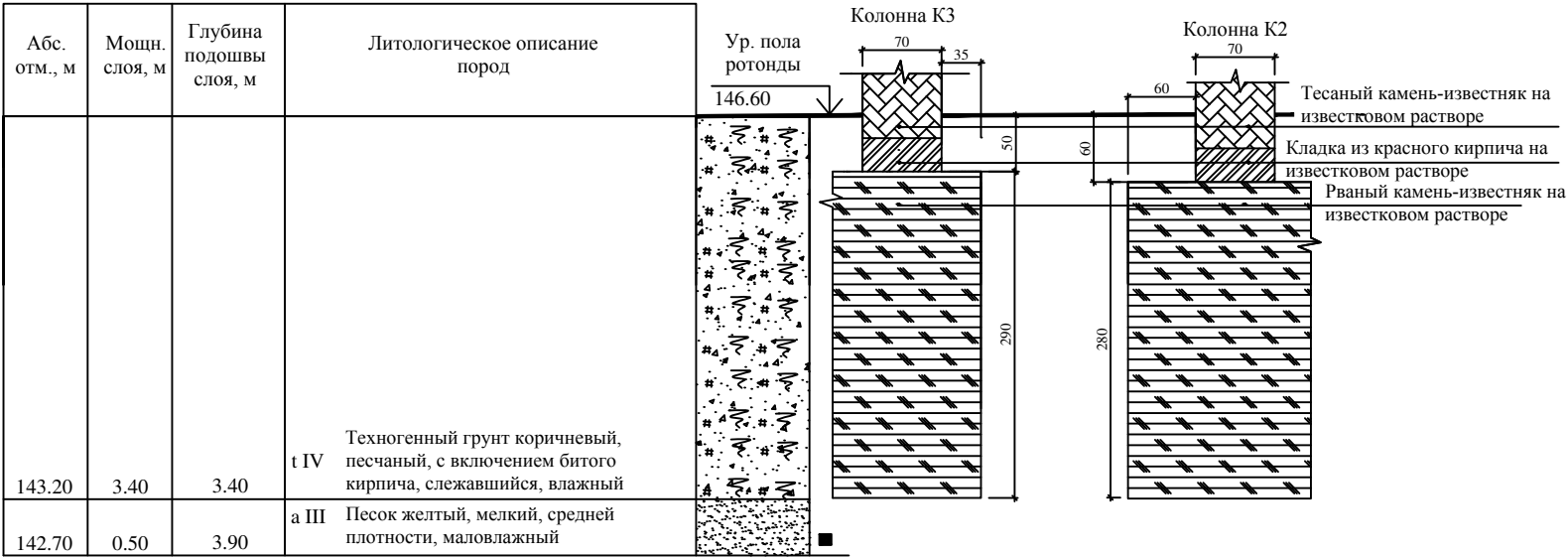


Рис. 2.28 Обследование фундаментов ротонды здания МГК: а) схема расположения шурфов, б) шурф 3 (общий вид), в) план фундаментов колонн ротонды, г) общий вид шурфа (в левой и центральной части кадра видны буроинъекционные сваи)

Согласно проекту, в процессе реконструкции выполнено переоборудование существующих цокольного этажа здания и подвала для учебных целей, освоение подземного внутридворового пространства (строительство подземного инженерного корпуса), устройство подземной части внутреннего двора и подземного перехода, соединяющего внутренний дворик и инженерный корпус, усиление оснований и фундаментов зданий, попадающих в зону влияния нового строительства и научная реставрация Большого концертного зала МГК им. П.И. Чайковского.

Переоборудование цокольного этажа и подвала для учебных целей предполагало размещение: в подвалах - холодильной станции, венткамер, насосных, технологических коридоров, в цокольном этаже - репетиционных залов, подсобных помещений, органной мастерской, артистической, венткамер, электрощитовых, гардеробных, санузлов и душевых, все имевшиеся коммуникации должны были быть убраны в дополнительные помещения (каналы) глубиной 3,7-4,0 м, расположенные под цокольным этажом. Перед устройством вентканалов пространство под фундаментами и ростверками вдоль участка прокладки каналов закреплялось с помощью мелкодисперсного цементного состава «Микродур» на глубину 5,0 м от пола.

Схематический разрез здания МГК им. П.И. Чайковского после реконструкции приведен на рис. 2.29.

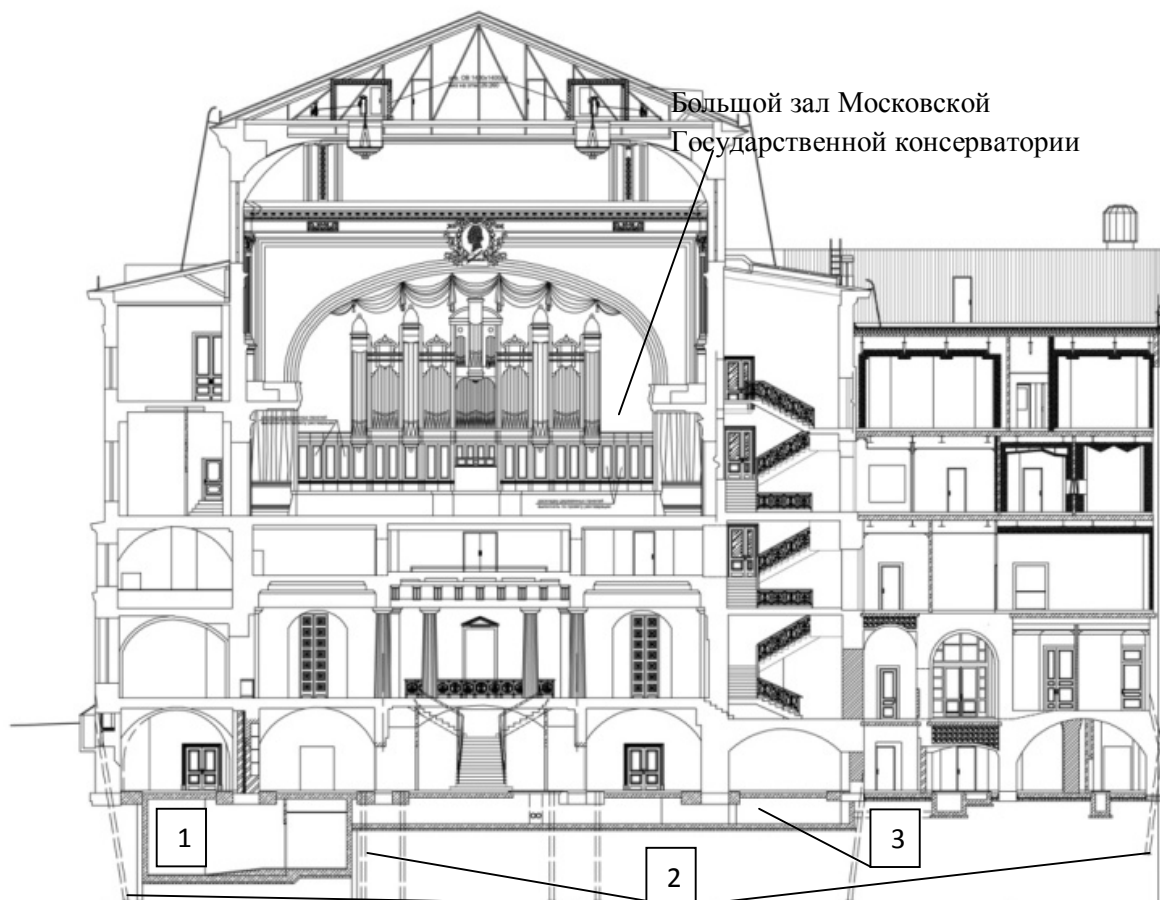


Рис. 2.29. Разрез здания МГК им. П.И. Чайковского после реконструкции (ОАО «Моспроект-4», 2010, <http://www.mniip.ru/projects/1/>): 1 – подвал, 2 – буроналивные сваи, 3 – вентиляционный канал

Помимо устройства вентканалов, освоение подземного пространства в рамках реконструкции здания МГК им. П.И. Чайковского включало в себя строительство подземного инженерного корпуса и устройство подземной части внутреннего двора.

Схема площадки реконструкции здания МГК им. П.И. Чайковского с указанием расположения зон освоения подземного пространства приведена на рис. 2.29.



Рис. 2.30. Площадка реконструкции здания МГК им. П.И. Чайковского

Строительство подземного инженерного корпуса выполняется за пределами габаритов главного здания со стороны ул. Б. Никитская. Тип фундамента инженерного корпуса – плитный, отметка заложения фундаментной плиты – 7,2 м (абс. отм. 139,45). Разработка котлована производится под защитой ограждения из касательных буронабивных свай, с

устройством «замковых свай» по технологии jet с внешней стены стороны ограждения вдоль стен существующих строений.

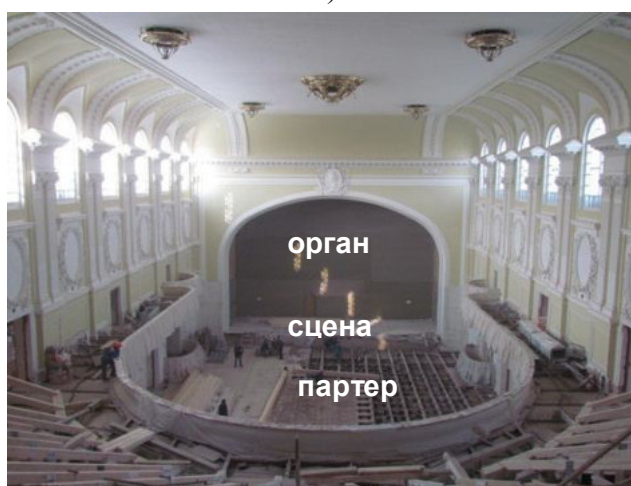
Устройство подземной части атриума (внутреннего дворика) предполагало освоение подземного пространства до глубины 8,3 м (абс. отм. 138,31). Также предполагалось строительство подземного перехода, соединяющего внутренний дворик и подземный инженерный корпус.

Усиление оснований и фундаментов зданий, попадающих в зону влияния нового строительства, выполнялось буроинъекционными железобетонными наклонными сваями.

Также в рамках реконструкции была выполнена научная реставрация Большого зала МГК. Было проведено воссоздание исторического облика здания и улучшение его акустических параметров, в том числе за счет переноса инженерных систем в инженерный корпус (фото Большого зала МГК им. П.И. Чайковского во время реконструкции приведено на рис. 2.31).



а)



б)

Рис. 2.31. Большой зал МГК им. П.И. Чайковского во время реконструкции: а) – февраль 2011 года (<http://moskalkov-opera.livejournal.com/322029.html>, 25.02.2011), б) - март, 2011 года (<http://msk.classica.fm>, 15.03.2011)

Фотографии МГК им. П.И. Чайковского во время реконструкции представлены на рис. 2.32 – 2.33.



Рис. 2.32. Реконструкция Большого зала Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского (2010-2011гг.): а) освоение подземного пространства (строительство инженерного корпуса, вид сверху), б) устройство вентиляционных каналов в цокольном этаже здания (<http://moskalkov-opera.livejournal.com/322029.html>, 25.02.2011)



Рис. 2.33. Реконструкция Большого зала Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского (2010-2011 гг.): фрагмент котлована около главного фасада здания

2.4. Взаимодействие между геологической и технической подсистемами исследуемых литотехнических систем

Геологическая и техническая подсистемы литотехнических систем находятся в постоянном взаимодействии друг с другом, которое реализуется в пределах сферы взаимодействия. Под сферой взаимодействия понимается область литосферы, в пределах которой в результате взаимодействия с сооружением изменяется естественный геологический процесс и развиваются инженерно-геологические процессы, оказывающие существенное влияние на сохранность и устойчивость сооружений (Бондарик, 1996, Бондарик, Ярг, Чан Мань, 2010).

Принципиальная структура взаимодействий в пределах исследуемых ЛТС, на примере исторического здания ГАБТ, приведена на рис. 2.34. Для исследуемых литотехнических систем в качестве границы сферы взаимодействия может быть принята граница развития карстового и суффозионного процессов – для ЛТС, относящихся к историческим зданиям ГАБТ (до реконструкции) и МГК до реконструкции – это подошва известняков перхуровской толщи. Освоение подземного пространства может повлечь за собой значительное расширение сферы взаимодействия. Основными видами взаимодействий, инициаторами которых являются технические подсистемы рассматриваемых ИЛТС, являются статико-механическое, проявляющееся в виде статической нагрузки от веса конструкций на грунты основания, термодинамическое (фильтрационное и тепловое), связанное с функционированием систем

отопления и утечками из водонесущих коммуникаций, а также химическое (загрязнение грунтов и подземных вод), вызванное утечками из канализации.

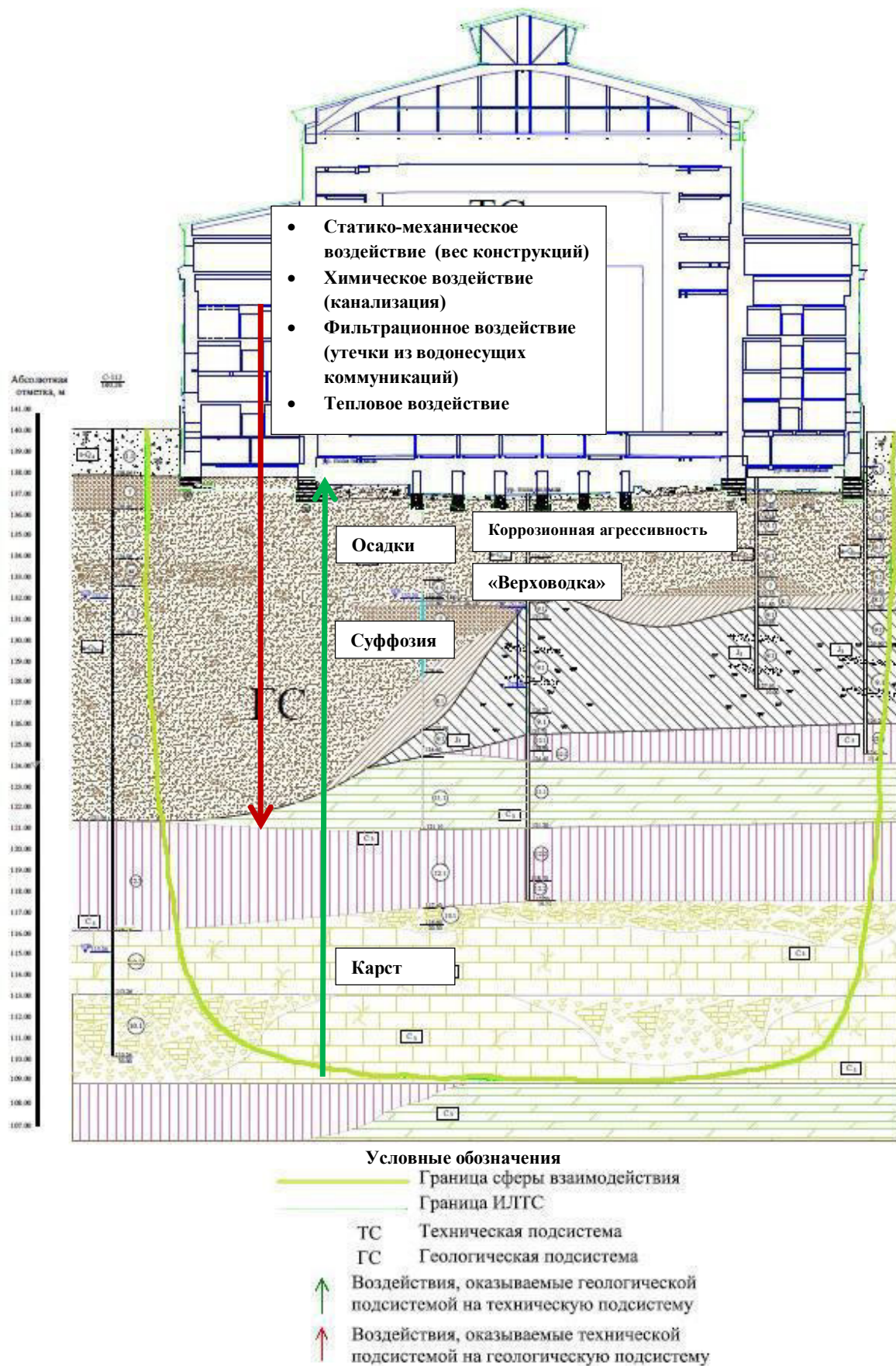


Рис. 2.34. Взаимодействия технической и геологической подсистем на примере ЛТС, относящейся к историческому зданию ГАБТ

При оценке состояния и последующем обосновании мониторинга ИЛТС следует учитывать, что изменение одного из компонентов технической или геологической подсистем, может за счет реализации системы прямых и обратных связей поменять режим функционирования всей системы в целом.

Основной реакцией грунтового массива на воздействие технической подсистемы является статическое уплотнение грунтов основания, сопровождающееся развитием осадок. При этом неоднородность грунтов основания, различия их деформационных свойств и неравномерность нагружения, часто приводят к развитию неравномерных осадок, что в свою очередь влечет за собой повреждения конструкций. Особую опасность в контексте развития неравномерных осадок представляют техногенные грунты в основании сооружения.

Реакцией геологической подсистемы на фильтрационное воздействие со стороны технической подсистемы являются развитие процессов суффозии в песчаной толще и формирование линз «верховодки», которые в свою очередь, ухудшают физико-механические свойства грунтов основания и приводят к развитию дополнительных осадок грунтов. В результате развития процесса суффозии также могут произойти оседания земной поверхности. В виду глубокого залегания подземных вод, процесс потопление водами надъяюрского горизонта не оказывал существенного влияния на исторические здания, однако, его роль многократно возросла в процессе реконструкции и последующую эксплуатации реконструированных зданий.

В результате химического воздействия происходит загрязнение грунтов и подземных вод, что повышает агрессивность среды по отношению к материалам конструкций и коммуникаций, что, в свою очередь, увеличивает их износ.

Важным фактором, который может оказывать влияние на устойчивость исследуемых зданий, является потенциальная возможность развития карстовых и суффозионных.

На карстовые процессы сами исторические здания влияния оказывают, однако, их активизация может быть связана с функционированием других ЛТС города, например, метрополитена.

Выводы по главе 2

1. Выбранные в качестве объектов исследования ЛТС, относящиеся к историческим зданиям ГАБТ РФ и МГК им. П.И. Чайковского, являются типичными представителями ИЛТС исторического центра Москвы. Обе рассматриваемые системы имеют длительную историю существования и характеризуются многослойностью технических подсистем.

2. Инженерно-геологические условия площадок, на которых размещаются рассматриваемые здания, являются достаточно типичными для центра Москвы и других исторических центров городов, расположенных в Европейской части России.

3. ИЛТС ГАБТ характеризуется более сложным строением технической и геологической подсистем, чем ИЛТС МГК.

4. Масштабные реконструкции, которым подверглись здания ГАБТ и МГК, являются новым этапом развития рассматриваемых ИЛТС, повлекшим за собой расширение зоны взаимодействия зданий и геологической среды, связанное с освоением подземного пространства.

5. Исследуемые ИЛТС не являются полными объектами-аналогами, в виду различий их технических и геологических подсистем, однако имеют ряд общих особенностей, определяющих их функционирование.

6. Анализ результатов, полученных при оценке состояния и режимных наблюдениях на площадке здания ГАБТ, положен в основу разработки методологии оценки состояния ИЛТС и обоснования ее мониторинга, реализованной для ИЛТС МГК.

ПОНЯТИЙНАЯ БАЗА МОНИТОРИНГА ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Развитие методологии мониторинга исторических зданий требует создания специальной понятийной базы, которая отражала бы цели и задачи мониторинга и особенности объекта мониторинга. В этой связи нами вводится понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения (ИЛТС)», обоснование которого дается ниже.

3.1. Понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения» (ИЛТС)

Ключевым элементом системы мониторинга является объект мониторинга. К идентификации и оценке объектов мониторинга следует подходить с позиций системного подхода, т.е. рассмотрения их как совокупности объектов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность, единство. Для объектов, имеющих большое историко-культурное значение, нами предлагается ввести понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения (ИЛТС)».

Под *литотехнической системой историко-культурного сооружения (ИЛТС)* предлагается понимать *целостное естественно-искусственное образование, представленное техническими объектами, являющимися особо ценными в историческом и культурном отношении зданиями, сооружениями и их ансамблями, возраст которых превышает 100 лет, взаимодействующими друг с другом и с геологическими массивами* (Королев, Кузнецова (Демина), 2011, 2012).

В основе предложенного определения лежит формулировка определения ЛТС, используемая в работах Т.И. Аверкиной (1997). Возраст ИЛТС 100 лет соответствует возрастному критерию отнесения здания к исторической застройке, указанному в МГСН 2.07.01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения».

Наиболее близким к ИЛТС понятием является «историческая природно-техническая система» (ИПТС), определяемая как обладающая эмерджентными (системообразующими) свойствами, упорядоченная в пространстве и времени совокупность взаимодействующих естественных и искусственных компонентов, представленных веществом и полями, в которой подсистемой является памятник архитектуры (СРП-2007.5). В рамках диссертационного исследования взаимодействия сооружения с окружающей его средой рассматриваются только в части взаимодействия с геологической средой. В связи с чем целесообразно ввести и использовать новый термин - ИЛТС. В предлагаемом нами определении отражены целостность, происхождение и особенности этих систем, а также их функциональное назначение.

Предлагаемое определение ИЛТС, по сравнению с приведенным определением ИПТС, содержит более четкие критерии идентификации систем в качестве историко-культурных и описание геологического компонента данных систем, что расширяет его возможности для его использования в практике инженерно-геологических изысканий и обоснования мониторинга.

ИЛТС состоит из двух подсистем – технической и геологической. К технической подсистеме относится историческое здание или сооружение, к геологической – часть геологической среды, попадающее в зону влияния сооружения и оказывающая влияние на сооружение. ИЛТС (как и все ЛТС) имеют границы (пространственные и временные), характеризуются определенными структурой, состоянием и свойствами.

Начальным моментом в существовании ИЛТС является момент возникновения на ее территории первого здания (или сооружения) (на месте многих исторических зданий раньше существовали другие здания, которые были разрушены или перестроены). ИЛТС относятся к ЛТС сверхдлительного времени существования, ликвидация которых не должна наступать никогда.

Пространственные границы ИЛТС соответствуют границе *сферы взаимодействия*, в пределах которой происходят существенные изменения состава, состояния и свойств горных пород или развиваются инженерно-геологические процессы, оказывающие влияние на сохранность и устойчивость сооружения. За пределами сферы взаимодействия изменением указанных параметров можно пренебречь (с точки зрения их влияния на функционирование технической подсистемы). На протяжении всего времени существования ИЛТС границы зоны влияния могут изменяться.

Под *состоянием ИЛТС* понимается *совокупность геологических и технических параметров, определяющих ее функционирование в некоторый момент времени. В пространстве состояний системы выделяется область допустимых значений (ОДС), границы которой соответствуют предельно допустимым значениям параметров-координат системы* (Бондарик, 1981; Бондарик и др., 1990, 2004, 2009).

Функционирование ИЛТС заключается, с одной стороны, в изменении ее состояния, структуры и свойств в физическом времени, с другой - в способности ИЛТС выполнять свои функции (культурные, просветительские, исторические, воспитательные, религиозные и т.п.). Под *факторами функционирования* понимаются активные компоненты геологической и техногенной среды, вызывающие действие сил различной природы, которые изменяют состав, состояние ИЛТС или состав и свойства отдельных ее компонентов. Характер и особенности изменения состояние системы во времени определяют режим функционирования ИЛТС.

Возможные сценарии функционирования ИЛТС можно разделить на две группы: «возмущенные» и «естественные». При «возмущенном» сценарии в качестве основного фактора развития ИЛТС выступают строительные воздействия (планируется трансформация ИЛТС (ее реконструкция, капитальный ремонт или проведение противоаварийных мероприятий) или

ИЛТС попадает в зону влияния нового строительства). При «естественном» («невозмущенном») сценарии изменение состояния ИЛТС происходит под влиянием внутренних процессов в системе.

Основополагающими свойствами ИЛТС как разновидности геосистем являются: сложность, целостность, эмерджентность, устойчивость, динамичность, управляемость.

Существует большое количество подходов к определению устойчивости системы. Наиболее часто под такой устойчивостью понимают способность системы выполнять свои функции в тех или иных условиях (Куприянова Т.П., 1983).

Для целей диссертационного исследования нами предлагается оперировать понятием *устойчивость функционирования ИЛТС*, под которой понимается ее способность выполнять свои различные функции (культурные, просветительские, исторические, воспитательные, религиозные и т.п.) с заданными показателями качества в меняющихся со временем условиях окружающей среды.

3.2. Понятие о видах литотехнических систем историко-культурных сооружений

Как и для ЛТС, в зависимости от уровня иерархии взаимодействия техногенной и геологической подсистем выделяются элементарные, локальные и региональные ИЛТС.

Элементарные ИЛТС состоят из отдельного технического объекта (историко-культурного здания, сооружения, элемента здания) и взаимодействующей с ним области литосферы (сферы взаимодействия). Согласно Г.К. Бондарик, на элементарном уровне ЛТС в пределах геологической подсистемы зоны сферы взаимодействия однородны в отношении инженерно-геологических процессов и составляют связную область геологического пространства (Бондарик, Ярг и др., 1990, 2009).

Локальная ИЛТС представляет собой пространственно-временную совокупностью элементарных ИЛТС, области (сферы) взаимодействия которых граничат или пересекаются. К локальным ИЛТС относятся архитектурные ансамбли, комплексы исторических зданий, монастыри и др. (рис. 3.1). В качестве примера локальной ИЛТС можно привести Театральную площадь в г. Москве, включающую в себя элементарные ИЛТС Большого и Малого театров (рис. 3.2).

Региональные ИЛТС – это пространственно-временная совокупность локальных ИЛТС, выделяемая в пределах территории исторической застройки города. Примерами таких региональных ИЛТС являются историческая часть центра С.-Петербурга (Дашко, Шидловская, 2002, 2003, 2005), центра Москвы (рис. 3.3) и др.

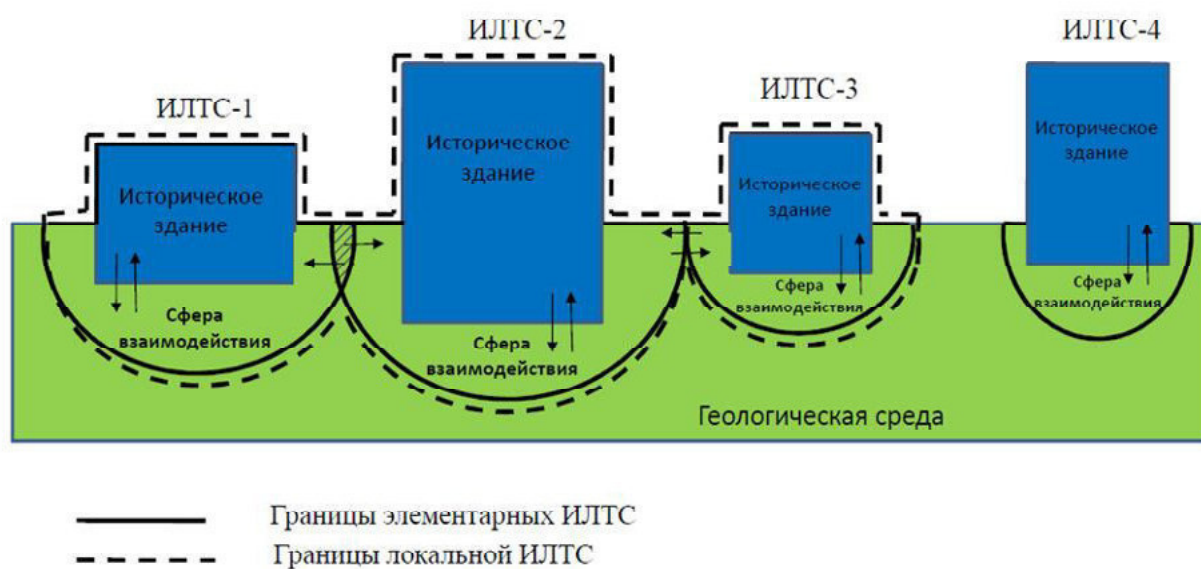


Рис.3.1. Соотношение элементарных и локальных ИЛТС

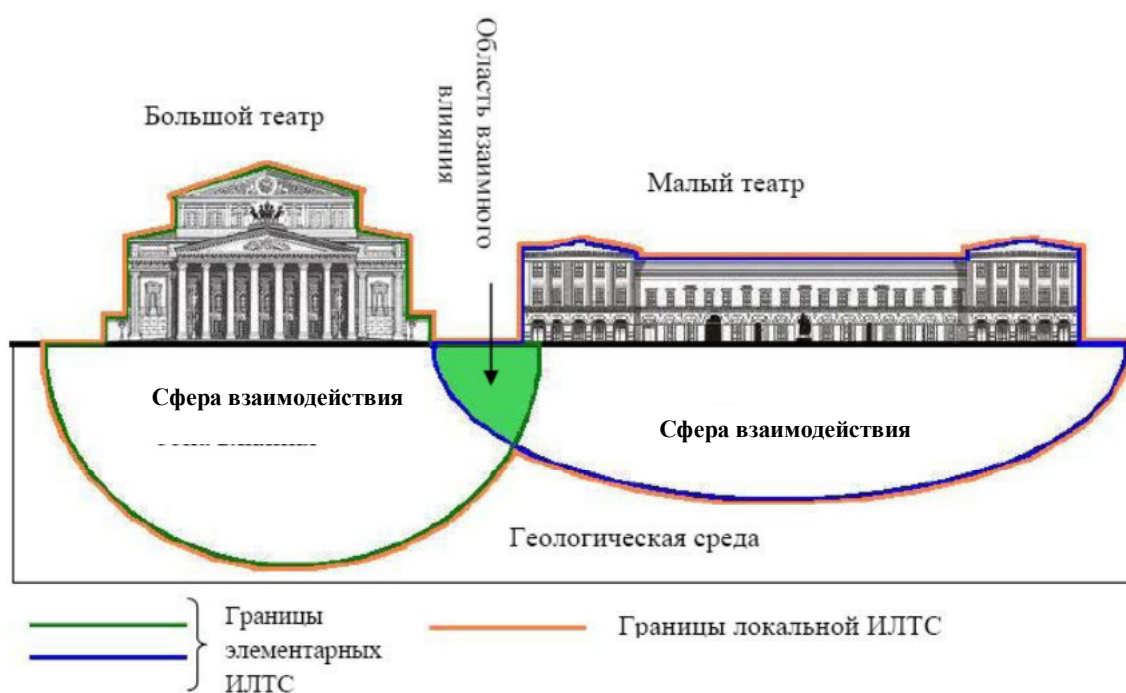


Рис.3.2. Локальная ИЛТС Театральной площади (ГАБТ и ГАМТ)

В пределах региональных ИЛТС области взаимодействия локальных и элементарных ЛТС неоднородны в отношении инженерно-геологических процессов и не составляют связную область геологического пространства (Бондарик, Ярғ и др., 1990, 2009). В виду сложившейся строительной практики возведения в пределах исторического центра новых зданий, исторические литотехнические систем регионального уровня в чистом виде в России

отсутствуют (так ИЛТС исторического центра Москвы или Санкт-Петербурга наряду с ЛТС исторических зданий содержат и современные ЛТС).

ИЛТС более высоких иерархических уровней не существует.



Рис.3.3. Исторический центр Москвы – региональная ИЛТС

3.3. Базовые понятия мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

Основной целью мониторинга ИЛТС является сохранение данных систем как объектов культурного наследия и оптимизация их функционирования.

С учетом специфики объектов, определение мониторинга, данное В.А. Королевым (1995), может быть уточнено. *Мониторинг ИЛТС* представляет собой систему постоянных наблюдений, оценки, прогноза изменения состояния и управления ИЛТС, проводимых по заранее намеченной программе с целью обеспечения их устойчивого функционирования и сохранения в течение как можно более длительного времени в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека и природными процессами и явлениями.

К основным задачам мониторинга ИЛТС относятся:

- всестороннее изучение объекта мониторинга, его технической и геологической подсистем, определение их особенностей, состояния и режима функционирования;

- оценка воздействий на систему и со стороны системы на геологическую среду;
- прогнозирование поведения системы, в т. ч. ее реакции на внешние воздействия;
- создание вероятностных сценариев развития ИЛТС;
- организация, проведение и оценка наблюдений за литотехнической системой;
- предотвращение недопустимых повреждений технической подсистемы и изменений в геологической среде;
- информационное обеспечение принятия управленческих решений, направленных на оптимизацию функционирования системы;
- сбор информации о различных ИЛТС и происходящих в них с течением времени процессов с целью выявления общих закономерностей поведения систем.

Базовыми понятиями мониторинга ИЛТС являются наблюдения, оценка, прогнозирование и управление, представляющие собой основные функциональные блоки мониторинга.

Функциональные блоки образуют непрерывную цепь постоянных наблюдений, оценки, прогнозирования и управления (функциональный принцип мониторинга по Королеву (1995, 2007)).

Блок наблюдений (или подсистема слежения) представляет собой упорядоченную в пространственно-временном отношении совокупность пунктов получения информации о состоянии ЛТС (ИЛТС) в заданные моменты или интервалы времени (СППИНФ) (Бондарик и др., 1986, 2004, 2009, 2015). Основными характеристиками СППИНФа являются его пространственная структура, режим и объем.

Оценка состояния ИЛТС основывается на накоплении информации, генерируемой подсистемой слежения, диагностировании состояния ИЛТС на основании сбалансированной системы критериев и сопоставлении полученных результатов с прогнозируемыми значениями.

Прогнозирование в рамках мониторинга ИЛТС представляет собой научно обоснованное предвидение изменений состояния, свойств и режима функционирования ИЛТС.

Под *управлением* в рамках мониторинга ИЛТС понимается принятие геологически обоснованных решений, направленных на обеспечение устойчивого функционирования и сохранения ИЛТС в течение как можно более длительного времени. В рамках блока «управление» производится обоснование мероприятий по целенаправленному воздействию на ИЛТС или факторы, обуславливающие ее функционирование.

Оптимизация функционирования ИЛТС не должна противоречить концепции максимально полного сохранения их исторического облика (что накладывает определенные ограничения на использование современных технологий, в том числе в части инженерной защиты).

Выводы по главе 3

1. Введено понятие «литотехническая система историко-культурного сооружения» (ИЛТС), позволяющее учесть инженерно-геологическую составляющую в сохранении объектов культурного наследия.
2. Уточнено понятие «мониторинг» для ИЛТС, указаны основные цели и задачи мониторинга ИЛТС, в том числе учитывающие особенности функционирования объекта мониторинга.
3. Сформулированы базовые понятия мониторинга ИЛТС, включающие «функционирование ИЛТС», «устойчивость функционирования ИЛТС», «управление ИЛТС».

ВАЖНЕЙШИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО- КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ

4.1. Факторы формирования и динамика литотехнических систем историко-культурных сооружений

ИЛТС являются динамичными системами. Они меняются на протяжении всего времени своего существования как под воздействием внутренних процессов, происходящих в литотехнической системе, так и в результате внешних природных и техногенных воздействий. Выявление особенностей динамики и эволюции ИЛТС - одна из важнейших задач их мониторинга.

Основными факторами, определяющими динамику ИЛТС во времени в городах, являются возможное изменение окружающей градостроительной среды; изменение состояния грунтового массива основания, разрушение материалов конструкций, в т. ч. фундаментов, вследствие старения (физического износа); реконструкция, реставрация и приспособление зданий – памятников истории и культуры к современным условиям использования.

4.1.1. Изменение градостроительной среды

Изменения градостроительной среды проявляются в активной застройке исторического центра города, увеличении этажности зданий, освоении подземного пространства, в т.ч. строительстве зданий с многоуровневыми подземными частями, строительстве метрополитена, прокладке новых коммуникаций.

Исторический центр Москвы за свою многовековую историю претерпевал многочисленные перепланировки и перестройки. Активная урбанизация, масштаб и темпы которой многократно возросли в XX веке, привела к изменению первоначального облика исторического центра города и изменению структуры поверхности территории, на которой расположены исторические здания и сооружения.

С течением времени исторические здания окружала все более плотная современная городская застройка, постепенно осваивалось подземное пространство.

Характерным примером развития городской застройки в центральной части города является район Театральной площади. На рис. 4.1 приведен схематический план района Театральной площади в XVIII веке на фоне контуров современных зданий.

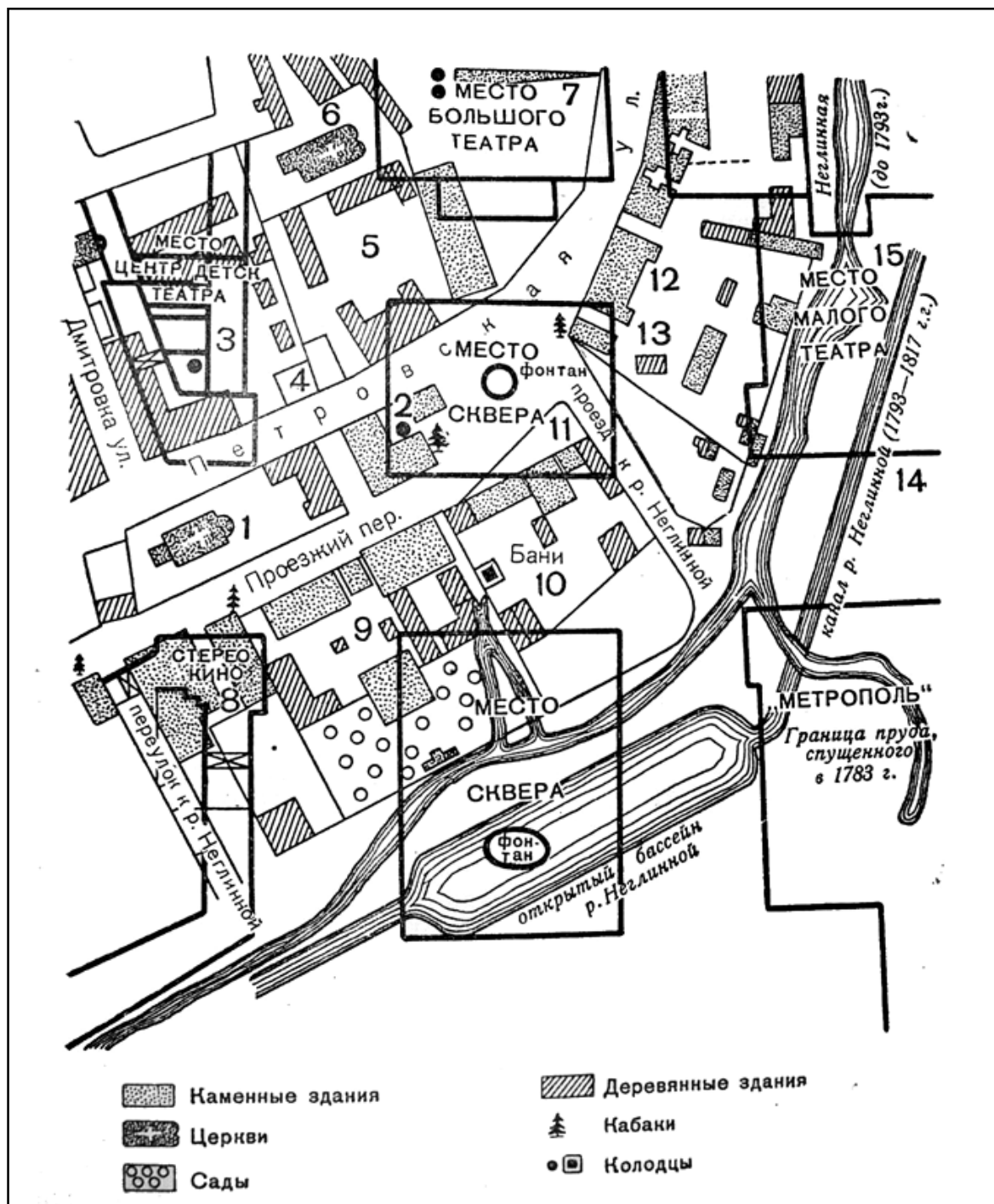


Рис.4.1.Схематический план района Театральной площади в XVIII веке на фоне контуров современных зданий (Сытин, 1958): 1 - Церковь Анастасии с кладбищем; 2 - Казенный питейный дом «Петровское кружало»; 3 - Двор князей Черкасских; 4 - Двор попа церкви Анастасии; 5 - Двор князя Туркестанова; 6 - Церковь Спаса в Копье с кладбищем; 7 - Двор князя Лобанова-Ростовского (купленный Медоксом); 8 - Сенатская типография; 9 - Двор секретаря магистрата Иванова; 10 - Банный двор с большим колодцем; 11 - Земля, отданная актеру Сандунову; 12 - Двор князя Егупова-Черкасского; 13 - Казенный питейный дом; 14,15 - Место бывшего Заиконоспасского болверка Петра I

За период с XVIII по XX век на участке современной Театральной площади р.Неглинная, протекавшая на месте зданий ЦУМа и Малого театра, была сначала отведена в отдельный канал (1789 – 1791 гг.) с засыпкой старого русла, а затем заключена в подземную трубу (1817-1819 гг.) (см. рис. 4.2).



Рис. 4.2. Коллектор р. Неглинной в районе Малого театра («Щекотовский тоннель»)
(<http://www.diggipedia.ru/index.php?title=Неглинка>, 01.03.2015)

Пожары в XVIII и XIX вв. неоднократно уничтожали всю застройку площади. После пожара 1812 года, когда все здания сгорели и больше не восстанавливались, на этом месте была спланирована площадь в современных ее очертаниях. Площади попытались придать форму почти правильного вытянутого четырехугольника, для этого с южной стороны был разбит треугольный сквер. С двух продольных сторон площадь замыкали четыре однотипных здания, из которых до наших дней сохранилось только здание Малого театра (Сваренская, 1994).

Здание Большого театра в течение времени своего существования многократно горело, перестраивалось и реконструировалось.

В настоящее время в 20-и метрах от здания театра, за улицей Петровка, расположено 7-этажное здание ЦУМа с двухэтажной подземной частью. Вплотную к северному фасаду дома Хомякова примыкает 6-этажное здание Речфлота, также имеющее подземное пространство. С юго-запада участок ограничен зданиями вспомогательного корпуса и Новой сцены ГАБТ, с юго-востока – Театральным сквером, а с северо-востока – ул. Петровкой.

Также под Театральной площадью проходит тоннель метрополитена (станция метро «Театральная» (первоначальное название «Площадь Свердлова») глубиной заложения 35,0 м была открыта в 1938 году) и существует густая сеть городских коммуникаций.

Сопоставление фотографий Театральной площади в начале XX в. и начале XXI в. (рис. 4.3) наглядно иллюстрирует изменения, произошедшие в градостроительной среде в этом районе за сто лет.

В контексте системотехнического подхода изменение градостроительной среды влечет за собой изменения в технической и геологической подсистемах региональной ИЛТС, относящейся к историческому центру Москвы, и входящих в нее ИЛТС более низких иерархических уровней.



а)



б)

Рис. 4.3. Театральная площадь: а) в начале XX в.; б) в начале XXI века

Появление новых зданий и сооружений в историческом центре приводит к усложнению региональной ИЛТС, формированию новых и изменению характера уже существующих прямых и обратных связей между компонентами ИЛТС различных иерархических уровней.

4.1.2. Изменение состояния грунтового массива

Одним из основных результатов изменения градостроительной среды города является увеличение нагрузки на геологические подсистемы ИЛТС различных иерархических уровней, выражающееся, в первую очередь, в изменении напряженно-деформированного состояния грунтов и гидрогеологических условиях территории.

В современной урбанистике постоянно возрастает роль подземной урбанизации (освоения подземного городского пространства) в качестве одного из способов решения

транспортных и инфраструктурных проблем и сохранения исторической среды центра Москвы, что еще сильнее увеличивает нагрузку на геологическую среду города.

Освоение подземного пространства приводит к изменению строения и структуры геологических массивов. При строительных работах (выемке грунтов, возведении ограждающих конструкций и др.) происходит изменение геологических условий территории, т.е. фактически создание нового геотехногенного массива, где среди толщи пород, находящихся в естественном залегании, располагаются железобетонные конструкции ограждающих сооружений, подземные части зданий и т.п. (Котлов, 1978; Москва. Геология и город).

Урбанизация сказывается на изменении общего баланса подземных вод: в результате различных техногенных воздействий происходит изменение естественных условий питания, движения и разгрузки, условий взаимосвязи водоносных горизонтов, а также качества воды. Изменение гидродинамического режима территории влечет за собой изменение напряженно-деформированного состояния грунтов основания (уменьшение гидростатического давления, осушение или наоборот обводнение грунтов).

Нарушение природной гидродинамической обстановки приводит к изменению напряженного состояния водовмещающих толщ пород и, как следствие этого, уплотнению пород в пределах образующихся депрессионных воронок, что в свою очередь служит причиной оседания поверхности территории и многочисленных нарушений в техносфере города, а также активизации окислительных процессов в увеличившейся зоне аэрации.

Нарушение режима первого от поверхности горизонта грунтовых вод при определенных геологических условиях приводит к поднятию его уровня и подтоплению территории, затоплению подклетов и подвалов зданий. В свою очередь, увеличение влажности грунтов влечет за собой снижение прочностных и деформационных характеристик песчано-глинистых грунтов. Более подробно изменение компонентов геологических подсистем ИЛТС рассматривается в разделе 4.3.

В рамках мониторинга ИЛТС наблюдения не должны ограничиваться только компонентами исследуемой литотехнической системы. Пристальное внимание должно уделяться внешним факторам, которые оказывают на нее влияние в данный момент или могут оказать влияние в будущем. Основными такими факторами являются изменения градостроительной среды и состояния грунтового массива. Новые источники внешних воздействий или изменения интенсивности уже существующих должны фиксироваться и учитываться в момент начала их действия, а не после негативных изменений ИЛТС.

4.1.3. Разрушение материалов конструкций

Все строительные материалы и конструкции подвержены естественным процессам старения и разрушения. На протяжении всей истории существования исторического здания

происходит постепенное изменение свойств и структуры материалов его конструкций в результате воздействия агрессивных факторов внешней среды: механических, физических, химических и биологических.

Механическое разрушение строительных конструкций может происходить как в результате техногенных воздействий, в т. ч. динамических, так и под действием природных факторов (например, наводнений или других стихийных бедствий).

Основными причинами разрушения материалов строительных конструкций являются коррозия и эрозия.

Эрозия строительных материалов происходит в результате колебаний температуры, замачивания и последующего промерзания стен, размыва поверхности кровли и стен стекающей водой, абразии фасадных стен песком или пылью, размыва фундаментов грунтовыми водами.

Коррозия строительных материалов может происходить в результате химических, физико-химических, электрохимических и биологических процессов.

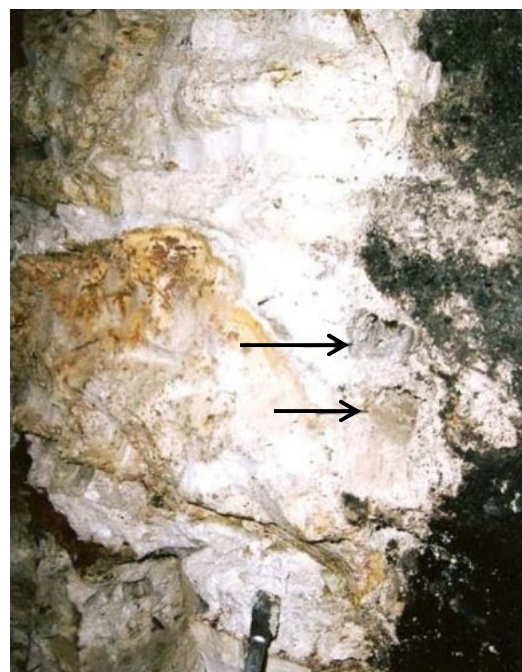
Химическая коррозия происходит в результате взаимодействия строительных материалов с агрессивными средами: жидкими (атмосферными осадками, в т. ч. «кислотными» дождями, загрязненными поверхностными и подземными водами), газообразными (загрязненная атмосфера окружающего воздуха) и твердыми (пыль, химические реагенты, используемые в коммунальном хозяйстве, агрессивные грунты).

Техногенные воздействия на ИЛТС часто приводят к увеличению агрессивности вмещающих фундаменты грунтов и вод, в первую очередь, первого от поверхности водоносного горизонта, часто непосредственно соприкасающихся с фундаментами сооружения. Подобные преобразования в пределах ИЛТС совместно с изменением гидрогеологических условий участка (например, понижением или повышением уровней подземных вод, образованием подземных вод типа «верховодка»), инициируют или интенсифицирует эволюционные преобразования основания исторических сооружений (разрушение, в первую очередь, в результате выщелачивания) материалов фундаментов (рис. 4.4); деструкция деревянных свай и образование полостей-стаканов, механизм которых подробно рассмотрен в работах Е.М. Пашкина (Пашкин, 1984, 1998) (рис. 4.5), разрушение структуры камня в результате кристаллизации продуктов реакции с агрессивными растворами солей, образование высолов.

Биокоррозия вызывается жизнедеятельностью организмов. Наиболее часто она проявляется в непосредственном разрушении материалов при использовании микроорганизмами их ингредиентов в качестве субстрата (например, повреждения древесины насекомыми) или формировании биопленок на поверхности материала, проникновении микроорганизмов в трещины и микротрещины, накопление (увеличение) биомассы микроорганизмов (образование плесени и грибков на каменной кладке или красочном слое).



а)



б)

Рис. 4.4. Разрушение материалов фундаментов: а) разрушение кладки фундамента здания (Ср. Кисловский, д.3, стр. 2); б) выщелоченный доломитовый известняк кладки фундамента Храма Всех Святых на Кулишках (фото Беловой Г.С.) (стрелками показаны зоны деструкции фундаментов)



а)



б)

Рис. 4.5. Деструкция деревянных свай: а) размещение деревянных свай под фундаментом Храма Всех Святых на Кулишках; б) деструктурированная деревянная свая (фото Беловой Г.С.)

Более редкой формой биокоррозии является разрушение материалов в результате химических реакций продуктов жизнедеятельности организмов с диэлектрическими материалами и металлами в токонепроводящих средах (повреждения стекла и керамики).

Биокоррозии подвержены не только наземные, но и подземные конструкции. Микробиологические процессы в грунтах могут являться одной из причин деструкции фундаментов зданий (Дашко и др., 2002; Королев, 2007).

Как правило, разрушение материалов происходит под действием не какого-то одного фактора, а их совокупности.

Процессы старения и разрушения материалов конструкций характерны для всех ЛТС. Для ИЛТС следует учитывать, что эти процессы протекают в течение длительного и сверхдлительного времени, которое часто превышает сроки службы строительных конструкций, принятые в современной строительной практике, набор используемых материалов (камень, дерево, известковый раствор), а также тот факт, что в результате увеличения техногенной нагрузки на окружающую среду ее агрессивность существенно возросла по сравнению со временем начала функционирования рассматриваемых ИЛТС.

4.1.4 Реконструкция, реставрация и приспособление зданий – памятников истории и культуры

Исторические здания на протяжении своей истории подвергаются ремонтам, реставрациям, реконструкциям, разнообразным перестройкам, иногда многократным. Только в редких исключениях исторические здания сохраняются в своем первоначальном виде.

Длительное время существования и высокая общественная значимость позволяет отследить изменения, происходившие с историческим зданием. В частности, по событиям исторических хроник, фиксировавшим, как правило, аварии, деформации, появления трещин и различные строительные манипуляции со зданием, можно проследить эволюцию, в первую очередь, технической подсистемы. Изменения ИЛТС во многом отражают эволюция городской среды.

Ремонты, реставрации, реконструкции и приспособление исторических зданий-технических подсистем ИЛТС к современным условиям эксплуатации являются одними из наиболее значимых факторов (наравне с изменением градостроительной среды и изменением состояния грунтового массива), в результате действия которых происходит трансформация ИЛТС и осуществляется их переход от «естественной» к «возмущенной» траектории развития.

Степень трансформации ИЛТС может варьироваться от незначительной (например, в результате мелких ремонтов) до кардинальной, когда в результате освоения прилегающего подземного пространства и (или) масштабной реконструкции существующего здания

фактически формируется новая литотехническая система, которая по своему составу, строению и свойствам отличается от существовавшей ранее.

При освоении подземного пространства вокруг исторического здания происходит расширение границ ИЛТС, в результате увеличения техногенной подсистемы за счет геологической подсистемы ИЛТС и за счет расширения границ сферы взаимодействия.

Существует большое количество методов реконструкции и реставрации. Часто приспособление исторических зданий к современным условиям эксплуатации осуществляется в ущерб сохранности памятников. Следует отметить, что ограничения, связанные с необходимостью сохранения исторического облика, в большей степени относятся к наземным (видимым) частям зданий, для подземной части возможностей для реконструкции, применения современных методов и технологий гораздо больше.

Важной составляющей частью реконструкции является усиление фундаментов и (или) грунтов основания исторического здания. В современной строительной практике существует большое количество методов укрепления фундаментов.

Применение того или иного метода обуславливается материалами, из которого выполнены фундаменты, их состоянием (степенью износа), инженерно-геологическими условиями площадки. Улучшение свойств грунтов основания методами технической мелиорации (цементации, силикатизации, методом «Геокомпозит» и др.) приводит к трансформации геологической подсистемы ИЛТС (меняются ее состав, строение и свойства), что, в свою очередь, влечет изменения во всей литотехнической системе.

Примерами ИЛТС исторического центра Москвы, подвергшихся трансформации в результате освоения прилегающего к ним пространства, являются ИЛТС, относящиеся к зданиям Государственный академический Большой театр (ГАБТ) (см. раздел 2.3.1), Московской государственной консерватории (см. раздел 2.3.2), Государственного Исторического музея, Государственного академического Малого театра (см. рис. 4.6), Политехнического музея и др.

Развитие ИЛТС может проходить по двум основным сценариям – «возмущенному» или «естественному». При «естественном» сценарии изменение состояния ИЛТС происходит под влиянием внутренних процессов в системе (деградации материалов и адаптации системы к новым условиям функционирования).

Основными импульсами для перехода к «возмущенному» сценарию развития являются внешние по отношению к литотехнической системе факторы, в качестве которых могут выступать различные строительные мероприятия, реализуемые как в пределах рассматриваемой системы, так и для других ЛТС, в сферу влияния которых попадает исследуемая ИЛТС, аномальные природные явления, аварийные ситуации техногенного характера.



а)



б)

Рис. 4.6. Здание Государственного академического Малого театра во время реконструкции а) – вид со стороны Театральной площади, б) – внутренний двор, вид сверху (<http://rskshale.ru/gamt>, 22.02.2015)

Таким образом, на протяжении всей истории своего существования ИЛТС претерпевают изменения под действием внутренних и внешних (по отношению к рассматриваемым системам) факторов, набор и интенсивность которых также могут меняться с течением времени.

На основе анализа действия основных факторов, определяющих динамику ИЛТС, можно выделить основные тенденции их развития, которыми являются деградация в результате износа и разрушения материалов конструкций, в т. ч. фундаментных; трансформация в результате направленных строительных воздействий на рассматриваемую систему или на соседние литотехнические системы (в т. ч. литотехнические системы более высокого иерархического уровня, включающие рассматриваемую ИЛТС); адаптация как реакция системы на новые условия ее функционирования, формирующиеся как в результате деградации, так и в результате трансформации.

При адаптации сооружения к изменению инженерно-геологических условий территории часто происходит изменение структуры памятников истории и культуры – нарушается конструктивная целостность здания, появляются отдельные блоки, имеющие собственные режимы вертикальных перемещений и деформаций, перераспределяются нагрузки на фундаменты и грунты основания, формируются системы трещин, обеспечивающие наибольшую приспособляемость конструкции к уже произошедшим осадкам.

4.2. Важнейшие особенности геологической и технической подсистем литотехнических систем историко-культурных сооружений

Несмотря на большое разнообразие и уникальность особо ценных историко-культурных объектов, ИЛТС имеют ряд основополагающих черт и характерных особенностей, благодаря которым они занимают особое место среди литотехнических систем (ЛТС). Эти особенности должны лежать в основе разработки схем организации мониторинга ИЛТС.

Всю совокупность выделенных нами характерных особенностей ИЛТС можно условно разделить на две структурные группы: особенности технической и геологической подсистем (табл.4.1).

Выделенные здесь особенности зависят от характера и уровня взаимодействующих объектов техносферы и литосферы, т.е. от иерархического уровня ИЛТС. Разделение на группы достаточно условно, так как большинство особенностей геологической подсистемы формируются либо под воздействием технической подсистемы самой ИЛТС, либо других ЛТС города.

Решающим фактором изменения ИЛТС в пределах исторического центра Москвы является постоянно возрастающая техногенная нагрузка. Причем как внешняя, так и непосредственно от технической подсистемы самой ИЛТС.

Ниже дается подробная характеристика указанных в табл. 4.1 особенностей ИЛТС для отдельных подсистем.

Важнейшие особенности литотехнических систем историко-культурных сооружений

Уровни ИЛТС	Особенности	
	Геологической подсистемы ИЛТС	Технической подсистемы ИЛТС
Элементарный	1. Наличие техногенных грунтов, в том числе «культурных слоев», археологически значимых грунтов 2. Изменение гидрогеологических условий грунтов основания фундамента 3. Изменение прилегающего рельефа 4. Изменение состава, структуры, состояния и свойств грунтов основания 5. Активизация инженерно-геологических процессов, включая микробиологические	1. Возраст сооружения и его фундаментов 2. Уникальность сооружения и его фундаментов 3. Конструктивные особенности сооружения и его фундаментов 4. Особенности эксплуатации сооружения, реконструкция и ремонт его фундаментов
Локальный	1. Наличие комплекса техногенных грунтов 2. Локальное изменение гидрогеологических условий 3. Изменение рельефа территории комплекса 4. Изменение состава, состояния и свойств грунтовых толщ оснований комплекса 5. Активизация парагенеза инженерно-геологических процессов	1. Возраст взаимодействующих зданий 2. Уникальность комплекса 3. Конструктивные особенности комплекса взаимодействующих сооружений и их фундаментов 4. Особенности эксплуатации комплекса сооружений, а также их ремонта и реконструкции их фундаментов
Региональный	1. Наличие комплекса техногенных грунтов 2. Региональное изменение гидрогеологических условий 3. Изменение рельефа региона 4. Региональное изменение состава, состояния и свойств грунтов 5. Региональный комплекс инженерно-геологических процессов	1. Возраст комплекса локальных ИЛТС региона 2. Уникальность застройки региона 3. Региональные конструктивные особенности комплекса взаимодействующих сооружений 4. Региональные особенности эксплуатации сооружений, их ремонта и реконструкции

**4.3. Особенности геологической подсистемы
литотехнических систем историко-культурных сооружений**

Особенностям геологической подсистемы уделяется недостаточное внимание при организации мониторинга, однако, часто именно они выступают определяющим фактором

функционирования всей литотехнической системы. Как правило, через геологическую подсистему реализуются внешние воздействия на ИЛТС. Наиболее распространенными воздействиями на геологическую среду в пределах исторической части города являются статические нагрузки на толщу пород от веса зданий и сооружений, откачки подземных вод, подтопление, динамические воздействия, образование различных техногенных физических полей (акустического, вибрационного, температурного, наведенного электрического и электромагнитного и др.), а также химическое и биохимическое загрязнение. Следует иметь в виду, что техногенные воздействия (их характер и масштаб), обусловленные новыми технологиями, очень плохо поддаются прогнозированию в долгосрочной перспективе сопоставимой с возрастом ИЛТС (например, в XVIII веке нельзя было прогнозировать появления автомобильного транспорта или прокладку линий метрополитена).

Среди особенностей геологической подсистемы ИЛТС центральной части Москвы следует выделить наличие техногенных грунтов в верхней части разреза, изменения рельефа, гидрогеологических условий территории, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизацию и развитие парагенезиса инженерно-геологических процессов.

4.3.1. Наличие техногенных грунтов

При организации и проведении мониторинга ИЛТС необходимо учитывать, что подземное пространство центра города представляет собой сложно организованный неоднородный массив, включающий наряду с природными горными породами в естественном залегании невыдержанные по мощности и составу техногенные образования. При этом техногенные грунты, с одной стороны, выступают в качестве вмещающей среды и основания исторических зданий, а с другой - сами являются объектами, имеющими историко-культурную значимость.

Формирование техногенных грунтов происходит в результате техногенного литогенеза, основными чертами которого в пределах исторической части города являются процесс накопления различного рода насыпного материала на поверхности земли под влиянием хозяйственно-бытовой деятельности человека и искусственное изменение природных грунтов при строительстве и благоустройстве территории.

За длительную историю Москвы были сформированы неоднородные по составу и мощности массивы техногенных грунтов (в том числе толщи «культурного слоя»). Распространение и начало формирования культурного слоя в центральной части Москвы приведено на рис. 4.7.

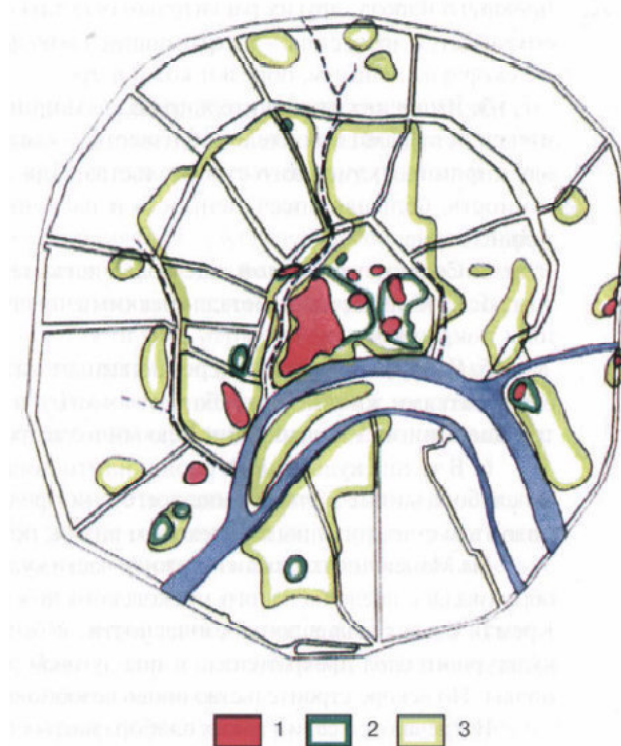


Рис. 4.7. Распространение и начало формирования культурного слоя в центральной части Москвы (Москва. Геология и город): 1 – XII- начало XIII вв. (домонгольское время), 2 – XIII – первая половина XIV в., 3 – вторая половина XV – начало XVI вв. (период возникновения централизованного государства)

До начала XX в. воздействию хозяйственной деятельности человека подвергались в основном грунты, залегающие в приповерхностном слое. С течением времени в результате активного освоения подземного пространства, прокладкой коммуникаций, проходкой выработок метрополитена, расширением возможности технической мелиорации и т. п., изменениям стали подвергаться более глубокие слои литосферы, в результате чего началось формирование особой разновидности геологических массивов – геотехногенных массивов.

Техногенные грунты культурного слоя, являясь специфическими в генетическом отношении образованиями, характеризуются сложным и неоднородным составом, высокой вертикальной и горизонтальной изменчивостью строения и состояния, определяющимися не только характером техногенного воздействия, но и геологическими факторами (геоморфологическим строением местности, определяющим вертикальную планировку города; литологическим составом пород; гидрогеологическими условиями, определяющими глубину заложения фундаментов и подвальных помещений, развитие процессов подтопления и пучения и т.д.) (Огородникова, Николаева, 2004).

На рис. 4.8 приведен разрез культурного слоя в районе Манежной площади. На представленном фото отчетливо выделяется несколько различных слоев. Подобное строение толщи техногенных грунтов является достаточно характерным для центра Москвы и связано с различными периодами истории и, соответственно, условиями технолитогенеза.



Рис. 4.8. Культурный слой в районе Манежной площади (фото Каздым А.А.)

Толща «культурного слоя» часто имеет археологическую ценность. На рис. 4.9 представлена фотография раскопок, проводившихся на территории Московского Кремля в 2007 году, в ходе которых были обнаружены фрагменты деревянной мостовой и построек, самые ранние из которых датируются XIII веком.



Рис. 4.9. Раскопки на территории Московского Кремля (2007)
(<http://www.kommersant.ru/gallery/1219611>, 17.08.2009)

Мощность техногенных грунтов в пределах исторического центра Москвы обычно составляет первые метры, однако, на отдельных участках, например, в районе бывшего рва на

Красной площади или засыпанной долины р. Неглинной, она может достигать 12-15 м. Фрагмент карты четвертичных отложений центра Москвы с указанием средних мощностей приведен на рис. 4.10. Мощность техногенных грунтов может сильно варьироваться даже в пределах одного здания.

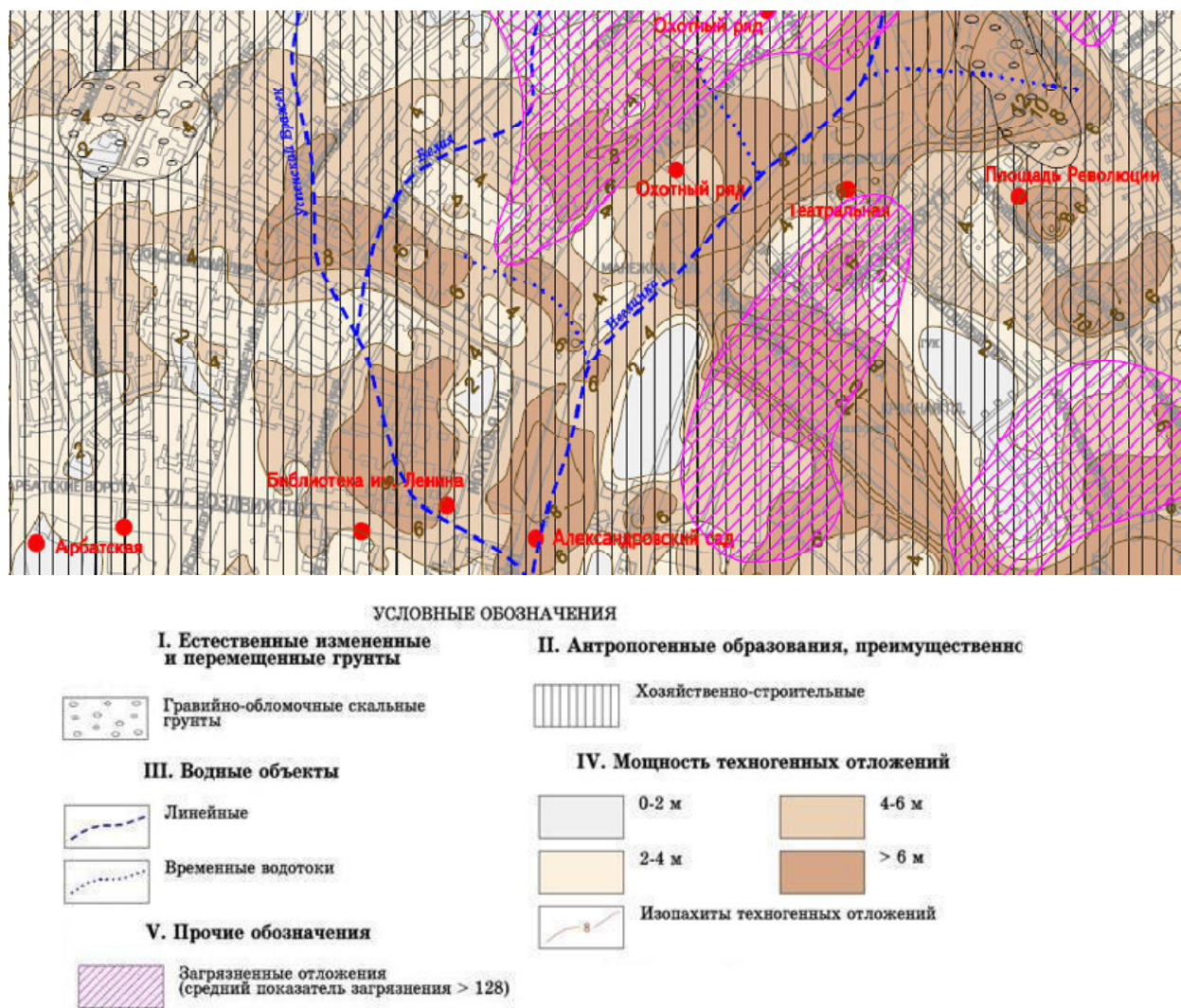


Рис. 4.10. Фрагмент карты техногенных отложений центра Москвы (Геологический атлас Москвы..., 2010)

Свойства техногенных грунтов могут существенно отличаться от вмещающих и подстилающих их пород. Важным фактором, влияющим на значения физических и механических характеристик этих грунтов, является наличие в их составе органических веществ (остатков растений, древесины, отходов жизнедеятельности и т.п.).

Согласно лабораторным исследованиям, содержание органических веществ в техногенных грунтах может изменять от 2 до 80 % (обычно 5-10 %) (Котов, 2001). Для них характерны более низкие значения плотности и более высокие пористости, невысокие модули деформации и показатели сопротивления срезу (Огородникова, Николаева, 2004).

Техногенные отложения выступают одновременно как составляющая часть ИЛТС и как фактор функционирования техногенной подсистемы. С ними связан парагенезис таких инженерно-геологических процессов, как доуплотнение техногенных грунтов под действием статических нагрузок от зданий, разуплотнение под воздействием динамических нагрузок, в первую очередь, от транспорта, разложение органических веществ, процессы, связанные с изменением температурно-влажностного режима (набухание, усадка, промерзание, пучение, оттаивание, диффузия, осмос, капиллярное движение поровых растворов, подземная коррозия строительных материалов и конструкций), суффозионные явления, изменение гидрогеологических и гидрохимических условий.

Техногенные грунты играют большую роль в обеспечении сохранности и устойчивости исторических зданий. Наличие их в основании зданий, как, например, на отдельных участках здания ГАБТ, ввиду особенностей их состава, строения и свойств, часто служит причиной развития неравномерных деформаций сооружений.

При конструировании системы мониторинга, в первую очередь, должны быть учтены наличие техногенных грунтов под подошвой зданий, распределение мощностей техногенных грунтов в пределах площадки здания, степень их уплотнения и содержание органических веществ.

4.3.2. Изменение гидрогеологических условий

Исторический центр Москвы является территорией сильно нарушенного гидрогеологического режима. Высокая плотность застройки и большая площадь асфальтированных поверхностей существенно изменили режим подземных вод. В результате разнонаправленных техногенных воздействий были изменены естественные условия питания, движения, разгрузки, условия взаимосвязи водоносных горизонтов и их качество.

В целом природные условия центральной части Москвы характеризуются хорошей дренируемостью территории, что связано с преобладанием песчаных разностей в верхней части геологического разреза и развитием трещиноватых известняков и мергелей в толще каменноугольных пород (Москва. Геология и город).

Непосредственное влияние на ИЛТС оказывают подземные воды неглубокого залегания и зоны активного водообмена, которые определяют условия и динамику экзогенных геологических процессов.

В результате многочисленных планировок дневной поверхности были изменены естественные условия питания и разгрузки подземных вод.

Также на балансе подземных вод сказались утечки из водонесущих коммуникаций (водопровода, канализации, ливневки), озеленение и поливы зеленых насаждений,

перераспределение снега при очистке проездов и тротуаров, фильтрация из декоративных водоемов и фонтанов (Москва. Геология и город).

Значительная часть эрозионной сети, ранее выступавшей в качестве естественных дренажей, на сегодняшний день ликвидирована, в результате чего разгрузка поверхностных вод осуществляется через развитую сеть дождевой канализации.

Уровень водопотребления для культурно-исторических зданий ниже, чем у жилых и производственных зданий (за исключением пожарных целей), однако, степень износа водонесущих коммуникаций гораздо выше, что делает утечки из водонесущих коммуникаций важным фактором формирования гидрогеологических условий территории.

Одной из важнейших причин изменения гидродинамического режима территории Москвы и особенно центральной ее части является строительство подземных сооружений и сопровождающий их строительство и эксплуатацию водоотлив. Так, суммарная откачка из горных выработок крупнейшего подземного сооружения города - Метрополитена достигает 180 тыс. м³/сут, а снижение уровня подземных вод достигает 30 и более метров.

В качестве примера результата воздействия Метрополитена на изменение гидрогеологических условий рассмотрим площадку реконструкции ГАБТ РФ, в пределах которой влияние дренажного водоотлива из горных выработок Метрополитена отражается на третьем от поверхности земли перхуровском водоносном горизонте.

Гидрогеологические наблюдения за уровнями и температурой перхуровского водоносного горизонта в пределах площадки здания ГАБТ проводились ООО «СК «КРЕАЛ» на четырех участках (скважины №№ 2, 4, 16, 18), расположенных по периметру площадки реконструкции, причем скважина № 4 расположена в непосредственной близости от входа на станцию метро «Театральная».

Схема размещения наблюдательных гидрогеологических скважин за перхуровским водоносным горизонтом приведена на рис. 4.11.

Графики изменения уровней перхуровского водоносного горизонта представлены на рис. 4.12.

Наибольшее влияние дренажного водоотлива наблюдается в западной части площадки (участок размещения скважин № 4 и № 16). В пределах восточной части площадки (скважины № 2 и № 18) техногенная нагрузка от Метрополитена существенно ниже.

Для западной части участка характерны существенно более высокие амплитуды колебания уровней воды и температуры подземных вод.

Наибольшие значения колебаний уровней и температуры в скважине № 16 (в период с октября 2007 года по февраль 2008 года максимальные величины амплитуды колебания уровня воды в этой наблюдательной скважине достигали 3,5-4,5 м).

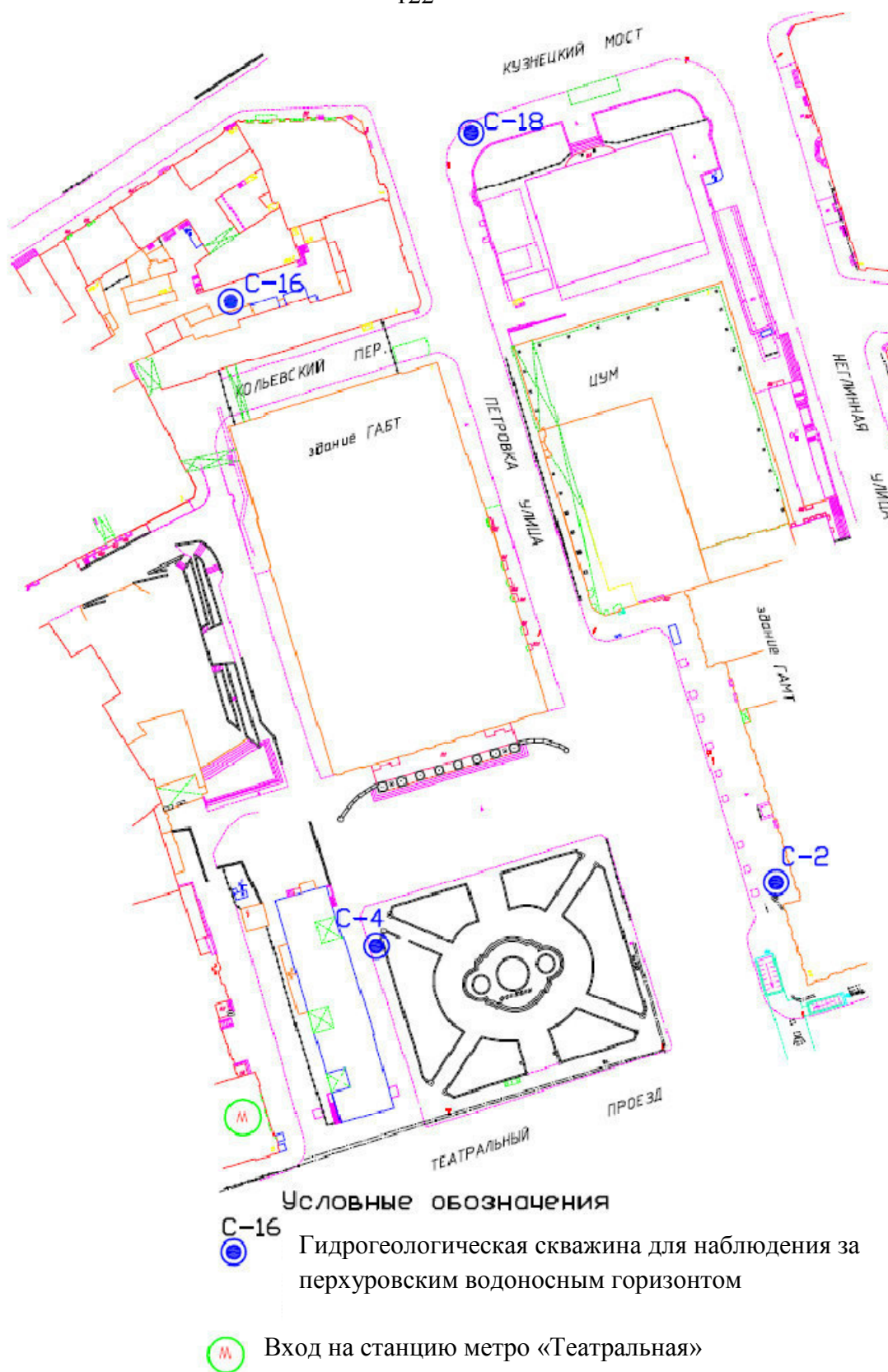


Рис. 4.11. Схема расположения наблюдательных скважин ООО «СК «КРЕАЛ» для перхуровского водоносного горизонта

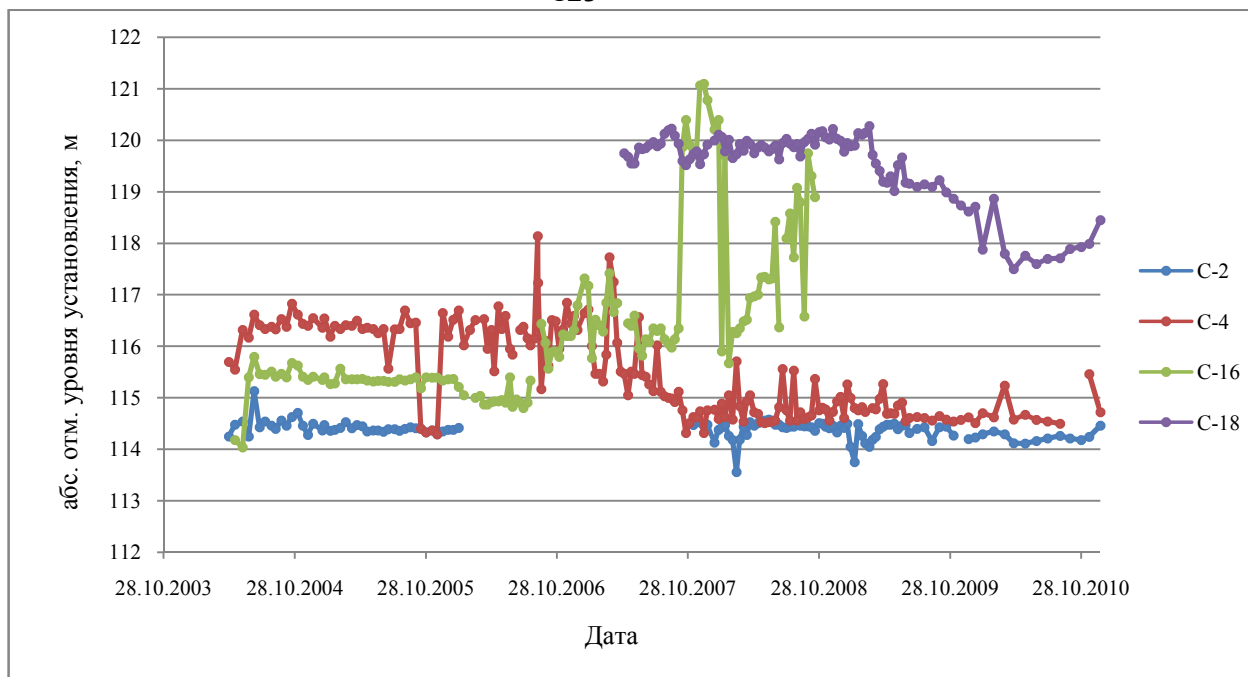


Рис. 4.12. Графики режимных наблюдений изменения уровней перхуровского водоносного горизонта, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (Технические отчеты. Мониторинг состояния здания ГАБТ России и зданий окружающей застройки. Контроль за уровнем подземных вод, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004-2010)

Это могло быть вызвано строительными работами, проводившимися на участке, в пределах которого располагалась наблюдательная скважина, а также возможным временным прекращением работы систем водопонижения и водоотлива, так как во время пиковых значений уровней в скважине № 16 уровень воды соответствовал абс. отм. ~ 119-120, что близко к уровням в скважине № 18, для которой характерно существенно меньшая техногенная нагрузка от систем Метрополитена. В других наблюдательных скважинах максимальные амплитуды колебания уровня воды перхуровского водоносного горизонта за весь период наблюдений составили 1,0-2,3 м.

Существенную роль в функционировании ИЛТС регионального и локального уровней играет наличие сооружений в подземном пространстве города. Подземные сооружения, являясь преградой для естественного потока подземных вод, меняют конфигурацию потока в плане, создавая «барражный эффект» и вызывая подтопление территории. Более подробно процесс подтопления рассмотрен в разделе 4.3.5.

Для элементарных ИЛТС одним из определяющих факторов их функционирования является изменение гидрогеологических условий фундамента, связанное, в первую очередь, с формированием вод типа «верховодки». Образование вод данного типа является распространенным явлением для исторического центра. Подземные воды типа «верховодки», имеют локальное распространение и приурочены к линзам и прослоям слабопроницаемых грунтов в пределах зоны аэрации. «Верховодка» непостоянна во времени и может возникать в

многоводные периоды года и в результате утечек из водонесущих коммуникаций. В связи с формированием «верховодки» в пределах сферы взаимодействия памятника архитектуры с литосферой возникают локальные участки грунтов с повышенной влажностью и пониженной, (относительно основного массива) несущей способностью, что приводит к неравномерным осадкам зданий. В пределах ИЛТС ГАБТ и МГК (до начала реконструкции) проявлений «верховодки» зафиксировано не было, однако, имеются предпосылки для ее появления, а также сведения о проявлениях «верховодки» на соседних площадках.

В связи с сезонностью «верховодки» при обосновании мониторинга должны быть учтены не только существующие линзы, но и выделены участки, на которых они потенциально могут сформироваться.

Специфическим гидрогеологическим образованием, характерным для исторических территорий, являются т. н. «фундаментные воды», формирующиеся в теле фундамента в результате прямого попадания поверхностного стока в тело фундамента, перетока вод из рыхлых отложений культурного слоя, утечек из водонесущих коммуникаций, миграции влаги из грунтов к фронту промерзания и т.п.

Подземные воды, приуроченные к четвертичным отложениям, в той или иной степени загрязнены и характеризуются повышенными (по сравнению с нормативными) величинами минерализации, общей жесткости, содержания нитратов и железа. Техногенное влияние на состав подземных вод проявляется в отсутствии характерной для всего Московского артезианского бассейна вертикальной гидрохимической и температурной зональности в пределах зоны активного водообмена (Москва. Геология и город).

Формирование химического состава грунтовых вод в пределах исторического центра в значительной степени определяется влиянием утечек из канализационных коллекторов. В результате воздействия сточных вод увеличиваются концентрации соединений азота, хлоридов, сульфатов и органических веществ и жесткость воды. Повышение содержания хлоридов в зимний период связано с применяемыми антигололедными реагентами. В пределах площадки размещения здания ГАБТ в разное время отмечалось повышенное содержание соединений азота и локальные повышенные содержания сероводорода, свидетельствующие об утечках из канализации, на отдельных участках в разное время фиксировались увеличение содержания железа и загрязнение подземных вод органическими соединениями (нефтепродуктами).

Влияние городской инфраструктуры сильно сказывается на температурном режиме зоны активного водообмена. На территории г. Москвы условно выделяются районы со слабо нарушенным, нарушенным и сильно нарушенным температурными режимами, в которых температура грунтовых вод лежит, соответственно, в пределах 7-8 °С, 8-12 °С и более 12 °С.

На территории, прилегающей к зданию ГАБТ, по результатам проведенных ООО «СК «КРЕАЛ» режимных наблюдений, выявлен сильно нарушенный температурный режим как грунтовых вод, так и более глубоких водоносных горизонтов и комплексов.

За весь период наблюдений с июня 2005 года по декабрь 2010 года температура грунтовых вод изменялась от 11°C до 43°C. Температурное поле грунтовых вод в пределах площадки здания ГАБТ и прилегающей к нему территории неоднородно. Оно формируется в результате теплового воздействия коммуникаций (утечек из водонесущих коммуникаций) и подземных сооружений. Также грунтовые воды испытывают сезонные колебания температуры.

На рис. 4.13 приведена схема размещения наблюдательных гидрогеологических скважин за надъюрским грунтовым водоносным горизонтом.

Наиболее характерные для площадки ГАБТ графики изменения температуры грунтовых вод представлены на рис. 4.14.

Аномальные значения температуры грунтовых вод (28-43 °C), кратковременно фиксировавшиеся в скважинах № 11 и № 15, связаны с аварийными утечками из водонесущих коммуникаций. Следует отметить, что размыв горячей водой из теплосети часто является причиной разрушения фундаментов исторических зданий.

По данным ООО «СК «КРЕАЛ», средние значения температуры подземных вод перхуровского водоносного горизонта за весь период наблюдений с июня 2005 года по декабрь 2010 года в скважинах № 2 и №18 составляют 17°C и 16°C, в скважинах № 4 и № 16 – 18°C и 20°C соответственно, при средних региональных значениях температуры подземных вод касимовского яруса - 5 - 7°C. Максимальные значения температуры воды перхуровского водоносного горизонта составили 25-27°C (были зафиксированы в августе 2006 года в скважине № 16).

Схема расположения скважин представлена на рис. 4.11, графики изменения температуры перхуровского водоносного горизонта - на рис. 4.15.

Наибольшие колебания температуры наблюдались в западной части площадки: в скважине № 16 максимальная амплитуда изменения температуры за один цикл составила 4°C, в скважине № 4 – 2,2°C.

При этом в скважинах № 2 и № 18, расположенных в восточной части площадки, техногенная нагрузка на которую от работы сооружений Метрополитена существенно ниже, температурный режим характеризуется относительной стабильностью.

Гидрогеологические условия и их изменение являются одним из важнейших факторов, определяющих функционирование ИЛТС. Изменение гидрогеологических условий напрямую влияет на сохранность подземных частей здания и их фундаментов, также на основании изучения уровневого и температурного режимов подземных вод, а также изменения их химического состава, можно сделать выводы о техногенных воздействиях, оказываемых на ИЛТС.

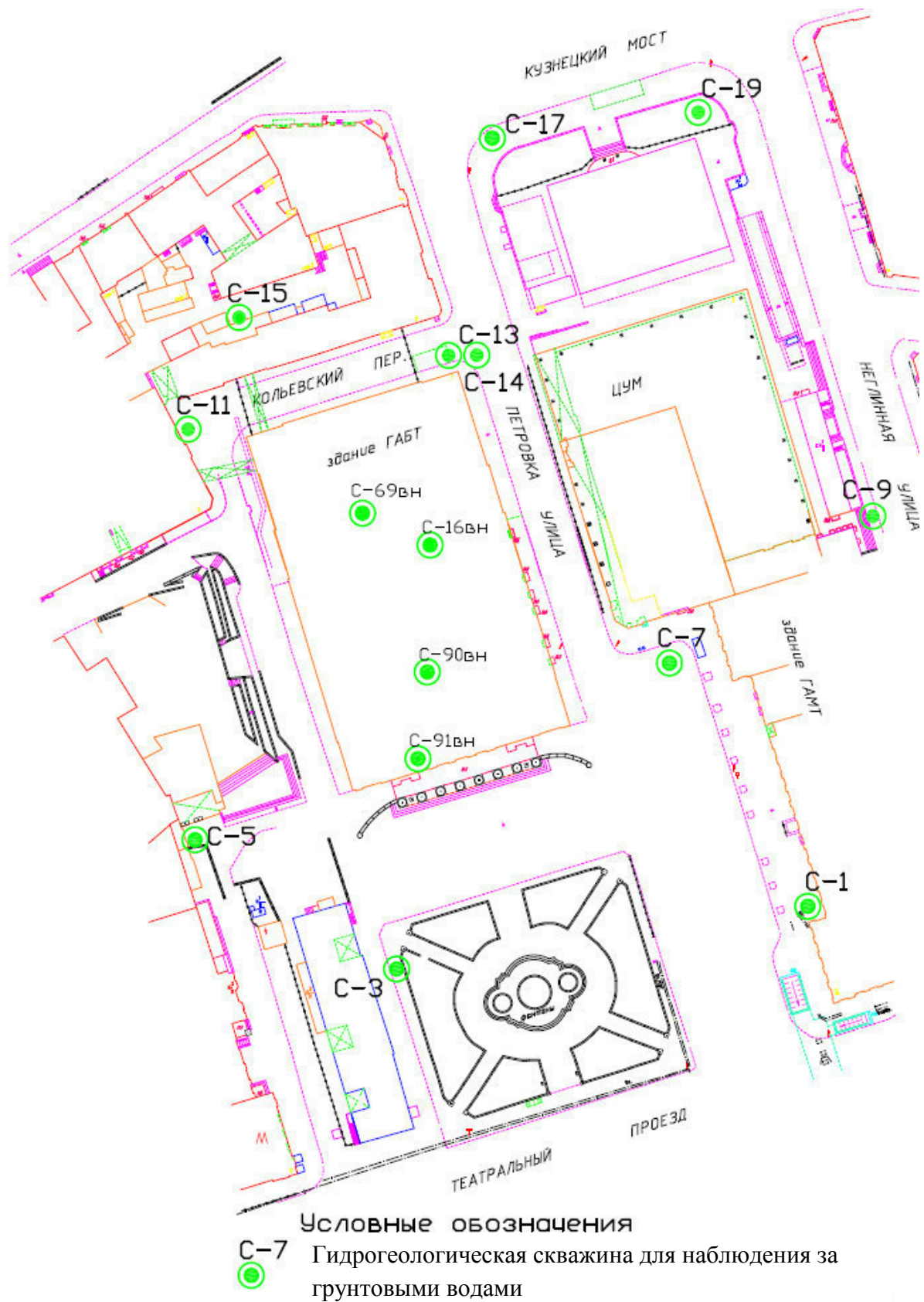


Рис. 4.13. Схема расположения наблюдательных скважин ООО «СК «КРЕАЛ» для грунтового водоносного горизонта

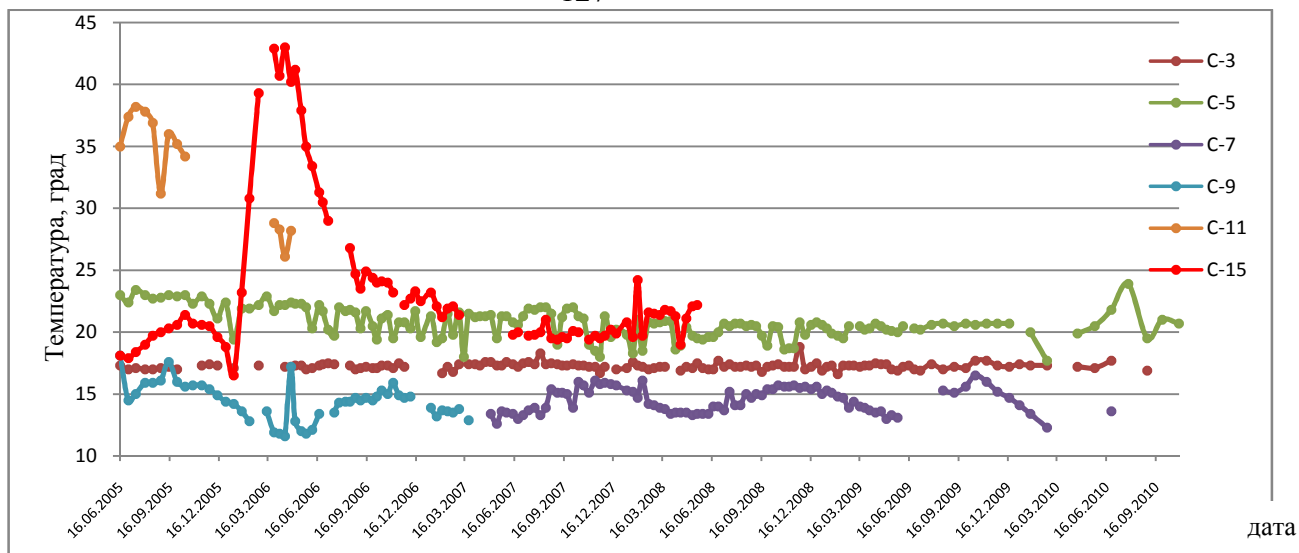


Рис. 4.14. Графики мониторинга изменения температуры грунтовых вод, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (Технические отчеты. Мониторинг состояния здания ГАБТ России, 2004-2010).

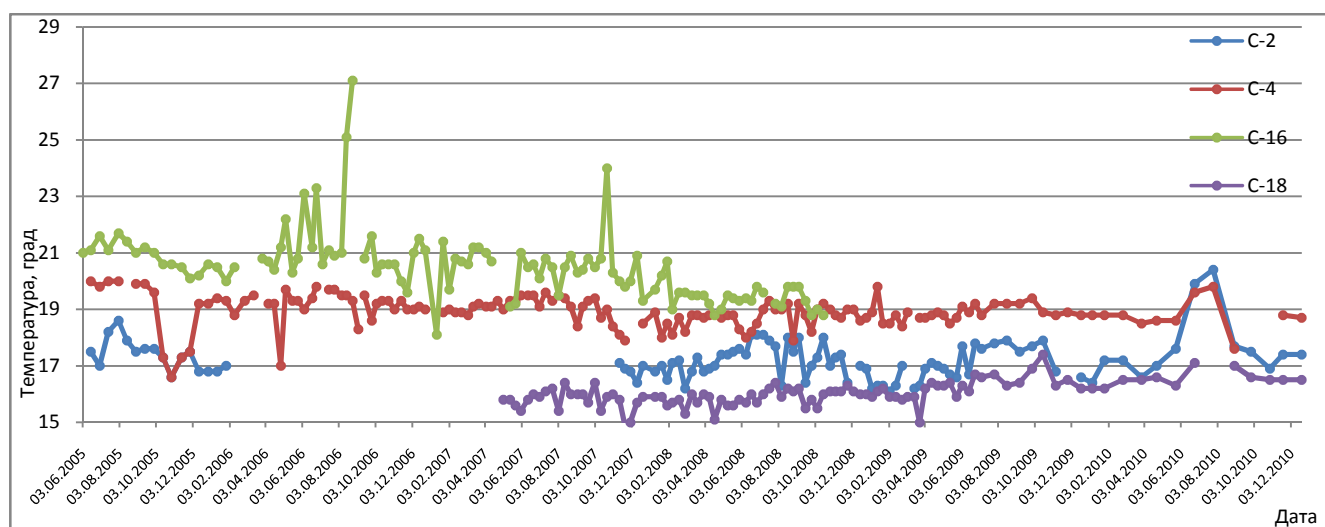


Рис. 4.15. Графики мониторинга изменения температуры перхуровского водоносного горизонта, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (Технические отчеты. Мониторинг состояния здания ГАБТ России, 2004-2010).

4.3.3. Изменение рельефа территории

За длительную историю Москвы, в результате многочисленных перепланировок (проходки рвов (например, вокруг Кремлевской стены глубиной 12 м), засыпки оврагов, русел рек, осушения болот и т.п.), возведения сооружений и разнообразных перестроек (в том числе масштабного строительства после частых пожаров, крупнейшим из которых был 1812 года) рельеф территории центральной части города существенно видоизменился. Если вплоть до XV-XVI вв. здания и сооружения встраивались в существующий природный ландшафт, подчиняясь

сложившимся в нем взаимосвязям, то уже начиная с XV века все большее значение начинает приобретать силовая функция в использовании ландшафтов для утилитарных целей. Возрастающая концентрация населения и стремление к более правильной геометрии поселений привели к практике искусственного выравнивания рельефа.

Подобные изменения проявляются в формировании новых микро- и мезоформ рельефа несвойственных для естественной обстановки, накоплении больших мощностей насыпных грунтов, трансформации естественных областей питания, движения и разгрузки подземных вод. Существенным аспектом трансформации рельефа территории, прилегающей к историческим зданиям, является применение искусственных покрытий (брусчатки, асфальта и т.п.).

Одним из основных источников информации об изменениях рельефа служит анализ мощностей насыпных грунтов на исторических территориях. Например, по значительным перепадам мощностей насыпных грунтов можно идентифицировать засыпанные понижения рельефа, русла рек, овраги и т.п. Характерным примером формирования толщи насыпных отложений, как результата развития застройки территории и многочисленных перепланировок, является территория современной Театральной площади (см. рис. 4.1 и Главу 2).

Анализ изменений рельефа является важной составляющей реконструкции первоначальных инженерно-геологических условий территории, на которой располагается историческое здание, которая, в свою очередь, служит отправной точкой для анализа динамики развития ИЛТС.

4.3.4. Изменение состава, структуры и свойств грунтов

При оценке состояния ИЛТС необходимо учитывать, что исходные (существовавшие на момент ее создания) значения показателей состояния геологической подсистемы достоверно неизвестны. На момент проведения инженерно-геологических изысканий и обследования грунтов основания фундаментов объектом исследования является система уже подвергшаяся различного рода преобразованиям.

Изменения состава, структуры и свойств грунтов, залегающих в пределах сферы взаимодействия, происходят на протяжении всей истории ИЛТС под воздействием внутренних процессов в системе (например, разложения органического вещества в техногенных или органоминеральных грунтах) и внешних воздействий различной природы. Также состав, структура и свойства грунтов основания могут направленно меняться при реализации мероприятий технической мелиорации (цементации, силикатизации и т. д.) или в результате деятельности микроорганизмов.

В рамках одной ИЛТС влияние технической подсистемы на геологическую выражается в изменении естественного напряженного состояния грунта под воздействием дополнительных (к природным) нагрузок от сооружения (для ИЛТС это, как правило, статические нагрузки),

изменении влажностного и теплового режима грунтового массива в результате работы инженерных систем здания.

Воздействие на ИЛТС других литотехнических систем города проявляется в изменении напряженно-деформированного состояния грунтового массива в результате дополнительных статических нагрузках от соседних сооружений, появления в подземном пространстве новых сооружений, изменения гидродинамической обстановки; динамических нагрузках (от метрополитена и наземного транспорта); загрязнении геологической среды.

Изменения свойств грунтов основания зависят от характера, величины и времени действия нагрузок, типа грунта и его первоначальных характеристик. Показатели физико-механических свойств могут изменяться разнонаправленно. Они могут как улучшаться, например, в результате дополнительного уплотнения грунтов, так и ухудшаться, в результате замачивания грунтов основания, суффозионного выноса песчаных частиц при утечках из водонесущих инженерных сетей и т. д.

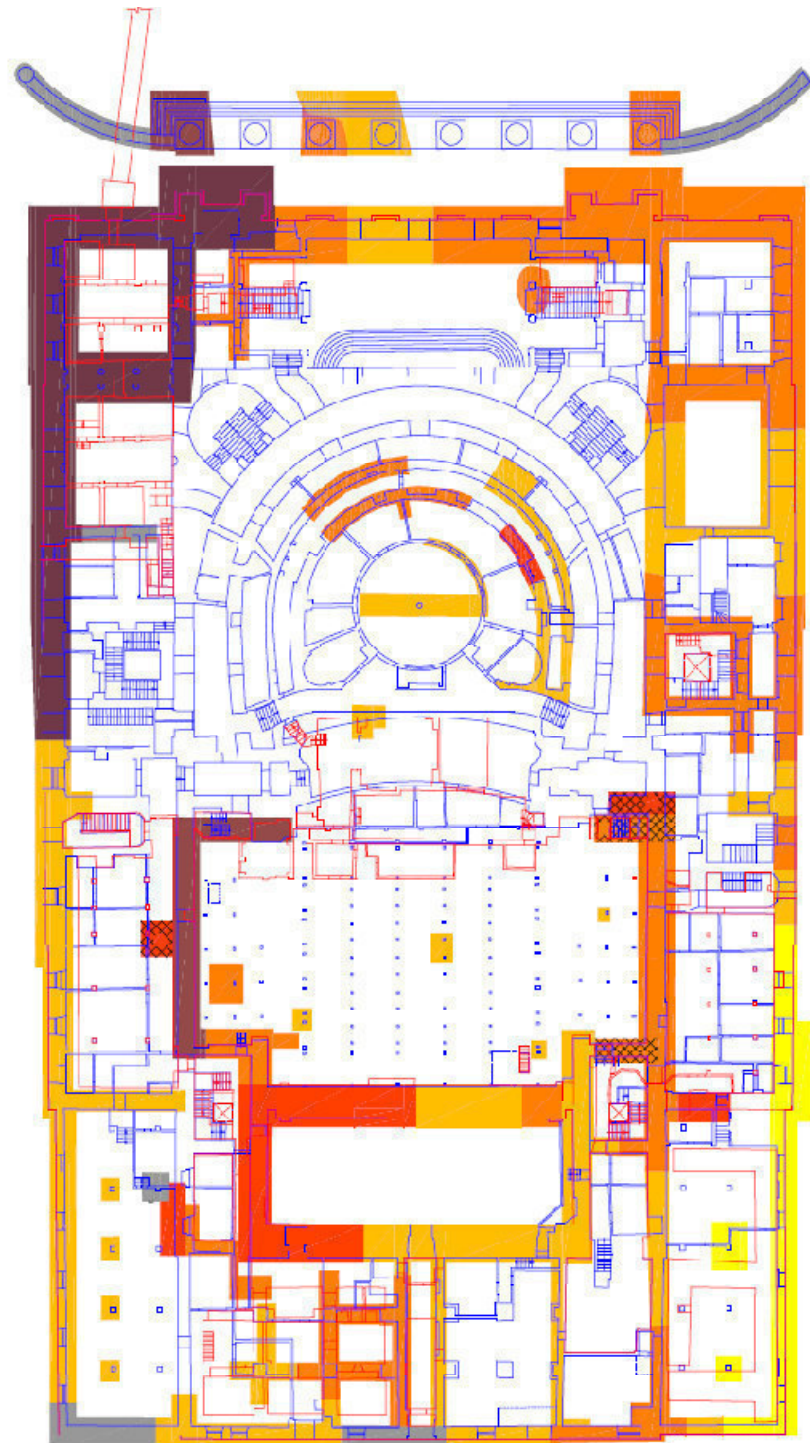
Реакция геологической подсистемы на техногенные воздействия различной природы во многом определяется ее неоднородностью. Причем это может быть неоднородность как грунтов в пределах всей сферы взаимодействия, так и грунтов, служащих основаниями фундаментов.

Так, для ИЛТС исторического здания ГАБТ РФ (до реконструкции) была характерна крайняя разнородность грунтов основания фундаментов (от глин и суглинков в юго-восточной части здания до гравийных грунтов в основании северо-западной части здания) и, соответственно, различие показателей физико-механических характеристик грунтов. Карта грунтов основания исторического здания ГАБТ, по данным ООО «СК «КРЕАЛ», представлена рис. 4.16. На карте прослеживается увеличение дисперсности аллювиальных отложений в направлении с юго-востока на северо-запад, что соответствует направлению понижения абсолютных отметок кровли дочетвертичных отложений.

Неоднородность и, соответственно, неравномерная сжимаемость, грунтов основания, особенно в случае наличия в пределах активной зоны слабых грунтов, является одной из возможных или потенциально возможных причин неравномерных осадок здания.

Для региональной ИЛТС, относящейся к историческому центру Москвы, в целом характерна высокая изменчивость геологического и геоморфологического строения. В историческом центре, согласно геоморфологической схеме (Москва. Геология и город), представлены все типы геоморфологических элементов, распространенных на территории города (пойма, надпойменные террасы, моренная и флювиогляциальная равнины), что определяет особенности геологического строения территории.

Существенную роль для элементарных и локальных ИЛТС играет наличие на древних эрозионных врезках: основные особенности геологического строения в пределах активной зоны для ИЛТС МГК и ГАБТ связаны с размывом водоупора из юрских глин на части изучаемых территорий (см. рис. 2.5).



Условные обозначения:

Грунты, залегающие под подошвой фундаментов

	насыпные грунты		пески мелкие;
	крупные и гравелистые пески;		пески пылеватые;
	пески средней крупности;		супеси;
	суглинки;		выявленная силикатизация грунтов под подошвами фундаментов.

Рис. 4.16. Грунты основания, залегающие непосредственно под фундаментами исторического здания ГАБТ (ООО «СК «КРЕАЛ», 2004)

В современной строительной практике обследование грунтов основания и грунтового массива в пределах активной зоны сооружения в большинстве случаев выполняется с целью определения причин деформаций. В то время как периодический контроль состава, состояния и свойств грунтов позволяет заблаговременно выявить негативные изменения и принять меры, не дожидаясь реакции технической системы в виде неравномерных осадок и аварийных деформаций. В связи с этим, исследования грунтов основания должны являться обязательной частью мониторинга ИЛТС.

4.3.5. Активизация инженерно-геологических процессов

Инженерно-геологические процессы играют важную роль в функционировании литотехнических систем. Инженерно-геологические процессы, в отличие от природных экзогенных, развивающихся на изучаемой территории, связаны с антропогенной деятельностью, локально распространены и характеризуются более высокой интенсивностью. Очень часто результаты действия инженерно-геологических процессов проявляются только на поздних этапах существования ИЛТС в виде развития деформаций сооружения (Пашкин, 1984, 1998). К особой категории инженерно-геологических процессов относятся процессы, ранее имевшие место в пределах изучаемой территории и существенно интенсифицировавшиеся в результате техногенных воздействий. Следует отметить, что историческим зданиям в виду их возраста и значительного физического износа конструкций, даже незначительные для современных сооружений процессы могут нанести существенный урон.

Поэтому при обосновании мониторинга должны быть выделены основные процессы, влияющие на сохранность ИЛТС и определяющие текущую и потенциально возможную динамику ее развития.

В пределах исторического центра Москвы основные риски связаны с развитием суффозионных и карстовых процессов, подтоплением, развитием криогенного пучения грунтов слоя сезонного промерзания, образованием техногенных (технолитогенез) и других слабых грунтов (например, при разуплотнении песчаных грунтов в результате динамических воздействий или увеличении влажности грунтов при образовании техногенного водоносного горизонта), а также формированием различных техногенных физических полей. На рис. 4.17 приведен фрагмент карты распространения геологических процессов и явлений в центре Москвы.

Согласно Карте опасности древних карстовых форм и современных карстовых и суффозионных процессов (2009) (рис. 4.18), большая часть исторического центра является потенциально опасной в отношении карстовых и суффозионных процессов. Особую опасность представляют тальвеги и борта погребенных речных долин, в пределах которых размыт региональный юрский водоупор.

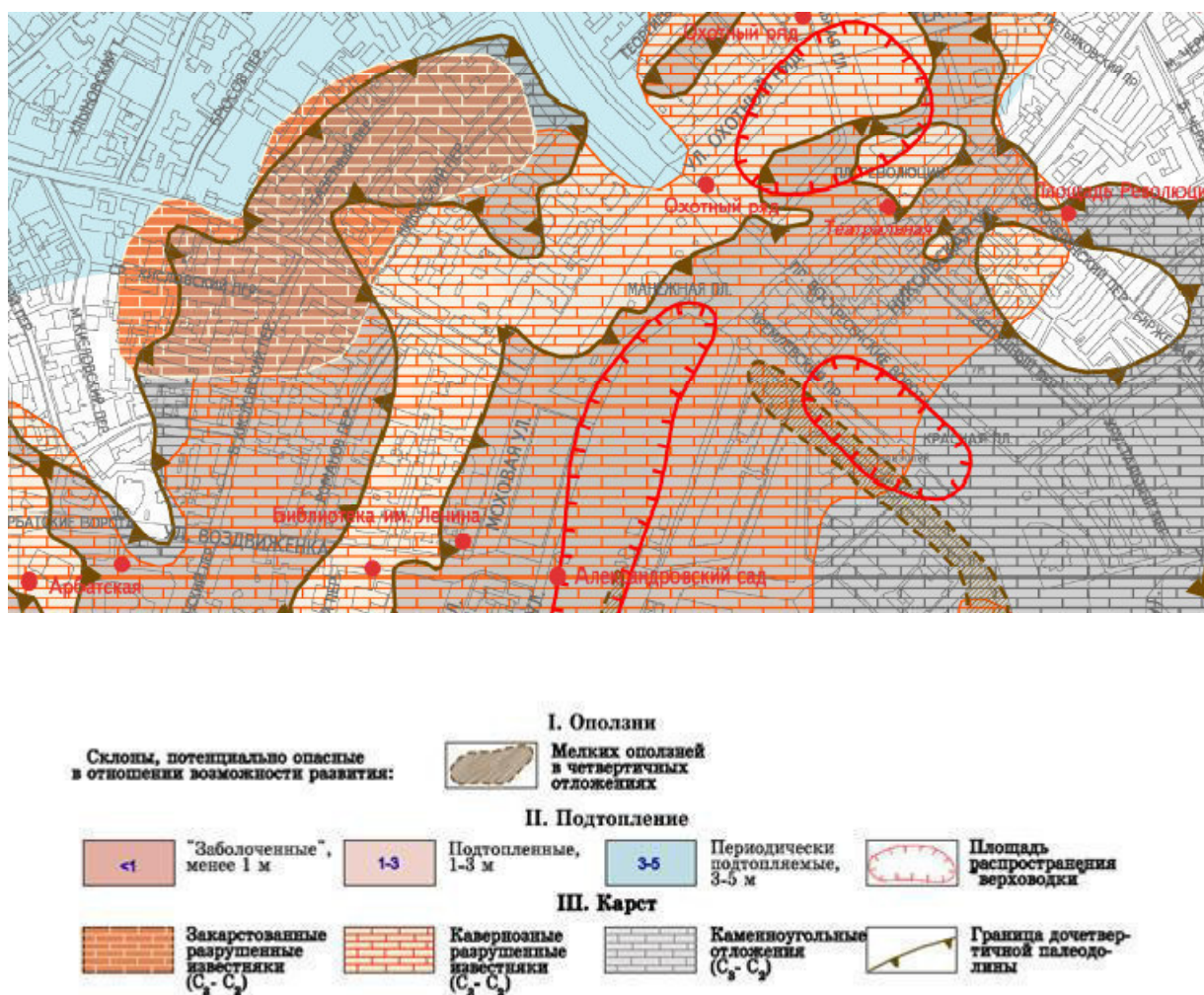
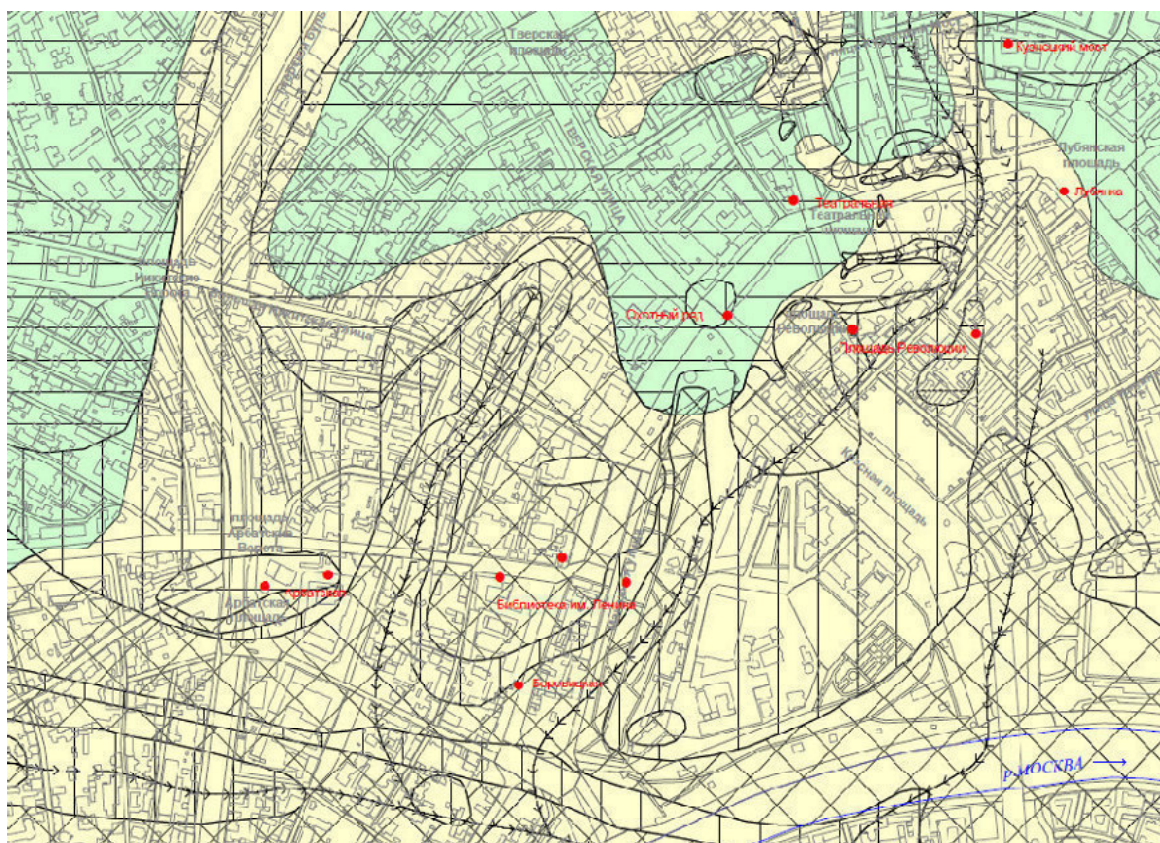


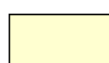
Рис. 4.17. Фрагмент карты распространения геологических процессов и явлений в центре Москвы (Геологический атлас Москвы..., 2010)

Согласно карте инженерно-геологического районирования территории Москвы (Голодковская, Лебедева, 1984), большая часть исторического центра города располагается в пределах района № 10 – территории глубоких доледниковых эрозионных врезов (см. рис. 4.19).

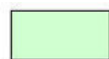
Доледниковые эрозионные врезы выполнены нижнечетвертичными аллювиальными разнозернистыми песками, иногда глинами, суглинками и супесями общей мощностью до 15 м. На древнеаллювиальных песках залегают флювиогляциальные и озерные пески, перекрываемые аллювиальными песками поймы или надпойменных террас. Общая мощность четвертичных песков в районах переуглублений достигает 40-60 м. В пределах древних доледниковых долин четвертичные отложения залегают непосредственно на каменноугольных карбонатных породах. За пределами древних погребенных долин сохранились юрские глины, на размытой поверхности которых залегают четвертичные, преимущественно песчаные отложения мощностью до 25 м.



Категории опасности современных карстовых и
суффозионных процессов



Опасная



Потенциально опасная

Категории опасности древних карстовых форм



Опасная



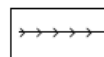
Потенциально опасная



Неопасная



Тальвеги погребенных эрозионных
врезов доюрского возраста



Тальвеги погребенных эрозионных
врезов доледникового возраста

Рис. 4.18. Фрагмент карты опасности древних карстовых форм и современных карстовых и суффозионных процессов (Москомархитектура, ГУП «Мосгоргеотрест», ИГЭ РАН им. Е.М. Сергеева, НПП «Георесурс», 2009)



Условные обозначения

Номер района	Типовой геологический разрез	Номер района	Типовой геологический разрез	Номер района	Типовой геологический разрез
3		4		5	
10		11		12	
13		1-13 инженерно-геологические районы, 2 - пески, 3 - суглинками с валунами и галькой, 4- суглинки, 5- глины, 6 - известняки, 7 - оползневые накопления			

Рис. 4.19. Фрагмент схемы инженерно-геологического районирования территории Москвы
(Голодковская, Лебедева, 1984)

К центральным частям погребенных долин часто приурочены слабые водонасыщенные грунты, повышенные водопритoki и изменение гидродинамической обстановки, развитие суффозионного выноса и провалообразование.

На территории Москвы сформировалось два типа карстовых форм – карстовые формы в растворимых породах и в нерастворимых породах, перекрывающих закарстованные формы (Кутепов, Кожевникова, 1989). При этом активизация современного карста обусловлена интенсивной эксплуатацией каменноугольного водоносного горизонта.

Наибольшую опасность для зданий и сооружений представляют формы второй группы, проявляющиеся на поверхности в виде провалов и оседаний земной поверхности. Причиной таких деформаций является суффозионный вынос четвертичных песков в карстовые полости, каверны и трещины. На участках, где закарстованные известняки отделены от четвертичных песков слабопроницаемым слоем глин, происходит разрушение этого слоя, вызывая начало суффозии, и появление провала на поверхности. Установлено, что разрушение глинистого слоя происходит под действием гидродинамического давления (Кутепов, Кожевникова, 1989).

При детальном анализе инженерно-геологических условий в пределах площадок отдельных зданий или их комплексов могут выделяться потенциально опасные и неопасные участки.

Одним из известных случаев проявления карстовых и суффозионных процессов в историческом центре является активизация этих процессов в 1987-1989 гг. в пределах площадки Малого театра, находящегося в непосредственной близости от здания ГАБТ.

Помимо провалообразования, связанного с карстовыми процессами, провалы и оседания на земной поверхности или разуплотненные зоны в толще песчаных грунтов могут формироваться в результате прорыва водонасыщенного песчаного и разжиженного глинистого материала в подземные горные выработки, размыва и суффозионного выноса рыхлого материала за счет утечек из водонесущих коммуникаций и канализационной сети, за счет обрушения искусственно созданных подземных пустот и сооружений (погребов, подвалов, колодцев), уплотнения насыпных грунтов (Москва. Геология и город).

Примером разрушительных последствий провалообразования является провал, произошедший в ночь с 13 по 14 мая 1998 года на ул. Большая Дмитровка (см. рис. 4.20). Глубина провальной воронки на составила 12-18 м, диаметр – 15-20 м. В зоне провальной воронки оказалось двухэтажное деревянное здание, которое частично обрушилось (см. рис.4.21).

Причиной провала стал прорыв водонасыщенных песков в строящийся коллектор глубокого заложения при проходке тоннеля коллектора участка погребенного вреза (древнего оврага), сформированного одним из притоков р. Неглинной.

Другим опасным инженерно-геологическим процессом, развитым в пределах исторического центра Москвы, является подтопление, происходящее в результате техногенного подъема уровня грунтовых вод.



Рис. 4.20. Провал на ул. Большая Дмитровка



Рис. 4.21. Разрушение дома № 18 по ул. Большая Дмитровка

Подтопление территорий может приводить к ухудшению прочностных и деформационных свойств грунтов в результате повышения влажности в основании сооружений, активизации карстовых и суффозионных процессов из-за увеличения градиентов и скоростей фильтрационного потока (Шестаков, 2001), затоплению подвалов, выщелачиванию и разрушению материалов фундаментов исторических зданий, выполненных преимущественно из известняка. Подтопление может быть связано с утечками из водонесущих коммуникаций, которые на участках старой застройки характеризуются высокой степенью износа. В этом случае оно, как правило, имеет локальное распространение. Также подтопление может быть вызвано освоением подземного пространства и сопровождающим его «барражным эффектом» от появления новых объектов на пути потока подземных вод.

Так, при реконструкции Большого театра с заглублением подземной части до отметки 22,0 м «стена в грунте» перекрыла два водоносных горизонта – надъюрский и измайловский.

Наибольшие изменения уровней подземных вод произошли в надъюрском грунтовом водоносном горизонте. Согласно прогнозу изменения гидрогеологических условий, выполненному ООО «СК «КРЕАЛ», повышение уровня грунтовых вод в результате «барражного эффекта» ожидалось на участках, прилегающих к северо-западной, северной, северо-восточной и восточной внешним сторонам «стены в грунте», максимальная прогнозная величина повышения уровней подземных вод надъюрского водоносного горизонта составила 1,8-2,0 м. Средняя прогнозная глубина залегания уровня грунтовых составила 5-6 м. С учетом среднемноголетней амплитуды колебания уровня подземных вод максимальная прогнозная глубина на отдельных участках может уменьшаться до 3-4 м. На участках, прилегающих к южной и юго-восточной сторонам проектируемой «стены в грунте», уровень грунтовых вод должен был снизиться на 0,2-0,3 м.

На рис. 4.22 представлена прогнозная карта изменения уровней надъюрского водоносного горизонта.



Рис. 4.22. Прогнозная карта изменению уровней надъюрского водоносного горизонта в результате реконструкции ГАБТ РФ (Прогноз изменения гидрогеологических условий, ООО «СК «КРЕАЛ», 2004)

Несмотря на то, что прогнозируемые изменения уровней подземных вод были в пределах среднемноголетних и сезонных колебаний, с учетом неглубокого залегания уровня грунтовых вод, «барражный эффект» от строительства мог вызвать подтопление зданий исторической застройки и подземных коммуникаций.

В отдельную группу можно отнести процессы, возникающие в результате разнообразных взаимодействий геологической и технической подсистем ИЛТС или отдельных их компонентов. К таким процессам относятся описанные выше процессы образования вод типа «верховодка» и фундаментных вод; изменение свойств грунтов, залегающих в активной зоне и непосредственно под подошвами фундаментов; влагоперенос из грунта в стены; криогенное пучение и др.

При обосновании мониторинга ИЛТС должны быть учтены как типичные для исторического центра инженерно-геологические процессы, так и процессы, происходящие внутри данной системы, при этом диагностика осуществляется как для опасных, так и потенциально опасных (для данной ИЛТС) процессов.

Прогнозный блок мониторинга должен включать в себя прогноз развития инженерно-геологических процессов. При этом нужно учитывать не только существующую геодинамическую обстановку, но и те процессы, которые происходили на площадке в течение всей истории существования ИЛТС, а также потенциальную возможность возникновения или активизации процессов с течением времени (в т. ч. наличие предпосылок для возникновения того или иного процесса).

Все выделенные особенности геологической подсистемы ИЛТС (наличие техногенных грунтов, изменение гидрогеологических условий, рельефа территории, состава, строения и свойств грунтов, активизация инженерно-геологических процессов) взаимосвязаны и взаимообусловлены. Основные особенности геологической подсистемы ИЛТС связаны с техногенными изменениями инженерно-геологических условий территорий, на которых расположены исторические здания. При этом в качестве источника техногенных воздействий может выступать как техническая система самой ИЛТС, так и других ЛТС города. Комплексная оценка состояния геологической подсистемы ИЛТС для целей обоснования ее мониторинга должна включать в себя: инженерно-геологические изыскания на площадке размещения здания-технической подсистемы и, по возможности, на соседних территориях; обследования грунтов основания исторического здания, в том числе залегающих непосредственно под подошвами фундаментов; ретроспективный анализ изменения инженерно-геологических условий на протяжении всего времени существования ИЛТС; анализ основных техногенных воздействий на геологическую подсистему; прогноз изменения состояния геологической подсистемы (отдельных ее компонентов) в краткосрочной и долгосрочной перспективах.

4.4. Особенности технической подсистемы литотехнических систем историко-культурных сооружений

Среди особенностей технической подсистемы ИЛТС, которые должны быть учтены при ее мониторинге можно выделить ее возраст, уникальность, конструктивные особенности и особенности эксплуатации.

4.4.1. Возраст

ИЛТС – это литотехнические системы, характеризующиеся длительным и сверхдлительным временем существования. Согласно Г.К. Бондарiku (2009), основными этапами существования ЛТС являются развитие, функционирование и ликвидация. При этом для ИЛТС этап ликвидации наступать не должен.

Понятие «возраст ИЛТС» не сводится к определению даты постройки здания. Конкретное здание часто существенно моложе, чем ИЛТС, технической подсистемой которой она является. Связано это с тем, что на протяжении всей истории своего существования здания могли многократно перестраиваться или строиться заново. Это хорошо иллюстрируют истории строительства зданий ГАБТ и МГК (см. главу 2).

Время существования ИЛТС превышает регламентные сроки службы строительных материалов. При прочих равных условиях вероятность наступления кризисного периода для ИЛТС выше, чем для обычных ЛТС, в первую очередь, в виду значительного физического износа.

Причиной многочисленных деформаций исторических зданий также является тот факт, что они изначально не были рассчитаны на современные статические и динамические нагрузки. В связи с чем мониторинг данных систем должен осуществляться как в периоды реконструкции и кризисные периоды (как и для обычных ЛТС), так и в периоды эксплуатации для предотвращения развития деформаций, которые в последствии могут нанести существенный урон историческим зданиям. Подобный подход в определенной степени нашел отражение в действующих нормативных документах, в которых закреплены увеличенные сроки проведения мониторинга по сравнению со зданиями типовой массовой застройки, а также обязательность обследования зданий-памятников каждые пять лет.

По возрасту здания (комплекса зданий) можно сделать ориентировочное заключение о технических решениях, конструктивных особенностях и строительных материалах, используемых при его строительстве. В пределах локальных и региональных ИЛТС взаимодействующие здания часто имеют различный возраст.

Подавляющее большинство исторических зданий в центре Москвы относится к периоду XVIII - начала XX вв., к т.н. периоду нового и новейшего времени, для которого характерна

ассимиляция русским зодчеством опыта европейской архитектуры, введение проектного чертежа, применение образцового проектирования, архитектурного формообразования и регулярного градостроительства, совершенствование и усложнение композиционных решений.

4.4.2. Уникальность

Многие ИЛТС (центра Москвы и др. регионов) являются уникальными как в связи с их исторической ценностью, так и с точки зрения технических решений, которые были применены при возведении зданий и сооружений и их последующих перестройках и реконструкциях. Уникальность и чрезвычайное многообразие диктует предъявление повышенных требований и необходимость применения особого подхода к инженерно-геологическим изысканиям и мониторингу исторических территорий.

4.4.3. Конструктивные особенности

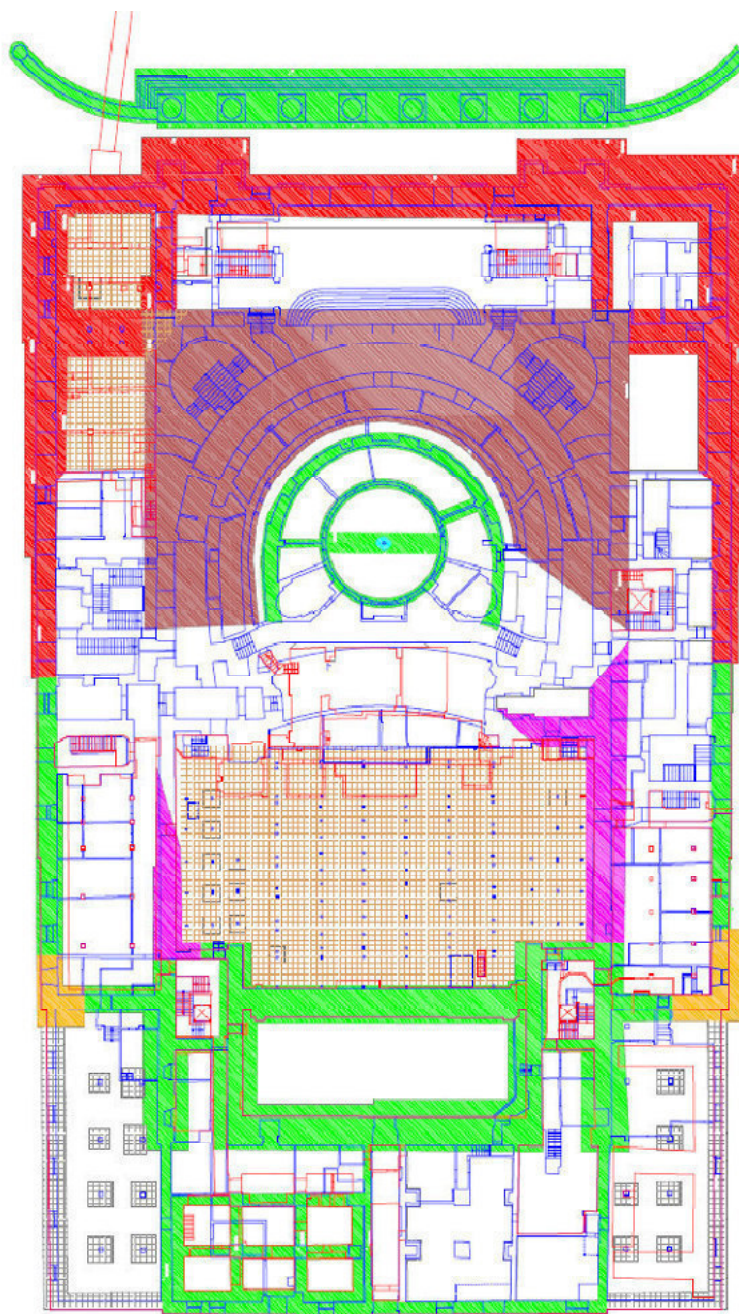
Важными конструктивными особенностями, характерными для технических подсистем многих ИЛТС, тесно связанными с длительным временем их существования, является унаследованность и «многослойность». Многие исторические здания располагаются на месте более ранних сооружений.

Облик исторических зданий на протяжении истории их существования может изменяться до неузнаваемости в виду многочисленных пристроек, перестроек, перепланировок и реконструкций, документальные подтверждения которых часто отсутствуют. Фундаменты исторических зданий могут существенно отличаться по геометрическим параметрам и глубине заложения в результате разновременности возведения и неоднократно выполненных работ по подведению новых и ремонту старых фундаментов в различных частях здания.

Подобное развитие системы приводит к тому, что с течением временем распределение нагрузок по подошве фундамента может существенно изменяться (например, в результате разного давления оказываемого на грунты основания основным зданием и, как правило, более легкими пристройками), формируются зоны концентрации напряжений, приуроченные к погребенным фундаментам более ранних построек, сооружение перестает быть целостной системой – в его пределах формируются отдельные блоки, что приводит к развитию неравномерных деформаций. «Слои» технической подсистемы могут существенно различаться по возрасту и, соответственно, конструктивным особенностям, используемым строительным материалам и степени их сохранности.

Выявление разновозрастных «слоев» и блоков является трудоемкой задачей, однако, ее решение необходимо для проектирования оптимальной сети режимных наблюдений изучаемых ИЛТС.

ИЛТС ГАБТ (до реконструкции) служит характерным примером «многослойности» технической подсистемы. На рис. 4.23 приведена схема фундаментов здания ГАБТ различных возрастов.



Условные обозначения:

- | | | | |
|---|---|--|--|
|  | - вероятно остатки фундаментов 1780 г.; |  | - фундаменты, заложенные в 1856 г. Кавосом, усиленные в 1923 г. Рербергом; |
|  | - фундаменты, заложенные в 1825 г. Бове; |  | - фундаменты, заложенные в 1923 г. Рербергом; |
|  | - фундаменты, подведенные заново в 1895 году, вероятно под фундаменты Кавоса или Бове; |  | - фундаменты, заложенные в 1930-х годах; |
|  | - фундаменты, заложенные в 1856 г. Кавосом, возможно использованы фундаменты Бове 1825 г. (в 1930-х годах частично только с одной стороны подведены); |  | - фундаменты, заложенные в 1957 году; |

Рис. 4.23. План фундаментов различного возраста исторического здания ГАБТ (ООО «СК «КРЕАЛ», 2004)

Исторические фундаменты здания ГАБТ имеют различные геометрические параметры, глубины заложения и степень сохранности, что связано с тем, что они возводились в разные периоды времени (1780, 1824, 1856, 1923, 1930 и 1957 гг.).

Реконструкцию зданий ГАБТ и МГК с освоением подземного пространства и устройством новых фундаментов можно рассматривать как образование нового «слоя» в технической подсистеме ИЛТС, относящихся к этим зданиям.

Унаследованность технических подсистем часто может проявляться в том, что появившиеся на ранних этапах существования ИЛТС «слабые места», проявляют себя с той или иной периодичностью (например, периодически случавшиеся деформации стены зрительного зала или колонн портика ГАБТ).

При оценке функционирования технической подсистемы ИЛТС следует учитывать, что исторические здания не соответствуют современным строительным нормам, которых на момент их постройки просто не существовало.

Региональные конструктивные особенности комплексов взаимодействующих сооружений во многом обуславливаются региональными инженерно-геологическими условиями и исторически сложившейся строительной практикой.

4.4.5. Особенности эксплуатации

Еще одной характерной чертой технической подсистемы являются особенности эксплуатации сооружения на протяжении всего времени существования ИЛТС. Функциональное назначение и режим эксплуатации, определяющий статические и динамические нагрузки, тепловой режим, водопотребление и т.п., характеризуют техногенные воздействия на геологическую среду. Следует отметить, что функциональное назначение исторических зданий может изменяться с течением времени, например, здание завода может стать музеем как здание фабрики «Красный октябрь» в Москве и т. п..

Здания ГАБТ и МГК относятся к сооружениям культурно-зрелищного назначения и являются памятниками истории и культуры РФ.

Подобное функциональное назначение подразумевает более щадящую эксплуатацию по сравнению с жилыми или производственными зданиями, а также предполагает более тщательное отношение к соблюдению требований безопасности для находящихся в нем людей.

Нагрузки, оказываемые рассматриваемыми зданиями на грунты основания, являются статическими (нагрузка от собственного веса здания). Динамические воздействия, возникающие при работе различных механизмов, например, при смене декораций, пренебрежимо малы.

Важной особенностью является то, что время действия нагрузок в виду возраста исторических зданий существенно выше, чем для современных зданий, а величины нагрузок, как правило, ниже в связи с невысокой этажностью и небольшим заглублением.

Для рассматриваемых зданий характерно зональное распределение напряжений в кладке стен и фундаментах и под подошвами фундаментов, связанное с наличием в них различных зон (сценической, зрительной, административной, технической), существенно различающихся по конструктивным особенностям и величинам оказываемых нагрузок.

Статус зданий определяет, как правило, более пристальное внимание к их состоянию и существенные ограничения при производстве ремонтов и реконструкций, в т.ч. при применении средств инженерной защиты, так как помимо восстановления эксплуатационных характеристик необходимо сохранить исторический облик здания.

Основные особенности технических подсистем ИЛТС обусловлены их возрастом и длительной историей функционирования. Как и в случае геологической подсистемы, состав, строение и состояние технической подсистемы ИЛТС изменяются на протяжении всего времени ее существования, а первоначальные показатели состояния достоверно неизвестны. При оценке состояния технической подсистемы необходима адаптация подходов, применяемых к современным зданиям, с учетом возраста ИЛТС и произошедших с ней изменений.

4.5. Оценка устойчивости функционирования как новый подход к оценке состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений

На основании выделенных характерных особенностей ИЛТС можно сделать вывод о том, что состояния ИЛТС напрямую определяет ее функционирование. В качестве характеристики состояния ИЛТС может быть использована ***устойчивость ее функционирования***, являющаяся одним из базовых эмерджентных свойств природно-технических систем.

При оценке устойчивости функционирования исторических литотехнических систем следует иметь в виду, что одним из основных возмущающих воздействий по отношению к ним является их техническая подсистема, а также то, что условия, обуславливающие изначальную устойчивость геологической подсистемы (рельеф, состав, состояния и свойства грунтов, подземные воды), претерпевают существенные изменения в результате воздействия факторов городской среды даже в течение относительно коротких исторических промежутков времени. Кроме того ИЛТС обладают определенной инерционностью, так как способны накапливать результаты возмущающих воздействий, не изменяя своей структуры и (или) режима функционирования до некоторого момента времени. ИЛТС способны к восприятию меньших возмущающих воздействий по сравнению с современными ЛТС (это связано с тем, что

возмущающие воздействия накапливались в течение длительного периода времени, существенно превышающего «нормативные сроки» службы строительных конструкций).

Устойчивость системы, в том числе литотехнической, может иметь множество различных факторов, нарушение одного из которых может повлечь за собой нарушения и других, а одни и те же процессы, происходящие в системе (например, неравномерные осадки), могут характеризовать нарушение сразу несколько факторов устойчивости.

Оценка устойчивости может проводиться с точки зрения учета внешних воздействий и реакции системы на такие воздействия. В условиях городской среды часто сложно отделить одно техногенное воздействие от другого и охватить все возможные техногенные воздействия, в связи с чем подход к наблюдению за реакцией системы (процессами, происходящими в ней) представляется более рациональным.

«Устойчивость функционирования» как оценочный критерий состояния ИЛТС в инженерно-геологических целях должна рассматриваться в пространстве и физическом времени.

Среди множества факторов устойчивости, которые должны рассматриваться в рамках обоснования мониторинга ИЛТС, следует выделить типичные для всех ЛТС, вне зависимости от длительности их существования и вида технической подсистемы (пространственный, временной, механический, гидрогеологический и геодинамические), а также специфические виды устойчивости, характерные для исторических ЛТС, к числу которых относятся микроклиматический, микробиологический и эколого-геологический факторы устойчивости и устойчивость исторического облика.

Рассмотрим основные факторы устойчивости функционирования ИЛТС, как базу для оценки состояния ИЛТС для обоснования их мониторинга.

1). Пространственный фактор устойчивости функционирования ИЛТС.

Основываясь на том, что под пространственной устойчивостью систем подразумевается выдержанность связей между отдельными элементами системы (Дашкевич, 1984), пространственный фактор устойчивости функционирования проявляется в способности ЛТС сохранять связи между отдельными подсистемами и отдельными элементами подсистем (для элементарных ИЛТС), а также между отдельными ЛТС в пределах ИЛТС локального уровня в пространстве на всей территории ИЛТС. Нарушение пространственного фактора выражается в потере общего пространственного облика ИЛТС, изменении его внешнего вида, в т. ч. при перестройке, ремонте, реконструкции, и нарушениях пространственной жесткости здания.

2). Временной фактор устойчивости функционирования ИЛТС характеризуется способностью ИЛТС сохранять во времени свою структуру и назначение. Временной фактор находит отражение в повторяемости (цикличности) процессов происходящих в системе (Бондарик, 1981). В связи с чем, одним из основных параметров, на основании которого можно сделать заключение о нарушении временного фактора устойчивости функционирования,

является изменение во времени «траектории движения» системы, которое может выражаться, в том числе, в нарушении характера (режима, знака, скорости, цикличности и равномерности) горизонтальных и вертикальных перемещений системы и ее компонентов друг относительно друга во времени. В отличие от иных сооружений для ИЛТС этот фактор устойчивости может проявляться в течение нескольких сотен (а иногда и тысяч) лет. В ходе мониторинга этот аспект устойчивости оценивается на базе ретроспективного анализа (в т.ч. на базе археологических и архивных материалов), а также оценки параметров других факторов устойчивости функционирования.

3). Механический фактор устойчивости функционирования ИЛТС проявляется в физико-механической стабильности отдельных компонентов системы при внешних воздействиях различной природы, в том числе техногенных, и способности отдельных компонентов системы воспринимать фактически действующие нагрузки (см. раздел 4.5.1).

4). Геодинамический фактор устойчивости функционирования ИЛТС проявляется в устойчивости системы по отношению к инженерно-геологическим процессам (существующим и потенциально возможным). Нарушения этого фактора проявляется в возникновении неблагоприятных инженерно-геологических процессов или активизации уже существующих в пространстве геологической среды, взаимодействующим с данной ИЛТС (см. раздел 4.5.2). В рамках оценки геодинамического фактора устойчивости функционирования ЛТС также могут рассматриваться природные геологические процессы, однако, для ЛТС исторического центра Москвы данные процессы имеют второстепенное значение.

5). Гидрогеологический фактор устойчивости функционирования ИЛТС проявляется в стабильности и оптимальности гидрогеологического режима территории, обеспечивающем сохранность подземных конструкций здания – технической подсистемы. Подземные воды являются наиболее динамичным компонентом инженерно-геологических условий, быстро реагирующим на техногенные воздействия. Подземные воды следует рассматривать как негативный фактор функционирования ИЛТС. В случае контакта подземных вод с фундаментами и подземными частями зданий (подвалами, подклетами и т.д.), происходят нарушения механического (увеличение скорости разрушения материалов строительных конструкций, снижение показателей физико-механических характеристик грунтов основания), геодинамического (развитие процесса подтопления), микробиологического и микроклиматического факторов.

Оптимальным для ИЛТС является отсутствие контакта конструкций технической системы с подземными водами, т. е. если зеркало первого от поверхности горизонта подземных вод располагается от глубины заложения подошвы фундаментов исторических зданий на величину, превышающую величину сезонного колебания уровня. Исключением является ситуация, когда под фундаментами исторического здания располагаются деревянные сваи, сохранность которых обеспечивается только в случае, если они находятся под водой.

По результатам многолетних наблюдений ФГУП «Геоцентр-Москва», в скважине №100695, расположенной по адресу: Н. Кисловский переулок, д. 8, находящейся в аналогичных гидрогеологических условиях с ИЛТС – объектами исследования, величина амплитуды колебания уровня грунтовых вод за период с 1982 по 2005 гг. составила 3 м.

Также для обеспечения устойчивости функционирования важна стабильность режима подземных вод, резкое изменение уровней вод в пределах сферы взаимодействия ИЛТС может вызвать активизацию таких инженерно-геологических процессов как суффозия, карст, оползни. Еще одним важным проявлением нарушения гидрогеологического фактора является образование вод «верховодки» и фундаментных вод.

б). Микроклиматический фактор устойчивости функционирования ИЛТС выражается в стабильности и оптимальности температурно-влажностного режима исторического здания, обеспечивающего сохранность интерьеров, старинных материалов, ценных экспонатов и нахождение в нем людей. Этот фактор устойчивости функционирования ИЛТС характеризуются такими параметрами как: температура и влажность воздуха в помещениях различного назначения (пределы ее изменения для помещений разного типа и назначения: залы, фойе, служебные, складские, фондовые и т.п.); пределы сезонных колебаний температур внутри и вне помещений; влажность стен подвальных помещений и уникальных фундаментных конструкций; вентилируемость воздуха в разных помещениях и т.п. Температурно-влажностный режим зданий характеризуется микроклиматом внутренних конструкций и температурно-влажностным режимом материалов конструкций. Температурно-влажностный режим является динамичной величиной и определяется как климатическими факторами (суточными и сезонными их изменениями), так и состоянием технической подсистемы (ее способностью обеспечивать защищенность внутреннего объема от внешней среды (метеоусловий) и поддерживать заданный микроклиматический режим).

Температурно-влажностный режим здания может меняться на протяжении всего времени его существования (например, появляется отопление, которого не было при постройке, различные пристройки формируют градиенты температуры и меняют характер циркуляции воздуха в помещениях, происходит изменение его функционального назначения и, как следствие, режима эксплуатации (например, здание храма стало музеем, как это произошло с соборами Московского Кремля и т.п.). Параметры температурно-влажностного режима, в т. ч. оптимальные и допустимые значения температуры воздуха, относительной влажности и их соотношение, индивидуальны для каждого исторического здания и определяются его функциональным назначением.

Нарушения микроклиматического фактора устойчивости проявляются в появлении температурных и влажностных аномалий, а также различных высолов, протечек, промерзании стен, изменении циклов «увлажнения-высыхания» конструкций, выпадении конденсата, превышении значений нормальной влажности материалов конструкций. Как правило, они не

приводят к аварийным деформациям зданий (за исключением гниения деревянных конструкций), однако, могут существенно повлиять на сохранность объектов материальной культуры и сформировать неблагоприятные для пребывания в помещениях людей условия.

На рис. 4.24-4.26 представлены примеры нарушения микроклиматического аспекта устойчивости ИЛТС.



Рис.4.24. Колокольня Новодевичьего монастыря. Следы сырости и локальные участки разрушения штукатурного слоя свода перекрытия гульбища 1-го яруса (2004 год)
(фото ООО «СК «КРЕАЛ», 2004)



Рис. 4.25. Здание Солдатского корпуса в музее-заповеднике Измайлово. Намокание наружных и внутренних несущих кирпичных стен подвала (2006 год) (фото автора)

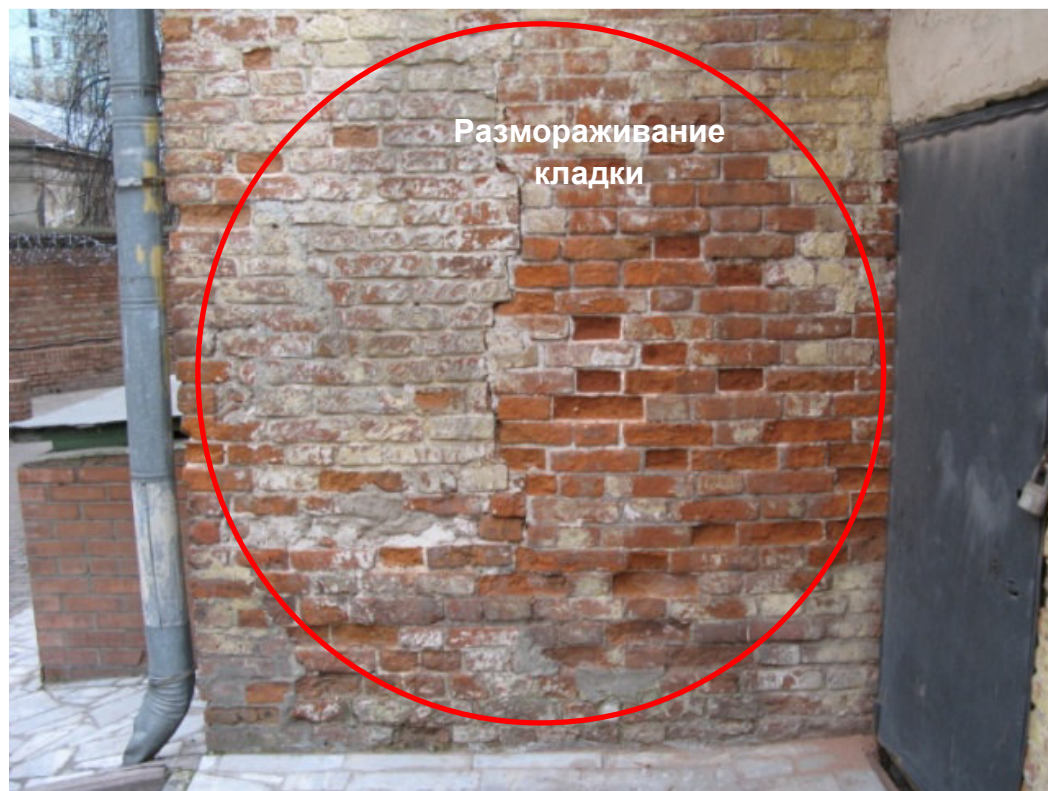


Рис. 4.26. Административное двухэтажное здание ГИТИС по адресу: г. Москва, М. Кисловский пер., д.4, стр. 4. Размораживание кирпичной кладки (2008 год) (фото автора)

7). Микробиологический фактор устойчивости функционирования ИЛТС тесно связан с предыдущим и обусловлен деятельностью микробиоты в пределах геологической и технической подсистем.

В пределах геологической подсистемы активизация деятельности микроорганизмов может привести к изменению свойств грунтов, их минерального состава, структуры, дисперсности (Дашко и соавторы, 2002, 2004; Шидловская, 2003, 2005), что может спровоцировать нарушения механического фактора устойчивости.

Деятельность микроорганизмов может вызывать различные биопоражения (грибок, плесень, налет) конструкций. В ТСН 20-303-2006 (Санкт-Петербург) выделены 4 степени биопоражения в зависимости от площадного распространения, глубины и характера биопоражения: I степень – повреждения отделочного слоя, отсутствие видимых разрушений; II–степень глубокое повреждение отделочных слоев, глубина поверхностного разрушения не более 2 см, локальные участки гнили, глубина повреждения деревянной конструкции не более 20 % сечения; III степень – повреждение поверхности камня на глубину более 5 мм, глубина повреждения деревянной конструкции более 20 %, при IV степени биоповреждению II и III степени подвержено более 50-60% строительных конструкций здания. Четвертая категория соответствует аварийному состоянию здания. На рис. 4.27-4.29 приведены примеры нарушений микробиологического фактора устойчивости функционирования ИЛТС.

При анализе биопоражений имеет значение численность микроорганизмов и их видовой состав. Значение КОЕ (количество колоний образующих единиц) грибов $> 10^4$ на грамм пробы, отобранный в интерьере памятника, позволяет предполагать наличие очагов их развития в зонах деструкции строительных материалов, обычно КОЕ составляет порядка 10^2 (СПП 2007.6).



а)



б)

Рис. 4.27. Здание ФГУК «Политехнический музей» по адресу: г.Москва, Новая площадь, д.3/4. Следы биохимической коррозии: а) – в уровне подвала, б) – в уровне первого этажа (2007 год)
(фото автора)



а)



б)

Рис. 4.28. Здание Государственного Исторического музея по адресу: г. Москва, ул. Никольская, д.5, стр. 1. Разрушение гнилью опорного узла стропильных конструкций на 95% (2006 год)
(фото автора)



Рис. 4.29. Биопоражение отделочного слоя стены в уровне антресоли 6-го этажа здания АТС по адресу: г. Москва, Милютинский пер., д.5, стр. 1 (2006 год) (фото автора)

В рамках оценки микробиологического фактора устойчивости могут быть охарактеризованы подверженность влиянию микробиоты как грунтов основания, так и конструкций (в т. ч. фундаментов) технической подсистемы.

8). Эколого-геологический фактор устойчивости функционирования ИЛТС обусловлен устойчивостью экосистем, взаимосвязанных с сооружениями и комплексами культурно-исторического объекта, включая сохранность прилегающего ландшафта. Вокруг ИЛТС, как правило, формируется специфический искусственный ландшафт, выделяющийся из прилегающей территории. Он может быть образован парками, скверами, расположенными на искусственно созданном рельефе и т.п. Чаще всего он существует длительное время вместе с самой ИЛТС и за этот период в нем формируются специфические искусственные экосистемы. Особую роль они играют в крупных архитектурных ансамблях – монастырях, дворцовых комплексах, усадьбах и т.п. Важными параметрами, определяющими эколого-геологический фактор, являются состояние воздуха, поверхностных вод, почвенного и растительных покровов. Также для «историко-культурных» ландшафтов важными является визуальное сохранение (или наоборот, искажение) исторической среды памятника и эстетических достоинств ландшафта (СРП 2007.6). Не менее важное значение для экосистем ИЛТС имеет учет влияния большого скопления людей (посетителей, туристов, паломников и т.п.).

9). Устойчивость исторического облика ИЛТС – это неизменность исторического архитектурного облика и интерьера объекта культурного наследия. Она тесно связана с пространственной устойчивостью, рассмотренной выше. Этот фактор оценивается в ходе ретроспективного анализа ИЛТС. Оценка устойчивости исторического облика выходит за рамки диссертационного исследования, однако, может быть интегрирована, например, в

балльную систему оценки исторической ценности зданий, например, разрабатываемую в Москве.

В таблице 4.2 представлены различные факторы устойчивости функционирования ИЛТС, их характеристики, признаки нарушения и способы оценки их (факторов устойчивости) параметров.

Комплекс параметров, характеризующих нарушения факторов устойчивости, составляет основу блока «наблюдение» мониторинга ИЛТС.

4.5.1. Критерии оценки механического фактора устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений для обоснования их мониторинга

Вопрос устойчивости геологической среды рассматривается достаточно подробно в работах В.Т. Трофимова, А.С. Герасимовой и Н.С. Красиловой (1994), Г.Р. Хоситашвили (1996), Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисеева (1989), Г.К. Бондарика, Е.Н. Иерусалимской и Л.А. Ярг (2008).

Однако в контексте устойчивости функционирования ЛТС, показатели состояния геологической среды целесообразно рассматривать не сами по себе, а сопоставлять с передаваемыми на них нагрузками - механическим воздействием, основным источником которого, как правило, выступает техническая подсистема ЛТС (здание или сооружение). С учетом режима эксплуатации зданий исторической застройки, основным видом механического воздействия является статическое воздействие от веса здания (зданий, сооружений).

Нарушения механического фактора устойчивости функционирования выражаются в формировании зон концентрации напряжений (перегруженных участков в системе «здание-основание»), деформациях конструкций, образовании трещин, развитии неравномерных осадок здания.

Примеры нарушения механического аспекта устойчивости приведены на рис. 4.30-4.31.

Ключевым элементом ИЛТС являются фундаменты, которые выступают в качестве переходных элементов между надземной частью здания и геологической средой и располагаются в зоне наиболее интенсивных взаимодействий технической и геологической подсистем.

В качестве параметров, характеризующих механический фактор устойчивости функционирования ИЛТС, предлагаются уровни нагружения грунтов основания и фундаментов, характеризующие способность грунтов и фундаментов воспринимать фактически действующие нагрузки от конструкций здания.

Систематизация различных факторов устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений

Фактор устойчивости	Характеристика оцениваемого качества	Признаки нарушения фактора устойчивости	Способы оценки параметров фактора устойчивости
Пространственный	Способность комплексных ЛТС сохранять связи между отдельными подсистемами в пространстве на всей территории ИЛТС	Нарушение общего пространственного облика ИЛТС	Контроль изменения пространственных характеристик зданий (в первую очередь, геодезическими методами), визуальное и инструментальное обследование ИЛТС
Временной	Способность ИЛТС сохранять во времени свою структуру и назначение	Изменение во времени «траектории движения» системы	Наблюдения за эволюцией ИЛТС во времени
Механический	Физико-механическая стабильность отдельных компонентов системы Способность отдельных компонентов воспринимать фактически действующие нагрузки	Формирование зон концентрации напряжений (перегруженных участков в системе «здание-основание»), деформации конструкций, неравномерная осадка здания и т.п.	Инструментальное обследование строительных конструкций, фундаментов и грунтов основания, Наблюдения за напряжениями и деформациями конструкций и основания
Геодинамический	Устойчивость по отношению к инженерно-геологическим процессам (существующим и потенциально возможным)	Оседания земной поверхности, появление оползневых смещений, неравномерные осадки здания и т.п.	Контроль компонентов инженерно-геологических условий, Контроль состояния грунтового основания контроль напряженно-деформированного состояния массива, наблюдения за оседаниями земной поверхности, вертикальными и горизонтальными перемещениями в системе
Гидрогеологический	Стабильность и оптимальность гидрогеологического режима территории, обеспечивающая сохранность подземных конструкций	Изменение уровней, температуры и химического состава подземных вод, формирование вод «верховодки» и «фундаментных вод»	Наблюдения за уровнями, температурой и химическим составом подземных вод
Микроклиматический	Стабильность и оптимальность температурно-влажностного режима здания, обеспечивающая сохранность интерьеров, старинных материалов, ценных экспонатов и нахождения в нем людей	Изменение цикличности сезонных миграций влаги в конструкциях, появление протечек, увлажнение и промерзание стен.	Контроль температуры и относительной влажности (влажностерождения) воздуха в помещениях и конструкциях здания, освещенности помещений, регулирование посещаемости зданий, мониторинг инженерных систем
Микробиологический	Отсутствие условий для активизации деятельности микробиоты в геологической и технической подсистемах	Изменение физических, механических и химических свойств грунтов основания. Появление плесени и грибковых поражений.	Контроль изменений химического состава грунта, выявление преобразованных и новообразованных минералов, газогеохимические исследования Микробиологический контроль
Эколого-геологический	Устойчивостью экосистем, взаимосвязанных с сооружениями и комплексами культурно-исторического объекта, включая сохранность прилегающего ландшафта	Нарушение почвенного покрова Деграция растительности Загрязнение поверхностных вод и почв и грунтов Визуальное загрязнение среды (мусор) и нарушение эстетических достоинств ландшафта	Контроль состояния растительного и почвенного покровов, контроль загрязнения состава атмосферного воздуха и поверхностных вод.
Устойчивость исторического облика	Неизменность исторического архитектурного облика и интерьера объекта культурного наследия	Появление объектов нового строительства в границах территории объекта культурного наследия, изменение исторического облика в результате строительства или аварийного состояния элементов памятника	Государственная историко-культурная экспертиза, Государственный надзор за объектами культурного наследия (Росохранкультура, Мосгорнаследие) и общественный контроль



а)



б)

Рис. 4.30. Колокольня Новодевичьего монастыря: а) Вертикальная трещина в элементах винтовой лестницы ведущей с 2-го яруса на 3-й, б) Разрушение кирпичной кладки столба 5-го яруса (2004 год) (фото автора)



а)



б)

Рис. 4.31. Здание Государственного Исторического музея по адресу: г. Москва, ул. Никольская, д.5, стр. 1: а) трещины шириной раскрытия до 6 мм, разделение ароки на несвязанные части в уровне 2-го этажа, б) - трещины шириной раскрытия до 20 мм, разделение арки на несвязанные в уровне 3-го этажа (2006 год) (фото автора)

Уровни нагружения определяются по результатам обследования (откопки шурфов, опробования грунтов основания, залегающих под подошвами фундаментов, определения их физико-механических свойств, определения прочности материалов фундамента (приоритетом обладают методы неразрушающего контроля), проведения детального обследования, сбора нагрузок).

Уровень нагружения грунтов основания ($K_{\text{осн}}^{\text{н}}$) равен отношению напряжения (P) под подошвой фундамента к величине расчетного сопротивления грунта основания (R):

$$K_{\text{осн}}^{\text{н}} = \sigma / R \quad (5.1)$$

Величина R определяется согласно формуле 5.7 СП 22.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*):

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma}k_z b \gamma_{\text{II}} + M_q d_1 \gamma'_{\text{II}} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{\text{II}} + M_c c_{\text{II}}] \quad (5.2)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, учитывающие соответственно влияние прочностных и деформационных свойств грунтов; k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (ϕ_{II} и c_{II}) определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по таблицам нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов оснований (прил. Б СП 22.13330.2011); M_{γ} , M_q , M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5 СП 22.13330.2011 и зависящие от угла внутреннего трения несущего слоя; k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при $b < 10$ м; b - ширина подошвы фундамента, м; γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³; γ'_{II} - то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, кН/м³; c - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа; d_1 - глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала; d_b - глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м).

Уровень нагружения фундаментов ($K_{\text{фунд}}^{\text{н}}$) равен отношению напряжения в кладке фундамента к расчетному сопротивлению сжатию материала фундамента (кладки фундамента):

$$K_{\text{фунд}}^{\text{н}} = \sigma_{\text{фунд}} / R_{\text{фунд}} \quad (5.3)$$

В случае если уровень нагружения меньше 1, то имеет место устойчивое состояние обследуемого участка (части ИЛТС). Значение уровней нагружения равное 1 принимается

границей области допустимых состояний. Разница между уровнем нагружения и 1 характеризует запас механической устойчивости системы.

Превышение уровнями нагружения (одним из уровней нагружения) 1 обозначает переход от устойчивого к неустойчивому состоянию. При этом переход проходит через область предельного равновесия, соответствующую уровням нагружения равным 1,0-1,2 (т.е. фактически действующие нагрузки не более чем на 20% превышают расчетное сопротивление грунта основания или расчетное сопротивление материала фундамента). При функционировании в области предельного равновесия не наблюдаются видимых нарушений пространственной целостности системы, однако, если не принимать оперативных мер, может произойти переход в неустойчивое состояние, сопровождающийся аварийными деформациями.

Перегруженные участки, на которых уровни нагружения больше 1, являются зонами существующих или ожидаемых деформаций сооружения и неустойчивого состояния системы.

Предлагаемые показатели учитывают параметры технической подсистемы и показатели физико-механических свойств грунтов основания здания, позволяют прогнозировать поведение системы. Также следует учесть, что показатели физико-механических свойств грунтов основания и прочностных характеристик материала фундаментов с течением времени, как правило, меняются в сторону ухудшения (если не производится соответствующих мероприятий по их улучшению). Вследствие чего значения $K_{\text{осн}}^H$ и $K_{\text{фунд}}^H$ могут увеличиваться на протяжении времени существования ИЛТС.

Уровни нагружения определяются по результатам инженерно-технического обследования для конкретных участков здания, не всегда возможно распространить полученные значения на все здание или какую-то его часть, поэтому оценка механического фактора устойчивости функционирования для всей системы должна выполняться на основании экспертного анализа всего объема информации, полученной при инженерно-техническом обследовании.

4.5.2. Критерии оценки геодинамического фактора устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений для обоснования их мониторинга

Устойчивость функционирования ИЛТС во многом определяется устойчивостью ее геологической подсистемы, под которой понимается ее способность сохранять при различного рода воздействиях (природных и техногенных) присущую ей пространственно-временную структуры (Дашкевич, 1984).

Причем первым импульсом в нарушении устойчивости геологической среды (в рамках времени функционирования ИЛТС) является строительство здания (или сооружения) ее технической подсистемы.

При обосновании мониторинга должны быть выделены основные процессы, влияющие на сохранность ИЛТС и определяющие динамику ее развития, и оценена устойчивость ИЛТС по отношению к ним. При этом нужно учитывать не только существующую обстановку, но и потенциальную возможность активизации процессов с течением времени, в первую очередь, в результате действия техногенных факторов, появление которых часто сложно спрогнозировать.

На сегодняшний день для ЛТС исторического центра Москвы, в контексте оценки геодинамического фактора устойчивости их функционирования, основными возмущающими факторами являются инженерно-геологические процессы.

В пределах исторического центра Москвы основные геологические риски связаны с развитием карстовых и суффозионных процессов, подтоплением, криогенным пучением грунтов слоя сезонного промерзания, наличием техногенных, слабых и плавунно-неустойчивых грунтов, а также формированием различных техногенных физических полей. Подробно основные инженерно-геологические процессы, характерные для исторического центра, были рассмотрены в разделе 4.3.5.

Основными инженерно-геологическими процессами, оказывающими влияние (в том числе потенциально возможное) на устойчивость ИЛТС исторического центра Москвы, являются суффозионные и карстовые процессы и подтопление.

Проявления инженерно-геологических процессов выражаются в оседаниях земной поверхности, формировании зон дезинтеграции и разуплотнения, изменениях уровней и химического состава подземных вод, сверхнормативных и неравномерных осадках зданий.

Потенциальная опасность проявления заключается в наличии предпосылок (основных условий) для развития процесса. Для карстовых и суффозионных процессов – это наличие интенсивно закарстованных пород каменноугольного возраста, рыхлых и суффозионно неустойчивых отложений, приуроченность участков к древним погребенным долинам доюрского и доледникового возраста и другим ослабленным зонами, незначительная мощность (менее 10 м) или полное отсутствие перекрывающего известняки глинистого водоупора (Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов, 1984; Кутепов, Кожевникова, 1989).

Оценка подтопляемости (потенциальной подтопляемости) выполняется путем сравнения глубины заложения фундаментов и глубины залегания подземных вод (зафиксированного в определенный момент времени, например, при производстве инженерно-геологических изысканий и прогнозного, с учетом сезонных колебаний, тенденции изменения уровней

(например, в результате водоотбора). Причем если планируется трансформация ИЛТС (например, освоение подземного пространства как это было выполнено с ГАБТ и МГК), то возможность подтопления оценивается как для исторических фундаментов, так и для проектируемой новой подземной части.

Опасность для сохранности исторических фундаментов представляют воды типа «верховодка», которые могут формироваться в отдельные многоводные периоды года или при утечках из водонесущих коммуникаций. Предпосылками для формирования «верховодки» является наличие локальных глинистых водоупоров в техногенных грунтах и песчаной толще четвертичных отложений.

Предпосылками для развития инженерно-геологических процессов, связанных с наличием слабых грунтов, являются наличие в активной зоне рыхлых четвертичных отложений, водонасыщенных, неустойчивых по отношению к различным фильтрационным деформациям (образование плывунов, суффозия, разжижение, выпор, выдавливание и др.) грунтов, наличие техногенных грунтов в сжимаемой толще грунтов основания. В случае с площадкой МГК это рыхлые аллювиальные пески, для площадки ГАБТ – это техногенные отложения (засыпанная пойма р. Неглинной в непосредственной близости от здания театра).

Существует несколько групп методов оценки геодинамической устойчивости геологической среды: механико-математический, физическое моделирование и картографический.

Картографический подход предполагает построение комплекта аналитических и синтетических геодинамических карт, на которых отражена устойчивость ИЛТС к различным инженерно-геологическим процессам (для исторического центра Москвы – это процессы карста и суффозии, подтопления, а также различные процессы, связанные с наличием слабых грунтов).

В пределах площадок исследуемых ИЛТС проявлений карста (воронок и оседаний поверхности) зафиксировано не было. В рамках оценки устойчивости ИЛТС к карстовым и суффозионным процессам производится деление территории ИЛТС на участки с различными категориями опасности, которое выполняется согласно методике, разработанной в ИГЭ РАН (Кутепов В.М., Кожевникова В.Н., 1989). Также в рамках районирования территории по степени карстовой и суффозионной опасности может быть определена категория устойчивости территории относительно интенсивности образования карстовых провалов и средних диаметров карстовых провалов (табл.5.1 и табл.5.2 СП 11-105-97, часть II).

Согласно результатам инженерно-геологических изысканий ООО «СК «КРЕАЛ» и результатам оценки карстово-суффозионной опасности площадки МГК, выполненной ИГЭ РАН (ООО «СК «КРЕАЛ», 2008), площадка размещения МГК разделена на неопасный, расположенный в восточной части площадки, и потенциально опасный в карстовом и

суффозионном отношении, занимающий западную часть площадки и участок в центральной части площадки, участки. Потенциально опасный участок разделен на участки с гравитационно-суффозионным и суффозионным механизмами процесса (см. рис. 4.32).

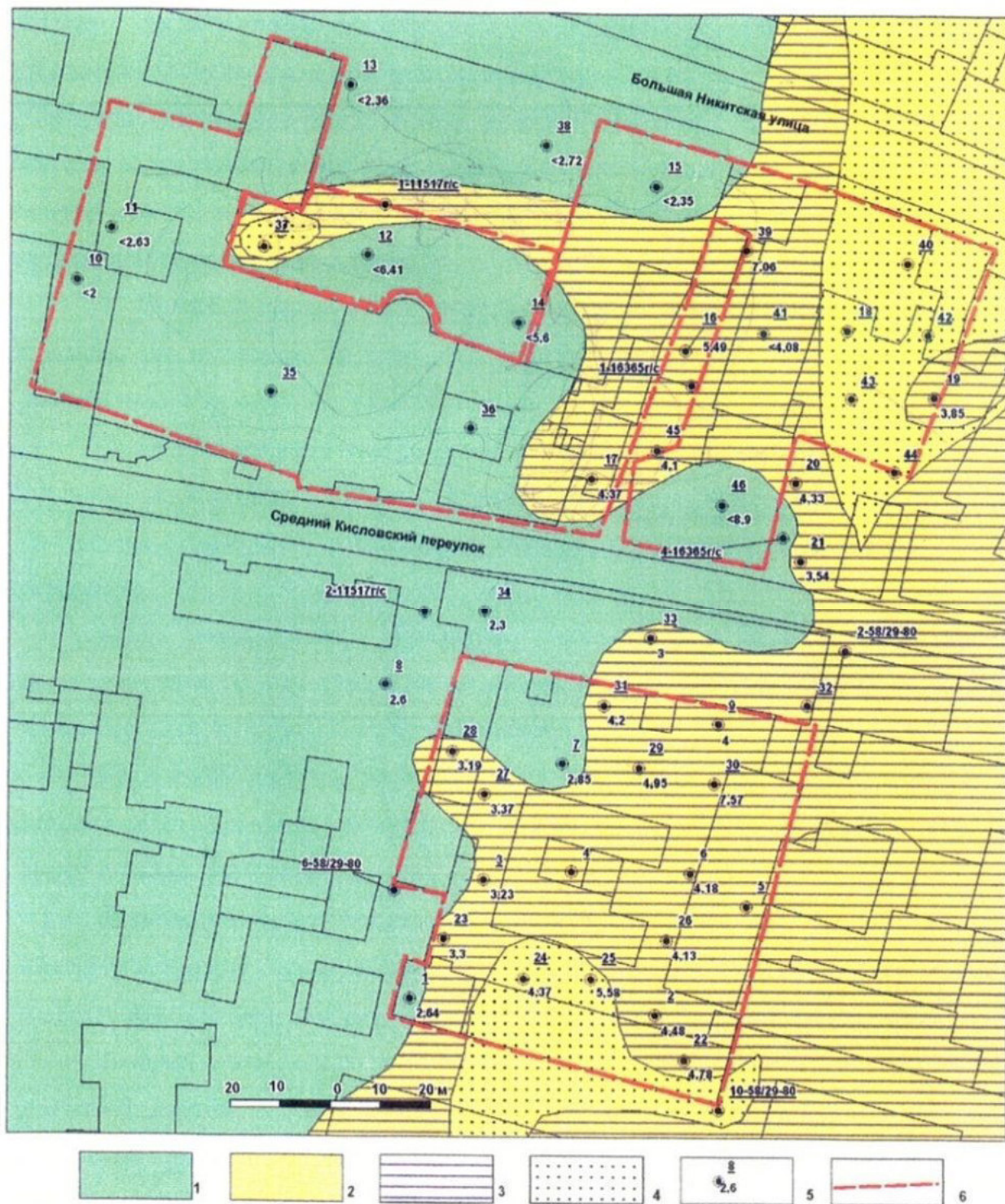


Рис. 4.32. Схема районирования площадки МГК по степени карстовой и суффозионной опасности (ООО «СК «КРЕАЛ» при участии автора, ИГЭ РАН, 2008).

Условные обозначения: категории карстовой и суффозионной опасности: 1 – неопасная, 2 – потенциально опасная. Типы механизмов карстовых и суффозионных процессов; 3 – гравитационно-суффозионный, 4 – суффозионный, 5- скважина, ее номер в числителе, максимально возможный градиент вертикальной нисходящей фильтрации в знаменателе, 8 – граница участка

Территорию здания ГАБТ и прилегающие к нему участки также можно разделить на неопасный и потенциально опасный в карстовом и суффозионном отношении участки. Неопасный участок занимает большую часть территории, потенциально опасный – приурочен к северной и, частично, восточной частям площадки. В пределах потенциально опасного участка можно выделить участки с суффозионным механизмом течения карстово-суффозионного процесса (четвертичные песчаные отложения залегают на каменноугольных известняках), суффозионно-гравитационным (в толще четвертичных пород есть глинистые прослои, под которыми могут формироваться зоны разуплотнения) и гравитационно-суффозионном (гидродинамическое разрушение слабопроницаемого глинистого слоя и суффозионный вынос песчаного материала в трещины и каверны в известняках).

Историческое здание Большого театра являлось неподтопляемым водами надъюрского горизонта. Однако существовали предпосылки для образования грунтового спорадически распространенного горизонта типа «верховодка» на кровле моренных отложений и глинистых прослоев в аллювиальных и техногенных грунтах. В рамках реконструкции здания ГАБТ при максимальной глубине заложения подземной части 22 м и устройстве «стены в грунте», в сфере взаимодействия с сооружением оказываются 3 водоносных горизонта – надъюрский, измайловский и перхуровский. Также, согласно результатам геофльтрационного моделирования (ООО «СК «КРЕАЛ», 2004), максимальное повышение уровней надъюрского водоносного горизонта могло достигать 1,8-2,0 м. По результатам проводимых наблюдений за уровнями подземных вод (ООО «СК «КРЕАЛ», 2004-2010), в период строительства произошло дренирование измайловского водоносного горизонта в нижележащий перхуровский горизонт вдоль «стены в грунте», со временем возникшая связь горизонтов прекратилась за счет заполнения возникших путей дренирования глинистыми частицами.

Специфическими грунтами в пределах площадки размещения ГАБТ и прилегающих территорий являются техногенные отложения, представленные насыпными грунтами и грунтами культурного слоя. Мощность техногенных отложений под зданием Большого театра (до начала реконструкции) варьировала от 0,5 м в центральной части до 4,3 м в юго-восточной части, максимальная мощность техногенных грунтов, по данным ООО «СК «КРЕАЛ» (2004), на площадке реконструкции составляет 5,9 м. Мощность техногенных отложений в пределах прилегающей к ГАБТ территории изменяется с запада на восток от 2-4 м до 5-6 м и далее до 10-12 м в районе засыпанной долины р. Неглинки. Участки, на которых мощности техногенных грунтов превышают глубину заложения фундаментов, т.е. фактически залегают под подошвами фундаментов зданий, включая здания окружающей застройки, среди которых историческое здание Малого театра, являются зонами потенциально возможных деформаций.

Специфическими грунтами в пределах площадки здания МГК являются рыхлые аллювиальные грунты средней крупности и крупные, предрасположенные к суффозии и обладающие низкими показателями механических свойств, развитые в районе Большого зала Консерватории (ООО «СК «КРЕАЛ», 2008).

Составление комплекта карт-схем для различных видов нарушения геодинамического фактора устойчивости для исследуемых ИЛТС с последующим их совмещением дает возможность оценить наличие или потенциальную возможность развития опасных инженерно-геологических процессов и учесть их в процессе мониторинга.

Выполнение подобных исследований для ИЛТС имеет большое значение, так как перед строительством исторических зданий комплексного изучения инженерно-геологических условий территорий не проводилось, а выбор того или иного инженерного решения часто был интуитивным на основе существующей на тот момент строительной практики, которая не могла учесть такие процессы как карст, суффозия и техногенное подтопление. Еще одной важной особенностью, которая может быть оценена с помощью подобных карт-схем, является возможность оценки неоднородности инженерно-геологических условий в пределах площадки исследуемой ИЛТС, учет которой может оптимизировать наблюдательную сеть мониторинга.

Для ИЛТС, расположенных на участках развития склоновых процессов (например, ИЛТС, относящихся к зданиям, входящим в состав музея-заповедника в Коломенском или расположенных в районе Воробьевых гор (Храм Живоначальной Троицы, Андреевский монастырь), при оценке геодинамического фактора устойчивости функционирования должны быть использованы научно-методические основы изучения режима экзогенных процессов, разработанные В.С. Круподеровым (2001).

Наблюдения за геодинамическим фактором включают в себя, с одной стороны, наблюдения за видимыми проявлениями инженерно-геологических процессов (осадками и оседания земной поверхности, выполняемыми геодезическими методами, затоплением подвалов и т. д.), с другой стороны - контроль за изменением компонентов инженерно-геологических условий (контроль состояния грунтового основания, напряженно-деформированного состояния грунтового массива, формированием зон разуплотнения, послойными смещениями слоев грунта, изменением уровней, температуры и химического состава подземных вод).

Выводы по главе 4

1. ИЛТС – это динамичные системы, которые изменяются на протяжении всего времени своего существования под влиянием внутренних процессов в системе и внешних

воздействий на нее. При этом исходные (на момент возникновения ИЛТС) показатели ее состояния достоверно неизвестны.

2. Основными факторами, определяющими динамику развития ИЛТС исторического центра Москвы, являются изменения градостроительной среды и состояния грунтового массива, разрушение материалов конструкций и реконструкция, реставрация и приспособление зданий-памятников культуры к современным условиям использования. Основными тенденциями развития ИЛТС являются деградация в результате износа и разрушения материалов конструкций, трансформация в результате направленных строительных воздействий и адаптация как реакция системы на новые условия ее функционирования.

3. При разработке схем организации мониторинга ИЛТС исторического центра г.Москвы необходимо учитывать ряд их основополагающих черт и особенностей, связанных, в первую очередь, с их возрастом и функционированием в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки.

4. Характерные особенности ИЛТС как объектов мониторинга можно разделить на две структурные группы – особенности геологической и технической подсистем.

5. К особенностям технической подсистемы ИЛТС, которые должны учитываться при мониторинге, относятся ее уникальность, возраст, конструктивные решения и особенности режима эксплуатации зданий.

6. К особенностям геологической подсистемы относятся наличие техногенных грунтов, изменения рельефа участка, гидрогеологических условий территории, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизация и развитие парагенеза инженерно-геологических процессов.

7. На основании выделенных особенностей можно выделить основные базовые элементы, которые должны быть учтены при обосновании их мониторинга. К ним относятся возраст, функциональное назначение, состояние технической подсистемы и степень ее изменения, состояние геологической подсистемы и степень ее изменения, в т. ч. изменения рельефа, геологического строения, гидрогеологических условий, активизация и развитие инженерно-геологических процессов.

8. В качестве критерия оценки состояния ИЛТС предлагается рассматривать устойчивость ее функционирования.

9. Значимыми факторы устойчивости функционирования ИЛТС являются: пространственный, временной, механический, геодинамический, гидрогеологический, микроклиматический, микробиологический, эколого-геологический и устойчивость исторического облика.

Таким образом, проведенный анализ доказывает и позволяет сформулировать **первое защищаемое положение:**

Разработан новый подход к оценке состояния ИЛТС, основанный на учете их особенностей и важнейших факторов устойчивости функционирования.

Глава 5

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ МОНИТОРИНГА

5.1. Оценка состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений с точки зрения нормативных документов

В существующей на сегодняшний день системе нормативных документов РФ в строительстве основное внимание уделяется состоянию здания, отдельных его конструкций, в т.ч. фундаментов (т.е. технической подсистеме). Критерии оценки состояния технической подсистемы разработаны детально и определяются на основании результатов её комплексного обследования (визуального, инструментального).

Так, в действующих нормативных документах категория технического состояния здания определяется как степень эксплуатационной пригодности строительной конструкции, здания в целом, или его основания, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик (ГОСТ Р 53778-2010, СП 13-102-2003).

В нормативных документах (ГОСТ Р 53778-2010, СП 13-102-2003, СП 50-101-2004, Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции, Пособие к МГСН 2.07-01, СРП 2007.6) выделяется различное количество категорий технического состояния и даются разные их определения, однако, в целом, приводимые определения и формулировки близки по смыслу. Также нормативными документами устанавливаются значения предельных дополнительных деформаций для исторических зданий (осадок, разности осадок, крена, кривизны подошвы фундамента) (МГСН 2.07-01, СРП 2007.6), которые могут быть приняты за границы области допустимых состояний ИЛТС.

Таким образом, оценка технического состояния в строительной практике базируется на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом. Однако, для исторических зданий подобные сопоставления не вполне корректны, т.к. их строительство выполнялось в то время, когда строительных норм проектирования в современном понимании еще не существовало.

Кроме того, существующие нормативные документы оценивают, прежде всего, техническое состояние здания, т.е. материальный аспект, в то время как ценность исторических зданий складывается из материальной и нематериальной (исторической, культурологической) составляющих.

При этом историческую ценность сложно оценить количественно, единой общепринятой системы ее оценки на сегодняшний день не существует, а ряд исторических сооружений в этом смысле вообще «бесценны».

5.2. Категории состояния историко-культурных литотехнических систем

Рассматривая ИЛТС с позиций устойчивости их функционирования, нецелесообразно выполнять обобщенную оценку состояния системы на основании величины какого-то одного интегрального показателя, так как не все факторы устойчивости могут быть оценены количественно. Также информативность интегрального показателя снижается за счет значительной неоднородности и разнообразия характеристик системы. Применение интегральных показателей устойчивости геологической среды таких как «геологический потенциал» (Голодковская, Демидюк, 1976), «геодинамическая активность» (Хоситашвили, 1970), «геодинамическая устойчивость» (Котлов, Кофф, 1987), также неоправданно, т.к. они не учитывают состояние технической подсистемы.

Оптимальным вариантом представляется выполнение оценки состояния ИЛТС на основании результатов оценки совокупности всех факторов устойчивости ее функционирования, по результатам которой система может быть отнесена к одной из трех категорий состояния: устойчивой, неустойчивой или предельного равновесия.

Категория состояния устанавливается по совокупности факторов, среди которых выделяются характеристики пространственного, временного, механического, геодинамического, гидрогеологического, микроклиматического и микробиологических факторов устойчивости.

Предлагаемая схема оценки формируется на основании обработки результатов визуальных и инструментальных обследований здания, инженерно-геологических изысканий, режимных наблюдений и историко-архивных исследований. Если какой-либо из показателей является определяющим в поведении системы, в том числе для ее сохранности, то категория состояния устанавливается по этому показателю (по аналогии с определением категорией сложности инженерно-геологических условий).

Состояние ИЛТС может быть охарактеризовано как «устойчивое» (категория состояния I), если система устойчива в пространстве и во времени (не зафиксировано нарушения рассматриваемых факторов устойчивости). Ввиду длительного времени существования возможны незначительные ухудшения показателей состояния системы, не влияющие на ее функционирование.

«Предельное равновесие» (категория II) характеризует такое состояние системы, при котором незначительное увеличение внешней нагрузки приведет систему в неустойчивое состояние, при этом допускается появление локальных нарушений различных факторов устойчивости функционирования системы.

При «неустойчивом» состоянии (категории III) существуют угроза сохранности и (или) возможность ликвидации ИЛТС (отдельных ее подсистем, прежде всего технической), запас устойчивости системы исчерпан.

Переход системы из устойчивого состояния в состояние предельного равновесия часто достаточно сложно идентифицировать, т.к. процессы, которые могут нарушить ее функционирование, протекают часто в скрытой форме, без внешних проявлений. Однако именно своевременное выявление подобных нарушений функционирования системы позволяет корректировать регламент наблюдений и оказывать опережающие управляющие воздействия, которые могут предотвратить переход системы в аварийное состояние.

На протяжении времени своего существования ИЛТС могла неоднократно находиться в состоянии предельного равновесия и в аварийном состоянии, для выхода из которого подвергалась различным управляющим воздействиям (например, противоаварийным мероприятиям, часто приводившим к трансформации ИЛТС).

Факторы устойчивости функционирования могут быть охарактеризованы как количественно (предельными величинами деформаций, шириной раскрытия трещин, величинами уровней нагружения, износа, параметрами гидрогеологических условий), так и качественно, с помощью экспертных оценок профильных специалистов.

Предлагаемые категории состояния максимально согласованы с категориями технического состояния, используемыми в нормативных документах.

При оценке параметров факторов устойчивости функционирования использованы критерии, применяемые в нормативных документах: величины физического износа конструкций по результатам визуального обследования (Рекомендации по обследованию и мониторингу, СРП 2007.6), категории устойчивости территории относительно интенсивности образования карстовых провалов и средних диаметров карстовых провалов (табл.5.1 и табл.5.2 СП 11-105-97, часть II), критерий подтопления (Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП2.02.01-83*)), степень биопоражения конструкций (ТСН 20-303-2006).

Категории состояния ИЛТС и их характеристики представлены в таблице 5.1.

При выборе критериев оценки пространственного фактора устойчивости учтены требования нормативных документов к величинам предельных дополнительных деформаций конструкций, которые представлены в таблице 5.2.

Категории состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений

Фактор устойчивости	Категория состояния					
	I		II		III	
Пространственный	• неравномерные деформации отсутствуют • величины осадок и кренов не превышают допустимые • $S_{max} < 0,3$ • $\Delta S / L < 2 \cdot 10^{-4}$		• единичные сверхнормативные осадки и крены • появление новых трещин • $0,3 < S_{max} < 1$ • $2 \cdot 10^{-4} < \Delta S / L < 6 \cdot 10^{-4}$		• деформации превышают предельно допустимые • неравномерные осадки • неудовлетворительное состояние системы "фундамент-грунт" • $S_{max} > 1$ • $\Delta S / L > 6 \cdot 10^{-4}$	
Механический	• компоненты системы механически стабильны • трещин нет • работоспособное состояние ТС • $K_{осн(фунд)}^H < 1$ • износ $< 20 \%$		• ограниченно работоспособное состояние отдельных компонентов ТС • раскрытие трещин $< 5 \text{ мм}$ • $1 \leq K_{осн(фунд)}^H < 1,2$ • износ $20-40\%$		• запас устойчивости системы исчерпан • аварийное состояние ТС • ширина раскрытия трещин $> 5 \text{ мм}$ • $K_{осн(фунд)}^H > 1,2$ • износ $> 40 \%$	
Геодинамический	• проявлений и предпосылок для развития инженерно-геологических процессов нет • категория устойчивости территории** VI		• предпосылки для активизации инженерно-геологических процессов • проявления ИГП в прошлом • категория устойчивости территории** V-B, V-Г		• проявления инженерно-геологических процессов • предпосылки для увеличения интенсивности и площадного распространения проявлений инженерно-геологических процессов • категория устойчивости территории ** -V-B, IV-B	
Гидро-геологический	• неблагоприятного воздействия подземных вод нет • $P > 1$ • стабильный гидрогеологический режим		• потенциальная возможность контакта технической подсистемы и подземных вод • $\begin{cases} P < 1 \\ h_{ср} > H_{фунд} \end{cases}$ • единичные нарушения режима подземных вод		• конструкции технической подсистемы постоянно или периодически подтоплены • $h_{ср} < H_{фунд}$ • нарушенный режим подземных вод • "верховодка", фундаментные воды	
Микро-биологический	• биопоражений конструкций нет • предпосылок для активизации микробиоты нет • биопоражения**I степени • КОЕ грибов $< 10^4$		• локальные очаги биопоражения конструкций • биопоражения**II-III степени • КОЕ грибов $< 10^4$		• микробиологические повреждения конструкций • биопоражения**IV степени • КОЕ грибов $\geq 10^4$ • изменение свойств грунтов в результате деятельности микробиоты	
Микро-климатический	• микроклимат стабилен и оптимален • температурно-влажностный режим конструкций сбалансирован		• признаки нарушения температурно-влажностного режима		• неустановившийся температурно-влажностный режим • температурно-усадочные деформации • температуры и относительная влажность превышают допустимые	
Временной	• постоянный во времени режим функционирования • изменения обратимы		• отклонение от сложившейся траектории движения системы • приближение к границе области допустимых состояний • изменения обратимы		• динамика ухудшения состояния системы • изменения необратимы	
Состояние технической подсистемы (по нормативным документам)	работоспособное***		ограниченно работоспособное***		аварийное***	
	нормальное (I)****	удовлетворительное (II)****	неудовлетворительное (III)****	предаварийное (IV)****	предаварийное (IV)****	аварийное (IV*)****

Примечание: Р – критерий подтопляемости ($P = (h_{ср} \cdot \Delta h_{max}) / (H_{фунд})$), $h_{ср}$, м – глубина среднего многолетнего положения уровня подземных вод, Δh_{max} , м - максимальная амплитуда колебания по результатам многолетних наблюдений, $H_{фунд}$, м – глубина заложения фундамента, * - категория устойчивости территории относительно интенсивности образования карстовых провалов и средних диаметров карстовых провалов согласно табл. 5.1 и 5.2 СП 11-105-97 часть II, ** - согласно ТСН 20-303-2006, *** - согласно ГОСТ Р 53778-2010, **** - согласно СРП 2007.6 и Пособию к МГСН 2.07-01

Предельные дополнительные деформации конструкций для зданий памятников истории, культуры и архитектуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования (СРП 2007.6, часть 6; Пособие к МГСН 2.07-01)

Категория состояния конструкций	Предельные дополнительные деформации			
	Максимальная осадка $S_{\max}$, см	Относительная разность осадок $\Delta S/L$	Крен i	Кривизна подошвы фундамента ρ , 1/м
II	1,0	$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
III	0,7	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$
IV	0,5	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-6}$
IV*	0,3	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$

Предложенная система критериев позволяют выполнить комплексную оценку состояния системы, в том числе более полно учесть инженерно-геологическую составляющую этих систем. Оценка устойчивости функционирования ИЛТС в пространстве и во времени частично выполняет и прогнозную функцию, позволяющую оценить потенциально возможные изменения ИЛТС. На основании комплексной оценки различных факторов устойчивости формируется состав наблюдений и исследований, проводимых в рамках мониторинга, и их временной регламент, с последующим учетом этих данных для выработки рекомендаций и управляющих решений по изменению состояния ИЛТС в благоприятном направлении.

5.3. Оценка состояния историко-культурных литотехнических систем, относящихся к ГАБТ РФ и МГК им. П.И. Чайковского

Примером ИЛТС в неустойчивом состоянии является ИЛТС, относящаяся к историческому зданию Большого театра (до реконструкции). Для которой были отмечены нарушения временного, пространственного, механического и геодинамического факторов устойчивости.

По результатам обследования, выполненного ООО «СК «КРЕАЛ» в 2003-2004 гг., выявлены локальные зоны неудовлетворительного состояния фундаментов (потеря раствором прочности вплоть до полной потери раствором прочности в нижней части кладки, ослабление связи раствора с камнем, наличие заделанного коммуникационного ввода, трещины в кладке и бетонных блоках).

В рамках оценки механического фактора устойчивости выполнен оценочный расчет уровней нагружения грунтов основания (см. таблицу 5.3, схема расположения шурфов приведена на рис. 2.10).

Таблица 5.3

Оценочный расчет уровней нагружения грунтов основания для исторического здания ГАБТ

№ шурфа и сечения	25	26	3 (1-1)	6 (1-1)	7 (2-2)	8 (1-1)	8 (2-2)	9 (1-1)	10 (1-1)	13	24	18	60	20	29 (2-2)	31 (2-2)	59	2Н	11Н	12Н (2-2)	12Н (3-3)	5Н	6Н
Столб или стена в осях	9-10/ Г-Д	10/ Д-Е	10/ А-Б	10/ Б-Бо	С3/ 5-6	С4/ 4-5	С4/ 4-5	С3/ 3-4	С4/ 4-5	С3/ 6-7	2/Д-Е	9/В-Г	В/8-9	Г'/4-5	9-10/ Г-Д	Г'/1-2	В-Г/ 9-10	А°/6	10/ Г'-Д	10/В-Г	10/В-Г	А/1-2	А/3-4
Нормативная нагрузка в уровне пола подвала, первого этажа, [кН, кН/м]	761,5	280,0	763,9	818,2	88,8	48,9	48,9	88,8	48,9	88,8	427,3	1183,1	1064,6	824,9	626,0	603,4	122,8	354,9	280,0	716,9	716,9	743,6	1099,0
Нормативный вес фундамента, [кН, кН/м]	62,9	51,5	188,1	110,5	24,8	9,5	14,7	30,0	25,9	43,3	3,8	26,0	55,9	21,7	34,3	9,2	93,6	207,8	51,9	114,7	72,2	347,7	411,7
Нормативный вес грунта на обрезах фундамента, [кН, кН/м]	15,8	45,7	83,9	13,4	0,0	3,3	3,3	0,0	9,6	0,8	0,0	0,0	27,7	0,0	9,3	0,0	2,2	7,8	52,0	14,6	56,1	269,1	180,9
Напряжение под подошвой фундамента, [кПа]	223,4	172,3	274,8	271,5	126,2	77,1	83,6	132,0	48,5	103,0	519,4	530,3	466,7	229,4	218,1	490,1	74,3	179,4	163,4	233,1	232,8	235,8	333,6
Расчетное сопротивление грунта, [кПа]	445,0	396,0	463	373	199	110	140	199	147	251	199	404	425	533	215	158	177	427	477	604	604	635	737
Уровень нагружения	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,3	0,4	2,6	1,3	1,1	0,4	1,0	3,1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5

Уровни нагружения грунтов основания в основном не превышали 1, однако, были обнаружены отдельные перегруженные участки. На участках перегрузки величина уровней нагружения грунтов основания варьировалась от 1,1 до 3,1 (ООО «СК «КРЕАЛ», Технический отчет. Комплексные инженерно-технические изыскания. 2003).

На момент начала реконструкции Большого театра в 2005 году в конструкциях исторического здания имелись многочисленные дефекты. По разным оценкам, износ конструкций составил от 50 до 70 %.

В различные периоды существования ИЛТС были зафиксированы неравномерные осадки здания, приводившие к повреждению конструкций, сопровождавшимся образованием трещин (см. раздел 2.3.1) (в 1890, 1906, 1921, 1990 гг.).

Нарушения геодинамического фактора связаны с прорывами плывунов и активизацией карстовых и суффозионных процессов вблизи здания Большого театра, а также предпосылок для образования вод типа «верховодка» и потенциальной опасности в карстовом и суффозионном отношении части площадки размещения здания театра.

ИЛТС, относящуюся к зданию МГК (до реконструкции), можно отнести к категории II (предельного равновесия) в связи с наличием локальных нарушений пространственного, механического, геодинамического, микроклиматического и микробиологического факторов устойчивости.

По данным ООО «СК «КРЕАЛ», имели место признаки локальных нарушений пространственной устойчивости – трещины шириной раскрытия более 5 мм (в единичных случаях ширина раскрытия трещин достигала 40 мм).

По результатам обследования несущих конструкций здания, выполненного ООО «СК «КРЕАЛ» в 2005-2008 гг., состояние несущих стен, междуэтажных перекрытий и стропильных конструкций – ограниченно работоспособное, имелись отдельные участки, находящиеся в аварийном состоянии и требующие усиления конструкций. В 2004-2009 годах произведено усиление фундаментов и грунтов основания путем инъектирования кладки специальным раствором и устройства буроинъекционных свай. В результате усиления, величины уровней нагружения фундаментов и грунтов основания стали меньше 1.

Имеют место локальные нарушения гидрогеологического фактора устойчивости. Согласно прогнозу изменения гидрогеологических условий, в результате освоения подземного пространства величина подъема уровня надъярского водоносного горизонта составит 0,1-0,15 м и не приведут к развитию процесса подтопления. Однако, в процессе проведения наблюдений за уровнями надъярского водоносного горизонта (ООО «СК «КРЕАЛ», 2011) было выявлено локальное образование «верховодки», связанное с образованием водоупора из инъекционного

раствора, распространившегося по площади при изготовлении буронабивных свай при возведении ограждения котлована.

Нарушения геодинамического фактора устойчивости связаны с наличием предпосылок для развития инженерно-геологических процессов (восточное крыло здания, часть центральной части площадки и участок западного крыла здания являются потенциально опасными в карстовом и суффозионном отношении, в пределах сферы взаимодействия залегают рыхлые пески). При проведении мониторинговых наблюдений на площадке активизации данных процессов зафиксировано не было.

Нарушения микроклиматического и микробиологического факторов, по данным ООО «СК «КРЕАЛ», характеризуются наличием протечек и единичных участков развития биохимической коррозии в районе 5 этажа здания.

Одной из целей проведенных реконструкций ГАБТ и МГК являлось достижение рассматриваемыми ИЛТС устойчивого состояния.

Характеристики нарушения факторов устойчивости функционирования для исследуемых ИЛТС приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

**Нарушения факторов устойчивости функционирования ИЛТС ГАБТ РФ и
ИЛТС МГК**

Фактор устойчивости	ИЛТС ГАБТ (до реконструкции)	ИЛТС МГК (до реконструкции)
Пространственный	Неравномерные осадки здания (по историческим данным в 1890, 1906, 1921, 1990 гг.).	локальные нарушения (трещины шириной раскрытия > 5 мм, в единичных случаях – 40 мм)
Временной	- реконструкция - аварийные деформации	реконструкция
Механический	- износ 50-70 % - часть конструкций в аварийном состоянии - уровни нагружения на отдельных участках > 1 ($K_{осн}^н - 1,1-3,1$)	- часть конструкций в ограниченно работоспособном состоянии, отдельные участки - в аварийном состоянии - единичные $K_{фунд}^н$ (до усиления) > 1,2
Геодинамический	- Проявления ИГП в прошлом на соседних территориях (плывуны, карст и суффозия) - часть площадки потенциально опасная в карстовом и суффозионном отношении (категория V-B)	- часть площадки потенциально опасная в карстовом и суффозионном отношении (категория V-B) - наличие рыхлых песков в пределах сферы взаимодействия

Таблица 5.4
(продолжение)

Фактор устойчивости	ИЛТС ГАБТ (до реконструкции)	ИЛТС МГК (до реконструкции)
Гидрогеологический	• критерий подтопляемости > 1 • сильно нарушенный режим подземных вод • (уровневый и температурный) • грунтовые воды загрязнены • предпосылки для формирования верховодки • «верховодка» и техногенный водоносный горизонт на сопредельных территориях	• критерий подтопляемости > 1 • проявления верховодки • предпосылки для формирования верховодки
Микро-климатический	• протечки	• протечки
Микро-биологический	• нет данных	• единичные участки биохимической коррозии

Выводы по главе 5

1. Оценка состояния ИЛТС в рамках обоснования ее мониторинга должна производиться на основании сбалансированной системы критериев, позволяющих оценить функционирование системы «здание – геологическая среда» в целом.

2. По совокупности показателей факторов устойчивости функционирования, определяемых на основании результатов инженерно-геологических изысканий, результатов инженерно-технического обследования здания, режимных наблюдений, анализе изменений, происходивших с ИЛТС на протяжении всего времени ее существования, ИЛТС может быть отнесена к одной из трех категорий состояния – устойчивой, предельного равновесия или неустойчивой. Если какой-либо из показателей является определяющим для функционирования системы и обеспечения ее сохранности, то категория состояния устанавливается по этому показателю.

Таким образом, проведенный анализ доказывает и позволяет сформулировать **второе защищаемое положение**:

Предложена оригинальная система критериев оценки различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС и категорий их состояния.

Глава 6

СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

6.1. Основные принципы организации мониторинга

Система мониторинга, согласно В.А.Королеву, базируется на следующих принципах: структурно-организационном, функциональном, обучающем, пространственном, временном и целевом (Королев, 1995, 2007). В связи с особенностями ИЛТС исторического центра Москвы как объектов мониторинга, рассмотренными выше, некоторые базовые принципы организации их мониторинга нами дополнены.

Так, *пространственный принцип* мониторинга ИЛТС может быть сформулирован следующим образом: пространственная структура системы пунктов получения информации (СППИНФ) определяется особенностями, состоянием, неоднородностью и контрастностью геологической и технической подсистем ИЛТС, должна учитывать ограничения, накладываемые плотной городской застройкой и необходимостью сохранения исторического облика исторического здания, а также включать в себя организованные ранее на прилегающих территориях пункты получения информации, в том числе принадлежащие городской наблюдательной сети.

Временной принцип: частота наблюдений и сбора информации во времени в системе мониторинга определяется состоянием ИЛТС, траекторией и основными движущими силами ее движения в пространстве состояний и динамикой процессов, происходящих в ИЛТС.

Целевой принцип мониторинга ИЛТС: система мониторинга ИЛТС должна строиться с учетом его конечной цели - сохранения ИЛТС и оптимизации ее функционирования, достигаемых на базе установления тенденций развития ИЛТС и принятия управляющих решений и рекомендаций.

6.2. Принципиальная схема обоснования мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

Схема организации мониторинга ИЛТС должна включать в себя 3 основных этапа: обоснования, реализации и управления функционированием ИЛТС. Данная схема отвечает функциональному принципу мониторинга, согласно которому мониторинг функционирует во времени как взаимосвязанная и взаимообусловленная система цепи постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления (Королев, 1995, 2007).

Принципиальная схема организации мониторинга приведена на рис. 6.1.

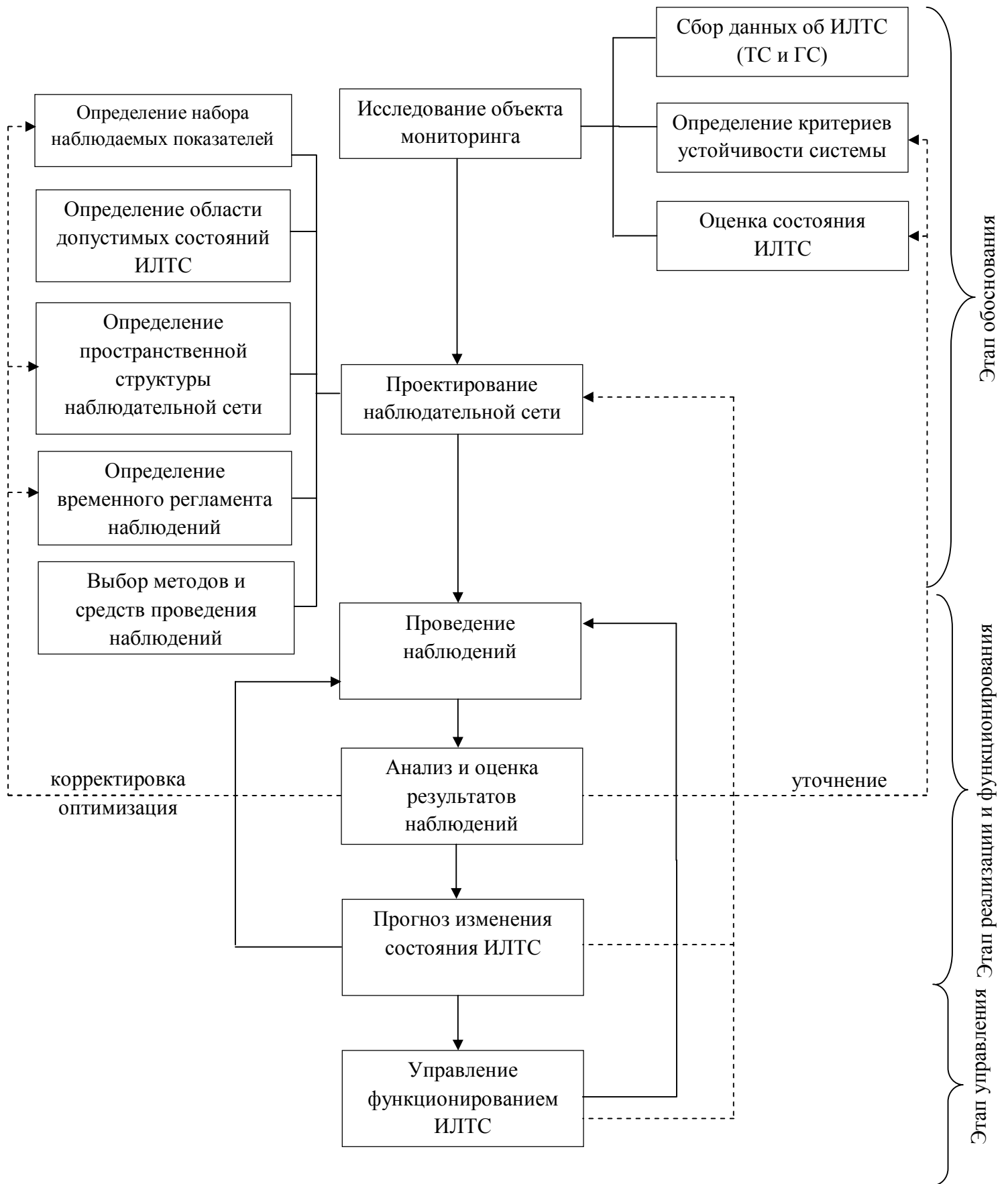


Рис. 6.1. Принципиальная схема организации мониторинга ИЛТС

Рассмотрим особенности каждого этапа.

Этап 1: обоснование мониторинга

На данном этапе производится изучение характерных особенностей и параметров ИЛТС как объекта мониторинга и осуществляется проектирование наблюдательной сети.

В первую очередь выполняется сбор информации о технической и геологической подсистемах ИЛТС, выделяются факторы, влияющие на функционирование системы (внутренние (применительно к исследуемой ИЛТС) и внешние (факторы городской среды)), определяются критерии устойчивости системы. Источниками информации об исследуемой ИЛТС, ее подсистемах и отдельных компонентах служат результаты инженерно-технических обследований, инженерно-геологических изысканий, разнообразных наблюдений, которые могли выполняться в разные периоды существования здания, а также различные исторические источники, на основании которых можно восстановить историю функционирования ИЛТС на протяжении всего времени ее существования.

При обосновании мониторинга ИЛТС нельзя ограничиваться только площадкой размещения конкретного исторического здания или ансамбля зданий, а надо рассматривать прилегающую к нему территорию как с позиции ретроспективного анализа возможных изменений градостроительной среды и инженерно-геологических условий, так и с точки зрения инвентаризации существующих и возможных факторов воздействия на рассматриваемую ИЛТС.

Важной составной частью сбора информации об ИЛТС является изучение архивных и других исторических материалов и источников, позволяющих восстановить особенности строительства и эксплуатации данной ИЛТС, включая возможные разрушения, ремонт, реставрацию и т.п.

Далее, на основании предложенного в главах 4 и 5 подхода к оценке состояния ИЛТС с позиций устойчивости ее функционирования в пространстве и во времени, определяется режим ее функционирования и границы области допустимых значений (предельные значения характеристик системы), а также выбираются ключевые компоненты ИЛТС и факторы, определяющие ее функционирование. На основании анализа совокупности пространственного, временного, механического, геодинамического, микроклиматического и микробиологического фактора устойчивости функционирования системы определяется категория состояния ИЛТС (исследуемая ИЛТС относится к одной из трех категорий состояния: устойчивой, предельного равновесия или неустойчивой).

После всестороннего изучения объекта мониторинга осуществляется обоснование и проектирование наблюдательной сети, включающее в себя определение набора наблюдаемых параметров, обоснование их предельных значений (критериев безопасности ИЛТС,

соответствующих границам области допустимых, при превышении которых система становится неустойчивой и возникает угроза ее сохранности), определение границ наблюдательной сети и размещения пунктов получения информации о компонентах ИЛТС и временного регламента (длительности и периодичности) проведения наблюдений, а также выбор методов и инструментов выполнения наблюдений.

Набор показателей, по которым предполагается проводить наблюдения в рамках мониторинга, должен характеризовать ключевые компоненты, определяющие функционирование ИЛТС. На основании значений наблюдаемых показателей можно сделать вывод о состоянии системы в конкретный момент времени на основании величин показателей состояния системы, на основании всего объема которых можно сделать вывод об устойчивости ИЛТС и дать прогноз ее дальнейшего развития. Одни и те же показатели состояния системы могут характеризовать различные факторы устойчивости. Также следует иметь в виду, что факторы устойчивости функционирования системы взаимосвязаны и нарушения одной из них может повлечь за собой нарушение другой (других) видов устойчивости.

Оцениваемые в рамках мониторинга параметры, определяемые на основе их показатели состояния системы и характеризующие ими виды устойчивости представлены на рис. 6.2.

После определения набора контролируемых параметров выполняется выбор средства контроля. В таблице 6.1 приведены примеры средств контроля параметров различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС.

Предельные значения параметров, при достижении которых происходит нарушение устойчивости системы, могут быть определены как на основании значений, приведенных в нормативных документах (в первую очередь, это касается предельных величин деформаций конструкций), так и на основании выполненных количественных прогнозов изменения компонентов ИЛТС в результате техногенных воздействий (например, в результате математического моделирования изменения гидрогеологических условий или геотехнического прогноза влияния нового строительства на окружающую застройку). Сравнение результатов наблюдений с предельными (ожидаемыми) величинами позволяет делать выводы о состоянии наблюдаемого компонента системы в конкретной точке получения информации, экспертный анализ всего объема данных наблюдений – о состоянии системы в целом.

Обоснование пространственной структуры мониторинга предполагает разработку площадной и вертикальной схем размещения пунктов получения информации о показателях состояния ИЛТС. Подробно обоснование пространственной структуры наблюдательной сети рассмотрено в разделе 6.4.

Временной регламент проведения наблюдений во многом определяется их целью.

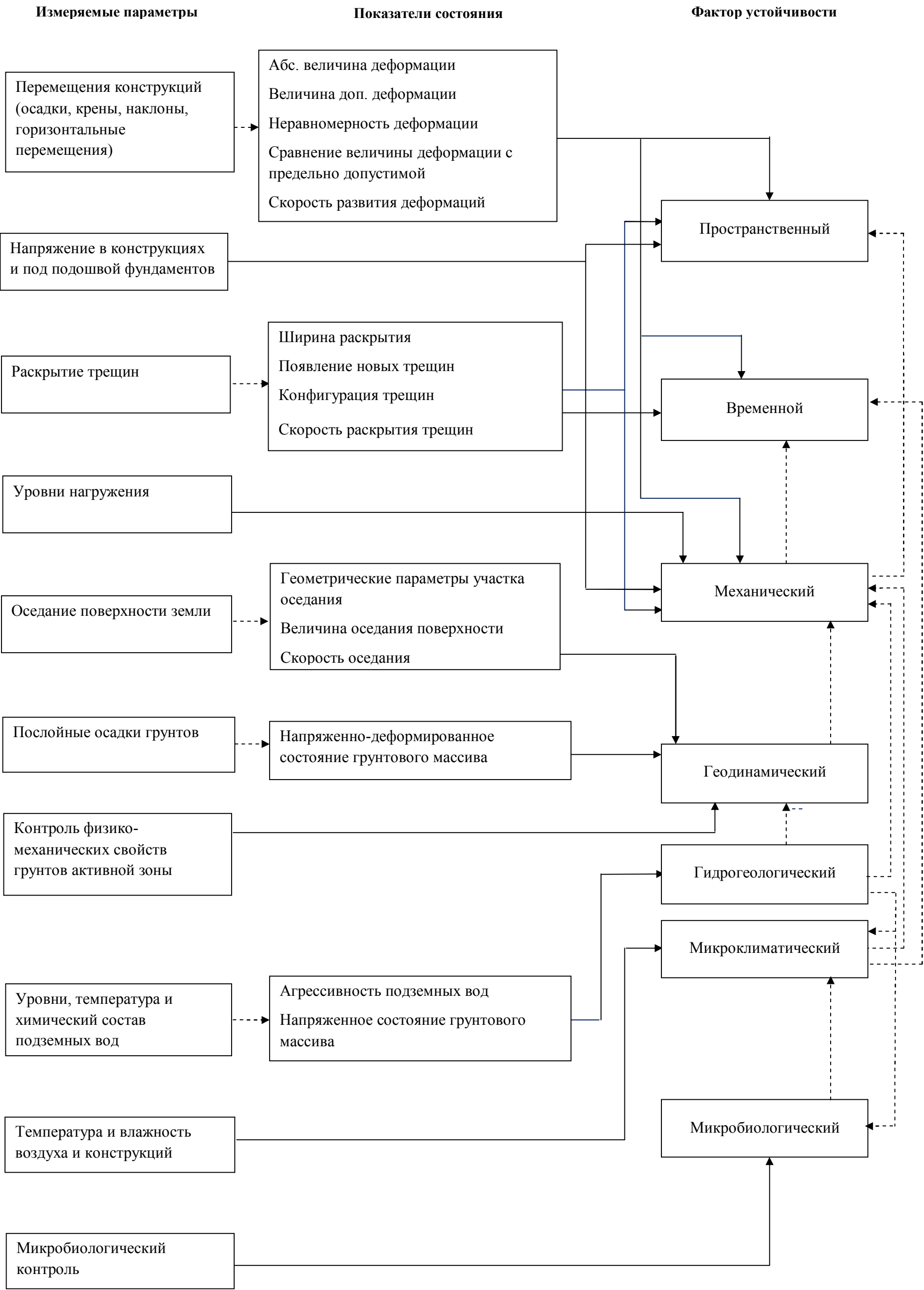


Рис. 6.2. Наблюдаемые параметры и их роль в мониторинге ИЛТС

Параметры факторов устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений и средства их контроля

	Фактор устойчивости	Параметры фактора устойчивости	Средства контроля
1	Пространственный	Общая пространственная целостность здания Перемещения конструкций (осадки, крены, наклоны, горизонтальные перемещения)	Геодезические методы измерения по реперам и осадочным маркам; GPS-измерения; стереофотограмметрия; лазерное сканирование; кренометры, прямые и обратные отвесы, автоматические инклинометры.
2	Временной	Изменение во времени различных параметров пространственного, механического, геодинамического, микробиологического, микроклиматического и эколого-геологического факторов	Анализ изменения параметров различных факторов устойчивости функционирования во времени
3	Механический	Появление трещин Параметры раскрытия трещин Деформации конструкций (см. параметры пространственного фактора устойчивости) Уровни нагружения фундаментов и грунтов основания Физико-механическая стабильность отдельных компонентов системы Способность отдельных компонентов воспринимать фактически действующие нагрузки	Визуальное обследование конструкций здания; Детальное обследование конструкций здания (неразрушающий контроль состояния строительных конструкций, разрушающие испытания материалов строительных конструкций (лабораторные испытания)); Визуальный контроль за трещинами в строительных конструкциях; Наблюдения за геометрическими параметрами трещин с помощью маяков или автоматических трещиномеров. Проходка шурфов для обследования фундаментов и грунтов основания, с отбором проб грунта из-под подошвы фундамента с последующими лабораторными исследованиями; Установка тензометрических датчиков (в случае, если выполняется возведение новых конструкций)
4	Геодинамический	Оседание поверхности земли Послойные осадки грунтов Образование провалов Изменение физико-механических свойств грунтов активной зоны Пораженность территории каким-либо инженерно-геологическим процессом Активность инженерно-геологического процесса	Полевые инженерно-геологические методы (статическое зондирование, горизонтальное статическое зондирование, динамическое зондирование); Лабораторные исследования грунтов, Экстензометрия; Инклинометрия; Геофизические методы (электроразведка, сейсмоакустические методы и др.); Визуальный контроль оседаний поверхности земли, при необходимости - геодезические методы контроля за оседаниями земной поверхности (с помощью системы осадочных марок на поверхности грунта)
5	Гидрогеологический	Уровни, температуры и химический состав подземных вод	Наблюдения в гидрогеологических скважинах за уровнями (электрические, механические, лазерные, биметаллические уровнемеры), температурой (скважинные термометры) и химическим составом подземных вод (отбор и лабораторные исследования проб воды)
6	Микроклиматический	Температура, относительная влажность и чистота воздуха в помещениях Температура и влажность конструкций здания Состояние (исправность / неисправность) и параметры работы инженерных систем здания	Визуальный контроль состояния помещений и конструкций, опрос представителей эксплуатационных служб, персонала и посетителей; Автоматические станции контроля качества воздуха; Гигрометры, психрометры, термометры. Пирометры, тепловизоры; Контроль состояния водонесущих коммуникаций (измерение напора и расхода воды в трубопроводах, акустическая инспекция трубопроводов, дистанционная термография)
7	Микробиологический	Наличие (появление и распространение) биопоражений на конструкциях, отделочном слое и предметах интерьера Микробиологический состав воздуха, грунтов и подземных вод Изменения химического и минерального состава грунтов, вызванные деятельностью микроорганизмов Изменение газового и биотического компонентов грунтов	Визуальный контроль состояния помещений, в случае необходимости, лабораторные исследования проб, отобранных из зон деструкции строительных материалов; Санитарно-микробиологические исследования воздуха; Лабораторные исследования грунтов (химического и минерального состава); Газовая хроматография
8	Эколого-геологический	Состояние растительного и почвенного покровов Загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод	Визуальный контроль с фотофиксацией

При проведении мониторинга выделяются 4 группы наблюдений: инвентаризационные, ретроспективные, режимные и методические (Королев, 2007), отличающиеся целями, задачами, методами и временным регламентом проведения.

Применительно к ИЛТС наиболее широко используются инвентаризационные и режимные наблюдения. К инвентаризационным могут быть отнесены проводимые раз в 5 лет регламентные обследования объектов культурного наследия (Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ). Режимные наблюдения, отражающие определенные временные (ежегодные, сезонные, ежемесячные, суточные) колебания в системе, часто ошибочно считают эквивалентом мониторинга.

В наименьшей степени в существующей практике ведения мониторинга регламентированы ретроспективные и методические наблюдения, несмотря на то, что они играют значительную роль в обеспечении сохранности ИЛТС. Так, ретроспективные наблюдения направлены на выявление тенденций развития системы (отдельных ее компонентов) (в том числе определение траектории движения ИЛТС во времени и оценке изменения устойчивости ее функционирования).

При методических наблюдениях мониторинг ИЛТС выступает как особая геоинформационная система, являющаяся источником информации о характере функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений в условиях городской среды, что особенно важно для территорий с похожими инженерно-геологическими условиями. Например, результаты мониторинга ГАБТ, проводимого в рамках его реконструкции, могут быть положены в основу обоснования и оптимизации мониторинга здания Малого театра, реконструкция которого началась в 2013 году.

Для выполнения основной своей функции – сохранения и оптимизации функционирования ИЛТС, мониторинг ИЛТС должен включать все четыре группы наблюдений, которые должны использоваться для разных задач. Так, инвентаризационные наблюдения на качественном уровне определяют состояние системы, ретроспективные – на качественном и количественном уровне отслеживают изменения функционирования системы и отдельных ее компонентов во времени. Все виды наблюдений должны быть интегрированы в единый эффективный блок наблюдения мониторинга ИЛТС и согласованы друг с другом.

Обоснование длительности и периодичности проведения наблюдений рассматривается в разделе 6.3.

После разработки принципиальной схемы проводится выбор методов и средств проведения наблюдений, после чего производится переход к этапу реализации разработанной системы мониторинга.

Далее выполняется обоснование пространственной структуры наблюдательной сети и временного регламента мониторинга (см. разделы 6.3 и 6.4), а также выбор методов и средств проведения наблюдений.

Этап 2: реализация (ведение) мониторинга

На втором этапе осуществляется практическая реализация спроектированной системы мониторинга, включающая в себя установку на объектах пунктов получения информации о состоянии компонентов ИЛТС, формирование наблюдательной сети и начало функционирования системы мониторинга, включающее в себя наблюдения, оценку и прогнозирование поведения системы во времени.

Наблюдаемые параметры измеряются с заданной периодичностью. На основе анализа всего объема полученных данных производится оценка функционирования ИЛТС в данный момент времени и выполняется прогноз изменения ее состояния, а также формируется база для принятия решений по управлению ИЛТС.

Блоки наблюдения, оценки и прогноза взаимосвязаны и взаимообусловлены. Анализ результатов измерений позволяет оценить состояние ИЛТС, устойчивость системы и динамику ее изменения, основные тенденции развития, а также проанализировать эффективность системы мониторинга и, в случае необходимости, скорректировать (в сторону уменьшения или увеличения) количество пунктов получения информации, набор контролируемых параметров и периодичность их измерения.

Прогнозирование играет важную роль при проведении мониторинга. Предварительный (как правило, качественный) прогноз функционирования ИЛТС производится уже на этапе оценки состояния ИЛТС и оценки различных факторов устойчивости ее функционирования (например, с помощью величины запаса механической устойчивости (см. главу 4)).

В основе прогнозного блока мониторинга должна лежать постоянно действующая модель (ПДМ) ИЛТС, учитывающая взаимодействия технической и геологической подсистем друг с другом на протяжении всего времени существования ИЛТС, а также влияние на ИЛТС внешних факторов, в первую очередь, техногенных. В отличие от других направлений исследований в инженерной геологии ПДМ функционирует в системе мониторинга постоянно, а не направленно на решение какой-либо единовременной задачи (Королев, 1995).

Информационную основу ПДМ ИЛТС должны составлять показатели, характеризующие ее техническую и геологическую подсистемы и устойчивость функционирования ИЛТС в пространстве и во времени. Верификация ПДМ осуществляется с помощью сопоставления прогнозных значений параметров с полученными в результате непосредственных измерений.

Прогноз может быть качественный или количественный, в том числе выполненный с помощью методов математического моделирования. На основании результатов прогноза и

анализа результатов измерений могут быть уточнены критерии безопасности системы (предельно допустимых значений наблюдаемых параметров).

Этап 3: Принятие управляющих решений

Как отмечено выше, основной целью мониторинга является сохранение ИЛТС, для чего осуществляются разнообразные управляющие воздействия на ее техническую и геологическую подсистемы или отдельные их компоненты, направленные на оптимизацию функционирования ИЛТС и поддержание или (восстановление) устойчивости ее функционирования.

В сложившейся строительной практике основные управляющие воздействия оказываются на техническую подсистему, при этом, когда речь идет об исторических зданиях, арсенал технических средств, в том числе мероприятий по инженерной защите территории, ограничен требованиями к сохранению исторического облика, микроклимата помещений, выбором определенных материалов, которые бы сочетались с первоначальными, эстетической составляющей функционирования и т.п.

Обоснование принятия управляющего решения является завершающим этапом работы системы мониторинга. Управление функционированием ИЛТС принимается на основании анализа результатов наблюдений и прогноза изменения состояния ИЛТС с учетом обеспечения всех факторов устойчивости ее функционирования.

Общая стратегия управления ИЛТС, включающая в себя перечень возможных управляющих воздействий, должна быть определена еще на этапе оценки состояния ИЛТС. Управляющие воздействия могут быть активными, например, противоаварийные мероприятия, трансформация ИЛТС, вызванная необходимостью ее приспособления к современной градостроительной среде, или пассивными, в случае, если по результатам мониторинга ИЛТС устойчива и нарушения устойчивости не прогнозируется, принимается решение о невмешательстве в функционирование ИЛТС на данном этапе ее существования. В любом случае, каждое управляющее решение, затрагивающее компоненты ИЛТС, которые могут сказаться на ее устойчивости, должно быть обоснованным и выполняться с учетом того, что объектом воздействия в итоге является система в целом, а не какая-то ее отдельная составляющая.

6.3 Временной регламент мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

Временной регламент мониторинга определяется общей продолжительностью его ведения, периодичностью проведения наблюдений и динамикой изменения наблюдаемых параметров.

Кроме того, он зависит от категории состояния ИЛТС, динамики и периодичности (если она имеет место) протекающих в ИЛТС процессов и предполагаемыми воздействиями на систему (функционирование в «естественных» условия либо же в условиях направленного изменения ИЛТС или ее части).

Согласно разделу 12 СП 22.13330.2011, геотехнический мониторинг осуществляется в период строительства и на начальном этапе эксплуатации реконструируемых или вновь возводимых зданий (исторические здания попадают в окружающую застройку), начинается «до начала строительства» и, при реконструкции памятников истории, архитектуры и культуры, продолжается не менее 2 лет после завершения строительства. Периодичность наблюдений, согласно СП 22.13330.2011, определяется ходом строительно-монтажных работ, ожидаемыми деформациями, а также наступлением момента стабилизации контролируемых параметров, характеризующимся отсутствием деформаций (абсолютное значение деформационной характеристики не превышает предельной погрешности ее определения). Такой подход актуален для нового строительства и реконструкции современных зданий, однако, для особо ценных историко-культурных зданий наблюдения с некоторой периодичностью должны вестись постоянно. В случае если за исследуемым зданием наблюдения никогда не велись, то минимум за год до предполагаемых строительных вмешательств должен быть начат его мониторинг для получения первичных сведений о режиме функционирования и траектории движения ИЛТС.

Периодичность наблюдений не является константой. Она может изменяться в зависимости от интенсивности процессов в системе, динамики изменения наблюдаемых показателей, текущего состояния системы и прогноза его изменения во времени, в том числе в результате планируемых строительных вмешательств, а также на основании опыта ведения мониторинга на территории исторического центра Москвы.

Наблюдения за различными параметрами состояния ИЛТС должны быть согласованы друг с другом, однако, могут выполняться с различной периодичностью, определяемой динамикой изменения наблюдаемых параметров.

При возникновении аварийной ситуации или потенциально аварийного внешнего фактора (аномальные климатические явления, начало нового строительства вблизи ИЛТС, техногенные аварии (прорыв водонесущих коммуникаций и т.п.), должен быть произведен внеочередной цикл (или несколько циклов) мониторинга. В случае возникновения каких-либо внештатных ситуаций, действия организаций, выполняющих мониторинг, эксплуатирующих инженерных служб здания, строительных организаций, ведущих работы на объекте или вблизи него, должны быть согласованы.

Выбор временного регламента во многом зависит от прогноза изменения состояния ИЛТС, а также от факторов, определяющих траекторию движения ИЛТС.

Принципиальным моментом является, будет ли дальнейшее развитие ИЛТС «возмущенным» или «естественным». При «возмущенном» сценарии в качестве основного фактора развития ИЛТС выступают строительные воздействия (планируется трансформация ИЛТС (реконструкция, капитальный ремонт, противоаварийные мероприятия) или ИЛТС попадает в зону влияния нового строительства). При таком сценарии основной целью управляющих воздействий на ИЛТС, является наделение ее заданными свойствами и характеристиками (например, восстановление несущей способности строительных конструкций, мероприятия по инженерной защите территории ИЛТС, освоение подземного пространства и т.п.) и (или) предотвращение аварийных ситуаций, временной регламент определяется регламентом строительных работ.

При «естественном» («невозмущенном») сценарии изменение состояния ИЛТС происходит под влиянием внутренних процессов в системе. В данном случае временной регламент мониторинга определяется состоянием ИЛТС (устойчивым, предельным равновесием или неустойчивым), тенденциями развития ИЛТС и динамикой процессов, происходящих в системе. Примерный временной регламент для «естественного» функционирования ИЛТС с различными категориями состояния приведен в таблице 6.2. Для конкретных ИЛТС этот регламент должен уточняться с учетом их выявленных особенностей.

Таблица 6.2

**Периодичность наблюдений в зависимости от категории состояния
литотехнических систем историко-культурных сооружений**

Наблюдаемый параметр	Категория состояния ИЛТС		
	Устойчивая	Предельное равновесие	Неустойчивая
Осадка здания	2 раза в год (осенью и весной)	1 раз в сезон (1 раз в 3 месяца)	1 раз в месяц или чаще в зависимости от динамики развития деформаций
Трещины (раскрытие, появление новых)			
Крен			
Наклон			
Напряженно- деформированное состояние конструкций			
Износ конструкций (по результатам визуального обследования)	1 раз в 5 лет	1 раз в 3 года	1 раз в год
Уровни нагружения грунтов и фундаментов			

Таблица 6.2
(продолжение)

Наблюдаемый параметр	Категория состояния ИЛТС		
	Устойчивая	Предельное равновесие	Неустойчивая
Оседания поверхности земли	1 раз в год	2 раза в году (осенью и весной)	1 раз в месяц
Состояние грунтового массива (появление зон разуплотнения, послойные осадки грунта (при наличии в активной зоне слабых грунтов или потенциальной возможности развития карстовых и суффозионных процессов)	1 раз в 5 лет	1 раз в 3 года	2 раза в году (осенью и весной)
Уровни подземных вод	1 раз в сезон (1 раз в 3 месяца)	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц
Температура и химический состав подземных вод	2 раза в году		1 раз в 2 месяца
Температура и влажность воздуха, температура и влажность конструкций	1 раз в сезон (1 раз в 3 месяца)		1 раз в месяц
Биопоражения конструкций	1 раз в год		по мере необходимости

6.4. Пространственная структура мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

Наблюдательная сеть представляет собой совокупность пунктов получения информации о состоянии компонентов ИЛТС (т. н. СППИНФов (Бондарик, 1981).

Построение наблюдательных сетей мониторинга осуществляется в соответствии с общими принципами мониторинга по В.А. Королеву (Королев, 1995, 2007): структурно-организационным, обучающим, пространственным, временным и целевым.

При выборе расположения точек наблюдений были учтены также необходимость обеспечения репрезентативности результатов, доступности и сохранности пунктов получения информации.

Структура наблюдательной сети определяется особенностями геологической и технической подсистем ИЛТС, категорией состояния ИЛТС и характером техногенного воздействия на исследуемую систему.

В случае, если в пределах исследуемой ИЛТС выделяются различные по типу устойчивости участки, то в пределах каждого такого участка должен быть расположен пункт получения информации. При этом пункты получения информации в первую очередь должны вести наблюдения за компонентами, оказывающими на данном участке определяющее значение на функционирование ИЛТС.

Пункты получения информации должны располагаться как в пределах зон наиболее интенсивных техногенных воздействий (существующих и ожидаемых), на участках существующего и потенциально возможного нарушения устойчивости, так и в пределах устойчивых участков «естественного» развития.

Изначально наблюдательная сеть мониторинга строится по избыточному принципу (Королев, 2007), затем после анализа результатов наблюдений за несколько циклов мониторинга количество пунктов получения информации может быть сокращено.

Методика расчета параметров СППИНФов (объема, расстояния между точками наблюдений) изложена в работах Г. К. Бондарика и соавторов (1981, 1986, 1993, 2009), однако, ее практическое применение наиболее эффективно при инженерно-геологическом изучении крупных территорий, в пределах которых могут в полной мере проявиться закономерности пространственной изменчивости отложений, т. е. при проведении инженерно-геологических съемок различных масштабов.

Пункты наблюдений за показателями состояния геологической подсистемы должны размещаться вдоль профилей, оптимальные направления которых могут быть получены на основании анализа комплектов карт для геодинамического фактора устойчивости ИЛТС (т. е. выполнения типологического районирования для геодинамического фактора устойчивости системы). Пункты должны располагаться вдоль линий максимальной изменчивости на наиболее контрастных участках, которые могут быть определены как на основании расчета, так и с помощью метода экспертных оценок.

6.5. Целевая комплексная программа мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

Основным документом при организации мониторинга ИЛТС является «Целевая комплексная программа мониторинга» (ЦКПМ). Назначение ЦКПМ - обоснованно наметить оптимальный состав и последовательность практических действий по организации и функционированию мониторинга ИЛТС (Королев, 1995, 2007).

ЦКПМ должна включать в себя основные разделы:

Введение

1. Характеристика объекта мониторинга (ИЛТС)
2. Обоснование наблюдательной сети мониторинга
3. Временной регламент мониторинга
4. Методы мониторинга
5. Средства контроля состояния ИЛТС
6. Требования к представлению результатов мониторинга
7. Научно-методические проблемы мониторинга
8. План организационных работ

Заключение

Список использованной литературы

Графические приложения

Рассмотрим подробнее состав разделов ЦКПМ.

Введение содержит основные сведения об объекте мониторинга, обоснование необходимости организации мониторинга, его основные цели и задачи.

Раздел 1 «Характеристика объекта мониторинга» должен содержать комплексную оценку ИЛТС – объекта мониторинга и оценку устойчивости его функционирования.

Раздел 1 должен включать в себя следующие подразделы:

- 1.1 Характеристика геологической подсистемы ИЛТС;
- 1.2 Характеристика технической подсистемы ИЛТС;
- 1.3 Оценка взаимодействия компонентов ИЛТС;
- 1.4 Оценка воздействий (внешних по отношению к системе и системы на другие ЛТС);
- 1.5 Прогноз изменения состояния системы (отдельных ее компонентов) (качественный или количественный, в том числе выполненный методами математического моделирования);
- 1.6 Оценка значимых факторов устойчивости функционирования ИЛТС;
- 1.7 Критерии оценки состояния системы и границы области допустимых состояний системы;
- 1.8 Оценка состояния ИЛТС (с указанием категории состояния).

Раздел 2 «Обоснование наблюдательной сети мониторинга» должен содержать обоснование состава наблюдений и пространственной структуры СППИНФа мониторинга.

Раздел 2 включает в себя следующие подразделы:

- 2.1 Состав наблюдений;
- 2.2 Пространственная структура наблюдательной сети мониторинга.

Раздел 3 «Временной регламент мониторинга» содержит сведения о периодичности всех проводимых в рамках мониторинга наблюдений.

Раздел 4 «Методы мониторинга» содержит сведения об основных методах, применяемых в рамках мониторинга.

Раздел 4 включает в себя следующие подразделы:

4.1 Методы наблюдения (сведения об используемых методах изменения параметров состояния ИЛТС);

4.2 Методы оценки результатов наблюдения за системой;

4.3 Методы прогноза изменения состояния ИЛТС.

Раздел 4 содержит весь перечень методов наблюдений, сбора и обработки получаемой информации, в т. ч. полевые инженерно-геологические, гидрогеологические и геофизические методы исследований, дистанционные методы наблюдений, математическое моделирование, включая характеристику постоянно действующей модели в системе мониторинга.

Раздел 5 «Средства контроля состояния системы» содержит сведения о технической базе мониторинга (всех средствах измерения параметров состояния системы (различных датчиках и приборах контроля), программном и метрологическом обеспечении измерений, задействованных при мониторинге).

Раздел 6 «Требования к представлению результатов мониторинга» содержит основные требования к отчетности по результатам мониторинга и ознакомлению с ними всех заинтересованных лиц (заказчиков, представителей строительных организаций, органов по строительному надзору и надзору за объектами культурного наследия).

Раздел 7 «Научно-методические проблемы мониторинга» посвящен научным проблемам, которые могут возникнуть при обосновании и организации мониторинга.

Раздел 8 «План организационных работ» включает в себя план создания системы мониторинга и ее функционирование.

Раздел включает в себя следующие подразделы:

8.1. Организационные работы на подготовительном этапе (первичный сбор информации об ИЛТС);

8.2 Организационные работы по организации наблюдательной сети мониторинга;

8.3 Создание информационной базы мониторинга;

8.4 Организационные работы при функционировании системы мониторинга;

8.5 Описание функционирующей системы мониторинга с описанием порядка оценки и прогноза ситуаций и принятием управляющих решений;

8.6 Возможные изменения системы мониторинга при различных сценариях функционирования ИЛТС.

Каждый из подразделов содержит четкое описание его задач и содержания, включает сведения о видах работ, их объемах, сроках проведения, сведения о сотрудниках и представителях субподрядных организаций, задействованных на каждом этапе работ, общие требования по охране труда и технике безопасности при производстве работ.

Заключение содержит общие выводы о системе мониторинга исследуемой ИЛТС.

Графические приложения к целевой комплексной программе мониторинга должны включать «Карту-схему организации мониторинга ИЛТС», а также другие графические материалы, используемые при обосновании мониторинга.

6.6. Проект системы пунктов получения информации о состоянии литотехнической системы, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского

Предлагаемый подход к обоснованию мониторинга может быть проиллюстрирован на примере проекта системы пунктов получения информации (СППИНФа) ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского, в период реконструкции и последующей эксплуатации здания.

По результатам инженерно-геологических изысканий и обследований конструкций и грунтов основания фундаментов (см. разделы 2.2.2, 2.3.2 и 5.3), данная ИЛТС (до начала реконструкции здания), может быть отнесена к категории состояния II (предельного равновесия).

В ходе второго этапа реконструкции здания, главное здание консерватории оказывается в зоне влияния нового строительства, в связи с чем, режим функционирования рассматриваемой ИЛТС можно считать «возмущенным» (подробное описание состава работ по реконструкции приведено в разделе 2.3.2).

Наблюдательная сеть мониторинга должна включать в себя пункты получения информации о состоянии рассматриваемой ИЛТС для периодов функционирования в «естественном» режиме (до начала строительства), строительства и последующей эксплуатации здания и быть способной к трансформации в зависимости от целей мониторинга.

Схема расположения точек и датчиков контроля для мониторинга ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского приведена на рис.6.3. Примеры приборов и датчиков наблюдаемых параметров в системе мониторинга ИЛТС приведены на рис.6.4. Проект стационарных точек получения информации о состоянии ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского, представлен на рис.6.5.

В части проекта деформационной и плановой наблюдательных сетей использованы материалы ГУП МНИИП «Моспроект-4» и ООО «СК «КРЕАЛ» (2010).

Схема расположения точек и датчиков контроля

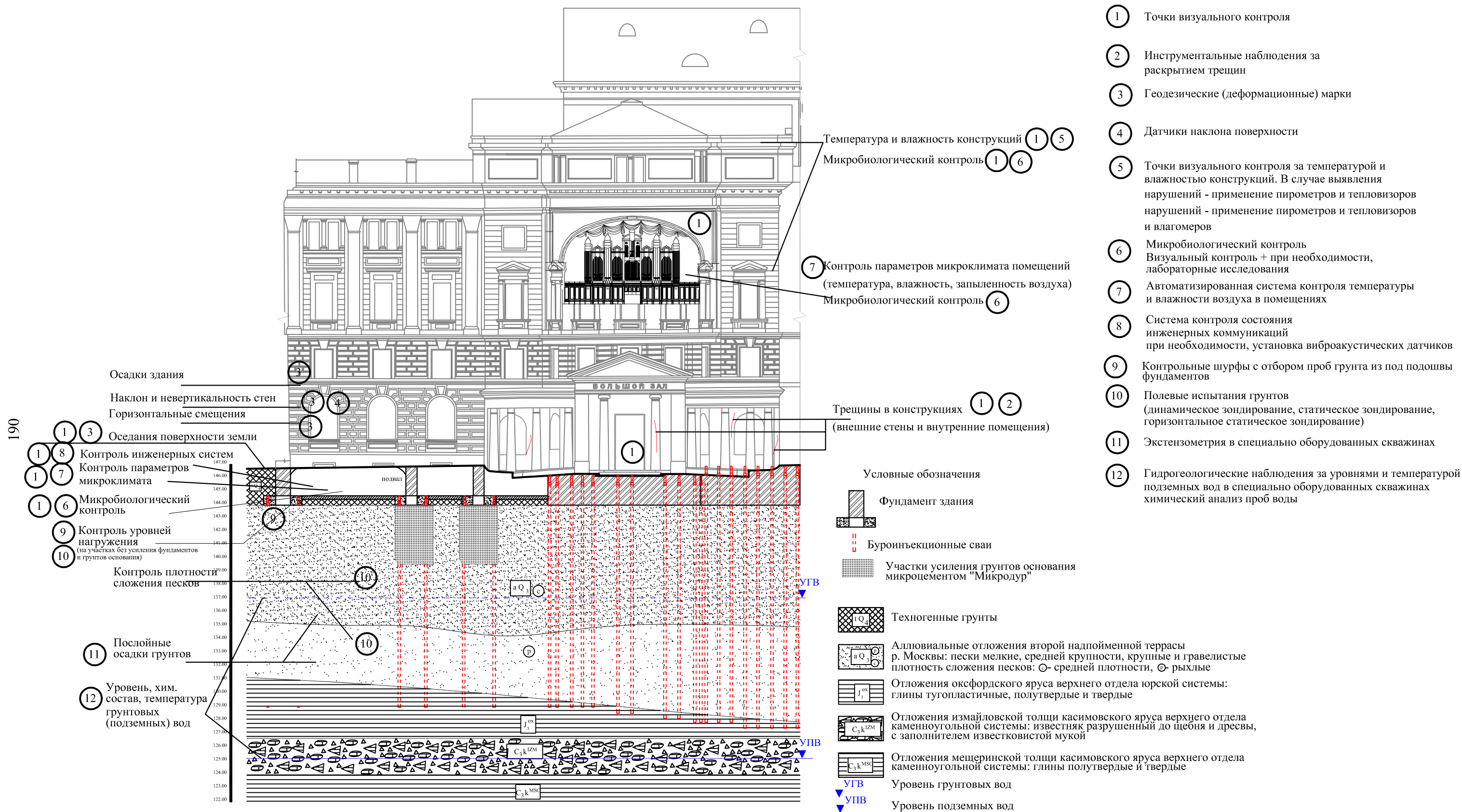


Рис. 6.3. Схема расположения точек и датчиков контроля для мониторинга ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского

(выполнила Кузнецова Н.В., с использованием данных ГУП МНИИП "Моспроект-4" и ООО "СК "КРЕАЛ")

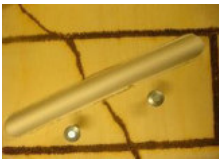
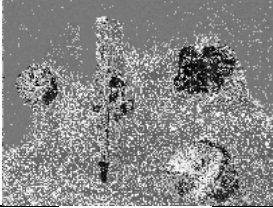
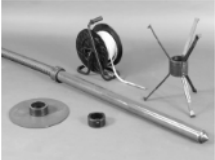
Наименование прибора (датчика)	Фото	Назначение в системе мониторинга	№.№ типа точки контроля в соответствии с рис. 6.3
гипсовый маяк (со шпильками для микрометра)		Инструментальные наблюдения за раскрытием трещин	2
маяк пластинчатый	 		
автоматический щелемер	 		
осадочная марка		Наблюдения за вертикальными и горизонтальными перемещениями конструкций	3
датчики наклона поверхности (инклинометры)		Наблюдения за наклонами конструкций здания	4
тепловизор		Контроль теплового режима конструкций	5
влажомер		Контроль влажности конструкций	5
автоматическая система контроля температуры и влажности воздуха в помещении		Контроль температуры и влажности воздуха в помещениях	7
прибор акустической томографии сетей (КурСар)		Контроль состояния инженерных сетей	8
портативная установка динамического зондирования		Контроль плотности песков	10
Скважинный экстензометр		Послойные осадки грунта	11
гидрогеологическая «хлопушка» с встроенным термометром		Гидрогеологические наблюдения	12
Система измерения уровня воды с автоматической регистрацией		Гидрогеологические наблюдения	12

Рис. 6.4. Примеры приборов и датчиков контроля и приборов контроля наблюдаемых параметров в системе мониторинга ИЛТС



Рис. 6.5. Пример установки стационарных датчиков контроля состояния СППИНФа мониторинга ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского

При проведении мониторинга должны быть охарактеризованы пространственный, временной, механический, геодинамический, гидрогеологический, микроклиматический и микробиологический факторы устойчивости функционирования ИЛТС.

Наблюдения за параметрами пространственного фактора устойчивости функционирования должны включать в себя наблюдения за вертикальными перемещениями (осадками) здания (для всех периодов функционирования ИЛТС), а также в период строительства - за горизонтальными (плановыми) перемещениями, кренами и наклонами здания.

Основные требования к измерениям деформаций оснований зданий и сооружений приведены в ГОСТ 24846-2012. Перед началом измерений производится установка деформационных (геодезических) марок и опорных реперов. Опорные репера (не менее трех штук) могут быть глубинными, грунтовыми или стеновыми в зависимости от требуемого класса точности измерений.

Основными методами наблюдений за вертикальными перемещениями (осадками) конструкций здания являются методы геометрического (наиболее распространенный), тригонометрического или гидростатического нивелирования. Также могут быть использованы GPS-измерения, стереофотограмметрия и лазерное сканирование.

Измерение осадок заключается в наблюдении за высотными деформационными марками. Деформационные (геодезические) марки, согласно ГОСТ 24846-2012, устанавливаются по всему периметру здания (его цокольной части), внутри его, в т. ч. на углах, на характерных точках здания, с учетом его конструктивных особенностей, вдоль продольных и поперечных стен, с шагом 10-15 м (для зданий с кирпичными стенами и ленточными фундаментами). Также марки должны устанавливаться на участках нарушения различных факторов устойчивости функционирования (в местах существующих или ожидаемых деформаций (пространственного, механического, а также временного факторов) или развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов (геодинамический фактор)).

Все деформационные марки, установленные в пределах здания (внутри него и по периметру) образуют высотную деформационную сеть объекта.

Основными методами наблюдений за горизонтальными смещениями, согласно ГОСТ 24846-2012, являются створное наблюдение, метод отдельных направлений, триангуляция и фотограмметрия.

Плановый сдвиг может быть определен по горизонтальным расстояниям от линии плоскости фасада до контрольных марок, установленных на несущих конструкциях здания на уровне первого этажа. Наклон здания определяется по горизонтальным смещениям точек на

наружных несущих стенах здания. Горизонтальные смещения вычисляются по разностям положения точек каждого последующего цикла наблюдений от наблюдений нулевого цикла.

Наблюдения за кренами и наклонами здания или отдельных его конструкций могут, согласно ГОСТ 24846-2012, выполняться методами проецирования, координирования, измерения углов и направлений, фотограмметрии, а также механическими способами: кренометрами, прямыми, обратными отвесами, а также автоматическими инклинометрами, устанавливаемыми на поверхность стен. Для измерения наклонов и неперпендикулярности могут использоваться деформационные марки высотной сети.

Наблюдения за параметрами механического фактора устойчивости функционирования включают в себя наблюдения за перемещениями конструкций здания, в первую очередь за их осадками, трещинами в конструкциях и контроль уровней нагружения.

При оценке вертикальных перемещений конструкций используются данные, полученные в рамках наблюдения за пространственным фактором устойчивости. При оценке механического фактора устойчивости производится количественная оценка перемещений элементов технической подсистемы, определяются величины абсолютных и дополнительных деформаций, скорости развития и неравномерности деформаций, а также сравнение величины деформаций с предельно допустимыми.

Наблюдения за трещинами как индикаторами деформаций конструкций включают в себя визуальный осмотр конструкций (на предмет появления новых трещин и раскрытия уже существующих) и наблюдения за развитием трещины по длине, ширине и глубине. Подобные наблюдения могут выполняться с помощью маяков (гипсовых, алебастровых, цементных, стеклянных, металлических), которые при раскрытии трещин разрываются; инструментальными методами (циркулями и шкалами, с помощью микроскопов, индикаторами часового типа и циферблатами); с помощью автоматических трещиномеров, фиксирующих величину раскрытия трещин с заданным интервалом времени.

На рис.6.6 приведен фрагмент размещения маяков во внутренних помещениях здания консерватории.

Контроль уровней нагружения кладки фундаментов и грунтов основания целесообразно выполнять для участков существующих деформаций, зафиксированных ранее участков «перегрузки» грунтов основания и фундаментов, для которых не проводились работы по усилению фундаментов и грунтов основания сваями. Работы по контролю уровней нагружения включают в себя откопку шурфов, определение несущей способности грунтов основания (физико-механические свойства грунтов определяются по результатам лабораторных испытаний отобранных образцов грунтов, также возможно определение показателей

механических характеристик с помощью горизонтального зондирования грунтов под подошвой фундаментов) и кладки фундаментов (методами неразрушающего контроля).



Рис. 6.6. Фрагмент плана-схемы цокольного этажа здания БЗК МГК им. П.И. Чайковского с указанием расположения маяков (по материалам ГУП МНИИП «Моспроект-4» и ООО «СК «КРЕАЛ», 2010)

Для оценки параметров геодинамического фактора устойчивости функционирования ИЛТС МГК им. П.И. Чайковского предусматриваются наблюдения за изменениями состояния грунтового массива (возможностью формирования зон разуплотнения, изменением физико-механических свойств грунтов, в том числе залегающих непосредственно под подошвой фундаментов), послойными деформациями грунтов на период строительства, наблюдения за оседаниями поверхности земли.

Основная часть активной зоны ИЛТС МГК сложена песчаными грунтами. Таким образом, одним из наиболее опасных для ИЛТС МГК нарушений геодинамического фактора устойчивости является разуплотнение (формирования зон разуплотнения) в песчаной толще грунтов основания в результате суффозионного выноса. Контроль плотности песков может осуществляться полевыми методами – статическим или динамическим зондированием. Оптимальным для исследуемой площадки является динамическое зондирование, выполняемое переносными малогабаритными установками.

Изменение свойств грунтов, залегающих непосредственно под подошвами фундаментов, осуществляется в рамках определения уровней нагружения при оценке механического фактора

устойчивости. Наблюдения целесообразно выполнять в пределах участков, на которых не выполнено укрепление фундаментов буроинъекционными сваями и грунтов микроцементом «Микродур».

Наблюдения за оседаниями земной поверхности выполняются на основании визуального обследования исследуемой площадки размещения здания и прилегающей к ней территории. В случае фиксирования оседаний земной поверхности, система наблюдений может быть дополнена геодезическими измерениями на основании системы грунтовых реперов.

На период реконструкции, сопровождающейся освоением подземного пространства, учитывая наличие в зоне взаимодействия рыхлых песков, наблюдательная сеть должна включать в себя пункты наблюдения за послойными деформациями грунтов.

Наблюдения за состоянием грунтового массива предполагается осуществлять в пределах шести наблюдательных полигонов. При этом точки полевых испытаний, выполняемые в различные циклы наблюдений (раз в 5 лет) в пределах одного полигона, должны располагаться на расстоянии минимум 2 м от других, чтобы исключить попадания в дезинтегрированные в результате предыдущих испытаний участки грунтового массива.

При выявлении формирования зон разуплотнения необходимо выполнять геофизические исследования (например, сейсмическое профилирование), для определения контуров зон разуплотнения в плане.

Мониторинг послойных деформаций грунта выполняется путем измерения перемещений верха обсадной пластиковой трубы геодезическими методами и измерения вертикальных перемещений магнитных марок в грунте по обсадной пластиковой трубе, расположенной в экстензометрической скважине. Положение марок определяется при помощи датчика (зонда), расположенного на конце кабеля (со звуковым или световым оповещением). Всего предполагается оборудовать 4 экстензометрических скважины, расположенных по контуру проектируемого инженерного корпуса (см. рис.6.7).

Для оценки параметров гидрогеологического фактора устойчивости функционирования предусматривается наблюдение за подземными водами первого и второго от поверхности водоносных горизонтов.

Наблюдения за подземными водами включают в себя наблюдения за уровнями, температурой и химическим составом надъярского и измайловского горизонтов. Для наблюдений за первым от поверхности водоносным горизонтом предлагается оборудовать сеть из шести наблюдательных скважин (см. рис. 6.5).

Местоположение скважин выбирается с учетом расположения площадки в условиях плотной городской застройки, минимизации ущерба для благоустройства территории.

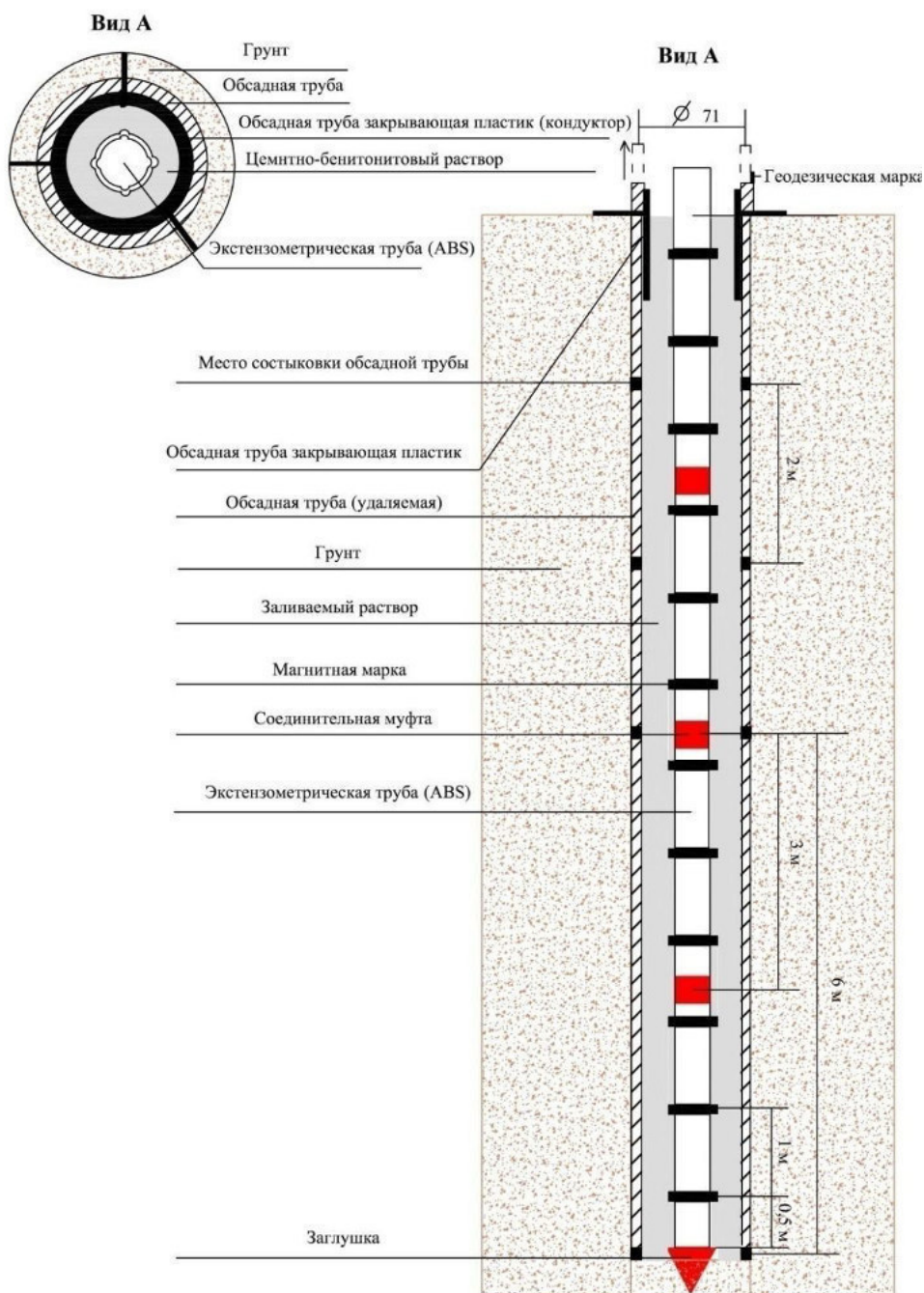


Рис. 6.7. Схема экстензометрической трубы

При выборе мест расположения скважин учитывалось также, что на площадке в рамках реконструкции и реставрации Большого зала МГК будут производиться земляные работы, в связи с чем часть скважин должна располагаться в пределах контура здания (в его подвале).

Второй (измайловский) горизонт не взаимодействует с технической подсистемой ИЛТС (фундаментами здания), однако, наблюдения за ним необходимы для контроля развития возможных суффозионных и карстовых процессов. Для наблюдения за вторым водоносным горизонтом предусматривается оборудование двух наблюдательных скважин в пределах потенциально опасного в карстовом и суффозионном отношении участка площадки.

Для оценки состояния более глубоких горизонтов подземных вод предлагается использовать данные городской наблюдательной сети.

Наблюдательная скважина представляет собой колонну труб с фильтром в нижней части, под фильтром для предотвращения засорения фильтра располагается отстойник. Сверху скважина закрывается оголовком. Конструкция скважины представлена на рис. 6.8.

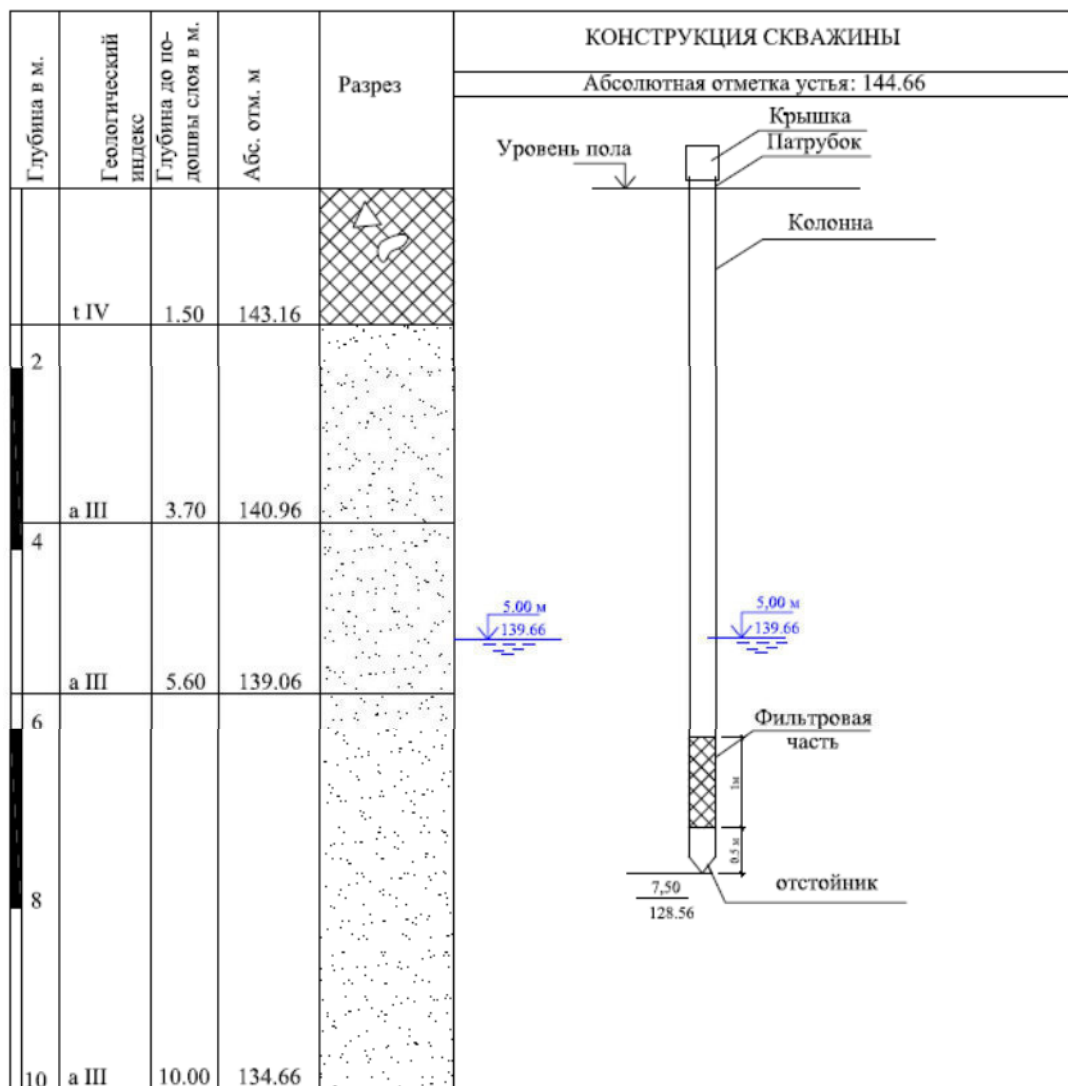


Рис. 6.8. Конструкция наблюдательной гидрогеологической скважины

В процессе реконструкции для наблюдения за первым водоносным горизонтом предполагается задействование всех шести наблюдательных скважин для первого водоносного горизонта, после окончания строительства – наблюдательная сеть сокращается до четырех штук. Две скважины «консервируются» и, в случае необходимости (при повреждении одной из четырех скважин, начале строительных работ на сопредельных территориях, получении при измерениях в оставшихся скважинах значительных изменений уровней, температуры или химического состава подземных вод, требующих дополнительного уточнения и т.п.), могут быть вновь включены в наблюдательную сеть.

Наблюдения за параметрами микробиологического и микроклиматического факторов устойчивости функционирования тесно связаны с работой службы эксплуатации здания и, в первую очередь, включают в себя визуальный осмотр внутренних помещений здания, особое внимание должно быть уделено чердаку и подвалам. Визуальный осмотр проводится с целью обнаружения следов протечек, образования плесени, грибковых поражений строительных конструкций, выявления участков нарушения температурно-влажностного режима конструкций (замачивания, промораживания стен и т.д.). Важной составляющей частью оценки микроклиматического фактора устойчивости является мониторинг инженерных систем здания. В первую очередь, водонесущих коммуникаций (на предмет утечек) и систем, обеспечивающих оптимальный режим для нахождения в помещениях зрителей, учащихся, преподавателей и работников консерватории, а также сохранность музыкальных инструментов (отопления, вентиляции, кондиционирования).

Временной фактор устойчивости функционирования в рамках мониторинга в большей степени относится к блокам оценки и прогноза, чем наблюдения. Оценка данного фактора не требует оборудования дополнительных пунктов получения информации о состоянии ИЛТС, а базируется на анализе результатов наблюдений за показателями других факторов устойчивости (пространственного, механического, геодинамического, гидрогеологического, микроклиматического и микробиологического) и их изменениями во времени. Анализ изменения показателей во времени позволяет определить траекторию движения системы, тренды ее развития, а также выявить отклонения от траектории движения и приближение (достижение) границ области допустимых состояний. Следует отметить, что модификация (трансформация) ИЛТС, которой, например, является реконструкция и приспособление к современным условиям использования здания МГК, влечет за собой формирование новой траектории движения системы.

Выводы по главе 6

1. Схема организации мониторинга ИЛТС должна состоять из трех основных этапов: обоснования, реализации и управления функционированием ИЛТС.
2. Этап обоснования мониторинга включает в себя изучение характерных особенностей и параметров ИЛТС как объекта мониторинга и проектирование наблюдательной сети.
3. Основу этапа обоснования мониторинга составляет оценка устойчивости функционирования ИЛТС как оценка совокупности значимых факторов устойчивости функционирования.

4. Временной регламент мониторинга определяется категорией состояния ИЛТС, динамикой и периодичностью протекающих в ИЛТС процессов и предполагаемыми воздействиями на систему.

5. Структура наблюдательной сети определяется особенностями геологической и технической подсистем ИЛТС, категорией состояния ИЛТС, неоднородностью и контрастностью полей различных факторов устойчивости системы, характером техногенного воздействия на исследуемую систему.

6. Управление функционированием ИЛТС осуществляется на основании результатов анализа результатов наблюдений и прогноза изменения состояния ИЛТС с учетом обеспечения устойчивости ее функционирования.

Таким образом, проведенный анализ доказывает и позволяет сформулировать **третье защищаемое положение**:

Обоснована структура и методология организации мониторинга ИЛТС, базирующаяся на оценке устойчивости их функционирования и реализованной на примере ИЛТС, относящейся к зданию Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы.

1. Исторические здания и взаимодействующие с ними области литосферы образуют особые литотехнические системы. Под литотехнической системой историко-культурного сооружения (ИЛТС) предлагается понимать целостное естественно-искусственное образование, представленное техническими объектами, являющимися особо ценными в историческом и культурном отношении зданиями, сооружениями и их ансамблями, возраст которых превышает 100 лет, взаимодействующими друг с другом и геологическими массивами. Важнейшими особенностями ИЛТС являются их возраст и отсутствие достоверных сведений о их первоначального состояния. Мониторинг ИЛТС представляет собой систему постоянных наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния и управления ИЛТС, проводимых по заранее намеченной программе с целью обеспечения их устойчивого функционирования и сохранения в течение как можно более длительного времени в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека и природными процессами и явлениями.

2. ИЛТС являются особыми литотехническими системами и требуют особого подхода при обосновании системы мониторинга.

3. Основными тенденциями развития ИЛТС являются деградация в результате износа и разрушения материалов конструкций, трансформация в результате направленных строительных воздействий и адаптация как реакция системы на новые условия ее функционирования.

4. Выделены основополагающие черты и особенности ИЛТС исторического центра Москвы, связанные с их возрастом и функционированием в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки на техническую и геологическую подсистемы.

Характерные особенности ИЛТС можно разделить на две структурные группы – особенности геологической и технической подсистем. К особенностям технической подсистемы ИЛТС относятся ее возраст, уникальность, конструктивные решения и особенности режима эксплуатации зданий. К особенностям геологической подсистемы относятся наличие техногенных грунтов, изменения гидрогеологических условий, рельефа участка, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизация и развитие парагенеза инженерно-геологических процессов.

5. На основании особенностей технической и геологической подсистем ИЛТС можно выделить основные базовые элементы, которые должны быть учтены при обосновании их мониторинга. К ним относятся возраст, функциональное назначение, состояние технической

подсистемы и степень ее измененности, степень трансформации геологической подсистемы ИЛТС и отдельных ее компонентов.

6. Схема организации мониторинга ИЛТС состоит из трех основных этапов: обоснования, реализации и управления функционированием ИЛТС. Этап обоснования мониторинга, которому посвящено диссертационное исследование, включает в себя изучение характерных особенностей и параметров ИЛТС, оценку состояния ИЛТС и проектирование наблюдательной сети.

7. Оценка состояния ИЛТС в рамках обоснования ее мониторинга должна производиться на основании анализа устойчивости функционирования ИЛТС. Значимыми для оценки состояния ИЛТС являются пространственный, временной, механический, геодинамический, гидрогеологический, микроклиматический и микробиологический факторы устойчивости функционирования исследуемой системы. Факторы устойчивости могут быть охарактеризованы количественно и с помощью метода экспертных оценок. Предлагаемый подход к оценке состояния ИЛТС составляет научную новизну работы.

8. По совокупности параметров факторов устойчивости функционирования, на основании результатов инженерно-геологических изысканий, инженерно-технического обследования здания и режимных наблюдений, результатов анализа изменений, происходивших с системой на протяжении всего времени ее существования, ИЛТС может быть отнесена к одной из трех категорий состояния – устойчивой, предельного равновесия и неустойчивой. Если какой-либо из показателей является определяющим в поведении системы, в том числе для ее сохранности, то категория состояния устанавливается по этому показателю. Исходя из категории состояния ИЛТС, определяется состав режимных наблюдений и временной регламент мониторинга.

9. Временной регламент мониторинга определяется категорией состояний ИЛТС, динамикой и периодичностью протекающих в ИЛТС процессов и предполагаемыми воздействиями на систему.

10. Структура наблюдательной сети определяется особенностями геологической и технической подсистем ИЛТС, категорией состояния ИЛТС, неоднородностью и контрастностью полей различных видов устойчивости системы, характером техногенного воздействия на исследуемую систему.

11. Управление функционированием ИЛТС должно осуществляться на основании результатов анализа наблюдений и прогноза изменения состояния ИЛТС с учетом обеспечения всех факторов устойчивости функционирования для целей сохранения ИЛТС и их устойчивого функционирования в течение как можно более длительного времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкина Т.И. Литотехнические системы как результат взаимодействия природных и технических объектов в приповерхностной части литосферы //В кн.: Теория и методология экологической геологии / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. С. 213-236.
2. Ананьев В.П. Специальная инженерная геология: Учебник / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов, Н.А. Филькин. М.: Высшая школа, 2008. 264 с.
3. Бахирева Л.В. Рациональное использование и охрана окружающей среды городов. Л.В. Бахирева и др. М.: Наука, 1989. 91 с.
4. Бондарев М.В. Эволюционный аспект функционирования исторических природно-технических систем на примере памятников русской средневековой архитектуры // Геоэкология. 2007. № 3.С. 281-286.
5. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии. М., КДУ, 2015. 296 с.
6. Бондарик Г.К. Научные основы решения проблемы управления окружающей средой на базе положений геокибернетики// Сб. трудов к 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. 2013.С. 48-49.
7. Бондарик Г.К. Геокибернетика – инструмент диагностики и прогнозирования состояний природных и природно-технических систем // Геоэкология . 2012.№ 4.С. 364-371.
8. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н., Ярг Л.А. Научные основы обеспечения управления состоянием окружающей среды на региональном уровне// Инженерная геология. 2011.№ 3.С.12-20.
9. Бондарик Г.К., Л. Чан Мань, Ярг Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов. М.: Издательство ОАО «ПНИИИС», 2009. 260 с.
10. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н. Теоретические основы методики организации режимной сети мониторинга региональных природно-технических систем // Известия высших учебных заведений. «Геология и разведка». 2009. №5. С. 56-62.
11. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н. Научные основы методики организации режимной сети мониторинга природно-технических систем регионального уровня // Известия высших учебных заведений. «Геология и разведка». 2009. №3.С. 45-50.
12. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н., Ярг Л.А. Объективная оценка устойчивости геологической среды к техногенным взаимодействиям и приемы ее корректного картографирования // Инженерная геология. 2008. № 4.С. 4-14.
13. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Методика инженерно-геологических изысканий. М.: Недра, 2007. 333 с.
14. Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. М.: ИКАР, 2004. 375 с.
15. Бондарик Г.К. Оптимальное функционирование и устойчивость природно-технических систем// Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, почвоведения. М.: ВНИИ гидротехники и мелиорации , 1996. С.43-47.
16. Бондарик Г.К. Обоснование объема и пространственно-временной структуры мониторинга природно-технических систем разных уровней // Известия высших учебных заведений. «Геология и разведка». 1993. № 5.С.106-111.
17. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Природно-технические системы и их мониторинг // Инженерная геология. 1990. № 5.С. 3-9.

18. Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1986. 333 с.
19. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981. 256 с.
20. Вязкова О.Е. Теория, методология и практика инженерно-геологических исследований природно-археологических систем / Автореф. дис. .д.г.м.н.М., 2016, 46 с.
21. Галкин А.Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управление/ Автореф. дис. .д.г.м.н.М., 2014, 34 с.
22. Галкин А.Н. Методологические основы инженерно-геологического обоснования управления литотехническими системами// Инженерная геология. 2012. № 2.С. 63-72.
23. Галкин А.Н. Типизация литотехнических систем: состояние проблемы и пути ее решения// Инженерная геология. 2009. №3.С.30-33.
24. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. М.: Недра, 1989, 221с.
25. Голодковская Г.А., Лебедева Н.И. Инженерно-геологическое районирование г. Москвы// Инженерная геология. 1984. № 3.С. 87-102
26. ГОСТ Р 56198-2014 Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия. Недвижимые памятники. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2014. 28 с.
27. ГОСТ Р 55945-2014 Общие требования к инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям для сохранения объектов культурного наследия. Стандартинформ, 2014. 20 с.
28. ГОСТ 24846-2012 Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с.
29. ГОСТ 31937-2011Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 54 с.
30. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Шидловская А.В. Роль микробиоты в инженерной геологии и геоэкологии: история вопроса и результаты экспериментальных исследований // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геоэкологии и гидрогеологии. Выпуск 6. М.: ГЕОС, 2004.С. 48-52.
31. Дашко Р.Э., Норова Л.П. Основные принципы создания и развития геоэкологического мониторинга подземного пространства Санкт-Петербурга // Геоэкология. 2002. № 6.С. 517-530.
32. Демина Н.В. Историко-культурные литотехнические системы как объекты мониторинга. Материалы Международного молодежного форума «Ломоносов-2011». CD/ М.: Изд-во МГУ, 2011. ISBN 978-5-317-03634-8.490 MB
33. Демина Н.В., Королев В.А. Особенности и принципы систематизации историко-культурных литотехнических систем как объектов мониторинга //Тезисы VI Научно-практической конференции молодых специалистов «Инженерные изыскания в строительстве». М.: Изд-во ОАО «ПНИИИС», 2011.С. 15-17
34. Дзекцер Е.С., Никифоров А.А. Типология фундаментов памятников архитектуры и подземные воды//Тр. 1-го Международного научно-практического симпозиума «Природные условия строительства и сохранения храмов православной Руси». Сергиев Посад, 2002. С. 165–177
35. Дзекцер Е.С. Мониторинг в системе инженерной защиты памятников от опасных геологических процессов // Тезисы «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, 2000, С. 161-163.

36. Дзекцер Е.С. Концепция защиты исторического города от подтопления (на примере г. Ростова Великого). М.: Госстрой России, ПНИИС, 1999. 52 с.
37. Дзекцер Е.С. Закономерности эволюции парагенетических комплексов инженерно-геологических процессов на застроенных территориях // Эволюция инженерно-геологических условий Земли в эпоху техногенеза. М.: Изд-во МГУ, 1997. С. 129-130.
38. Дзекцер Е.С. Мониторинг подземных вод урбанизированных территорий // Водные ресурсы. 1993. Т.20. № 5. С. 87-102.
39. Дмитриев В.В. Инженерно-геологические изыскания и инженерно-технические обследования в обосновании проектов сохранения недвижимых архитектурных памятников истории и культуры // Сборник тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси», 2015, С. 12-14.
40. Дмитриев В.В. Инженерно-геологические и геоэкологические условия сохранения исторических архитектурных комплексов // Геоэкология, 2014, № 1, с. 10-20.
41. Дмитриев В.В. Оценка инженерно-геологических условий реставрации исторических сооружений // Доклады «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси», 2014, С. 45-51.
42. Дмитриев В.В. Мониторинг исторических природно-технических объектов // Сб. к 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. 2013. С. 56-57.
43. Дмитриев В.В., Кугушева И.В. Методика и результаты закрепления грунтов оснований исторических сооружений // Инженерные изыскания. 2009. № 1. С. 58-61.
44. Дмитриев В.В. Современные методы изучения инженерно-геологических условий храмового зодчества // Тезисы «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад. 2000. С. 37-39.
45. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Особенности взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений // Вкн: Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты. М.: Недра, 1985. С. 32-36.
46. Жигалин А.Д., Локшин Г.П. Опыт количественной оценки техногенного воздействия на геологическую среду // Инженерная геология. 1991. № 6. С. 110-119.
47. Зеегофер Ю.О., А.Н. Клюквин, И.С. Пашковский, А.А. Рошаль. Постоянно действующие модели гидrolитосферы территорий агломераций. М.: Наука, 1991. 196 с.
48. Израэль Ю.А. Философия мониторинга // Метеорология и гидрология. 1990. № 6. С. 5-10.
49. Ильичев В.А., Коновалов П.А., Никифорова Н.С. Итоги работ по геотехническому мониторингу урбанизированных территорий при строительстве подземных сооружений. Интернет-журнал // Реконструкция городов и геотехническое строительство. № 5. 2002. Режим доступа: <http://www.geores.spb.ru/journals/05/4/4.html>
50. Ильичев В.А., Коновалов П.А., Никифорова Н.С. Влияние строительства заглубленных сооружений на существующую застройку в Москве // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001. № 4. С. 19-24.
51. Ильичев В.А., Коновалов П.А., Никифорова Н.С. Особенности геомониторинга при возведении подземных сооружений в условиях тесной городской застройки // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1999. № 4. С. 20-26.
52. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. М., Москомархитектура, 2004.

53. Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. М., Мосгорисполком, ГлавАПУ, Моспроект-1, Мосгоргеотрест, 1984.
54. История русской архитектуры: Учебник / Под ред. Ю.С. Ушакова, Т.А. Славиной. СПб.: Стройиздат СПб., 1994. 600 с.
55. Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. Влияние инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга на сохранность памятников истории и культуры // Геоэкология. 2004. № 2. С. 154-160.
56. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М.: Издательство «Бумажная Галерея», 2000, 320 с.
57. Королев В.А., Кузнецова Н.В. Оценка состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений при обосновании и проведении их мониторинга // Инженерные изыскания. 2015. № 13. С. 62–69.
58. Королев В.А., Кузнецова Н.В. Критерии оценки состояния исторических литотехнических систем в структуре их мониторинга // Ломоносовские чтения, секция Геология, подсекция Инженерная и экологическая геология, 2014 http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1187684&uri=korolev_kuznetsova_2014.pdf
59. Королев В. А., Кузнецова Н. В. Инженерно-геологические особенности литотехнических систем культурно-исторических сооружений как объектов мониторинга // Инженерная геология. 2012. № 2. стр. 44-55.
60. Королев В. А., Кузнецова Н.В. Особенности мониторинга историко-культурных литотехнических систем // Тр. 5-го Международного научно-практического Симпозиума «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад: Патриарший издательско-полиграфический центр, 2012, С.93-95
61. Королев В.А. Мониторинг в инженерной геологии // Российская геологическая энциклопедия. Т.2. М.-СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011.С. 368-369.
62. Королев В.А. Литотехническая система // Российская геологическая энциклопедия. Т.2. М.-СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011.С. 198-199.
63. Королев В.А. Принципы организации эколого-геологического мониторинга Московского региона // Сергеевские чтения. Вып. 8. Мат-лы годичной сессии РАН. М.: ГЕОС, 2009.С. 225-228.
64. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: Учебное пособие / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.
65. Королев В.А. Основные принципы организации мониторинга геологических, литотехнических и эколого-геологических систем // Инженерная геология, 2007, № 4.С. 24-29.
66. Королев В.А. Проблемы эволюции геологической среды в эпоху техногенеза. //Тр. межд. научн. конф. «Эволюция инженерно-геологических условий Земли в эпоху техногенеза» М.: МГУ, 1997, с. 16-29.
67. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: Учебник /Под ред. Трофимова В.Т. М.: Изд-во МГУ, 1995, 272 с.
68. Королев В.А., Николаева С.К. Геоэкологическая оценка зон влияния инженерных сооружений на геологическую среду // Геоэкология, 1994, № 5.С. 25-37.
69. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 263 с.
70. Котлов Ф.В. Город и геологические процессы. М.: Наука, 1967. 226 с.

71. Котов В.Ю. Инженерно-геологическая типизация исторических природно-технических систем (на примере памятников архитектуры Европейской части России / Дис. канд. геол.-минер. наук. М.: Изд-во РГГРУ, 2001. 143 с.
72. Косткин В.А., Косыгин Е.В., Скальный В.С. Некоторые проблемы сохранения архитектурных памятников Древней Руси в изменяющихся гидрогеологических условиях // Тр. 1-го Международного научно-практического симпозиума « Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, Троице-Сергиева Лавра, 2000.С.56-61
73. Косыгин Е.В., Скальный В.С. Мониторинг геотехнической среды православных храмов и закономерности их деформационных процессов // Тр.4-го Международного научно-практического симпозиума. «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, Троице-Сергиева Лавра, 2009.С. 169-170
74. Косыгин Е.В., Скальный В.С. Динамика оснований древних памятников архитектуры. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2006, № 2.С. 31-33.
75. Косыгин Е.В. Основы инженерной реставрации и сохранения зданий и сооружений-памятников истории и культуры на базе экосистемного метода /Автореф. дисс. д.т.н. Владимир: Владимирский государственный университет, 2004. 48 с.
76. Косыгин Е.В. Геотехнический мониторинг сооружений Спасо-Евфимиева монастыря в г. Суздале // Тр. 2-го Международного научно-практического симпозиума «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, Троице-Сергиева Лавра, 2003, с. 169-170.
77. Круподеров В.С. Научно-методические основы изучения режима экзогенных геологических процессов / Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Московская область, пос. Зеленый, ВСЕГИНГЕО, 2001.
78. Кугушева И.В. Обоснование метода и технологии укрепления оснований исторических сооружений (на примере сооружений Свято-Троицкой Сергиевой Лавры). /Автореф. дисс.... канд. геол.-минер. наук. М.: МГРИ-РГГРУ, 2016. 26 с.
79. Кузнецова Н.В., Королев В.А. Оценка устойчивости функционирования литотехнических систем, относящихся к зданиям храмов в рамках обоснования их мониторинга // Сборник тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси», 2015, С. 42-44.
80. Королев В.А., Кузнецова Н.В. Оценка устойчивости исторических литотехнических систем в системе их мониторинга // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. Материалы годичной сессии РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (19-20 марта 2015 г.). — Вып. 17. — РУДН г. Москва, 2015, с. 495-499.
81. Кузнецова Н.В., Королев В.А. Анализ существующей практики обоснования мониторинга культурно-исторических зданий и территорий (на примере Московского региона). Коллективная монография «Геология, геоэкология, эволюционная география». XIII. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014, с. 222-225.
82. Кузнецова Н.В., Королев В.А. Геодинамическая составляющая обоснования мониторинга историко-культурных литотехнических систем // Тр. Юбилейной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Г.С. Золотарева «Современные проблемы инженерной геодинамики». М.:, Издательство МГУ, 2014. С.165-168.

83. Кузнецова Н. В. Обоснование пространственной наблюдательной сети мониторинга ИЛТС // Тез. Международный научный форум «Ломоносов-2013», Кузнецова Россия, Москва, МГУ им. Ломоносова, Э ISBN 978-5-317-04429-9, Материалы международного молодежного научного форума «Ломоносов-2013»
84. Кузнецова Н. В. Инженерно-геологические особенности историко-культурной литотехнической системы ГАБТ РФ Международный научный форум «Ломоносов-2012», Россия, Москва, МГУ им. Ломоносова, Э ISBN 978-5-317-04041-3, Материалы международного молодежного научного форума «Ломоносов-2012»
85. Кузнецова Н. В. Обоснование мониторинга литотехнических систем историко-культурных зданий как банков инженерно-геологических данных // Тез. V Научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» ГОУ ВПО «ПГУ» г. Пермь, 2012. С. 45-47.
86. Купцов А.Г., Романова Е.И. Структура глубинной охранной зоны памятников архитектуры // Геоэкология. 1995. № 4. С. 77-81.
87. Кутепов В.М.: Кожевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 150 с.
88. Лобазов В.Я., Майоров А.А., Ямбаев Х.К. Геодинамический мониторинг памятников архитектуры Московского Кремля // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011, № 4. С. 92-97
89. Методика инженерно-геологических изысканий в центре и срединной части г. Москвы. М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, 2000, 7 с.
90. Методические основы оценки техногенных изменений геологической среды городов / Под ред. Коффа Г.Л., Осипова В.И. М.: Наука, 1990, 196 с.
91. Методологические рекомендации по экологическому мониторингу недвижимых объектов культурного наследия. Министерство культуры РФ, Российский НИИ культурного и природного наследия им. Д. С. Лихачева, 2001, 106 с.
92. Мозгачева О.А., Петрухин В.П., Разводовский Д.Е., Шулятьев О.А. Геотехнические аспекты реконструкции Московского Манежа // Развитие городов и геотехническое строительство. 2006. № 10. С. 222-232
93. Медведев О.П. Инженерно-геологическое обоснование комплексного освоения подземного пространства г. Москвы / /Сб. «Проблемы инженерной геологии городов». М.: Наука, 1983. С.197-199.
94. Москва. Геология и город/ Под ред. В.И.Осипова, О.П.Медведева. М.: Московские учебники и картолитография, 1997. 399 с.
95. Невечеря В.Л., Подборская В.О. Инженерно-геологические и геоэкологические аспекты истории функционирования природно-технической системы монастыря // Кириллов // Краеведческий альманах, вып. 3. Вологда: Легия, 1998. С. 132–140.
96. Невечеря В.А. Разработка принципов и создание системы управления режимом функционирования памятников Белозерья (на примере Кирилло-Белозерского монастыря) // Краеведческий альманах, вып.2. Вологда: Русь, 1997.
97. Невечеря В.Л., Пашкин Е.М., Подборская В.О. Исследование влияния криогенного пучения на устойчивость памятников архитектуры Русского Севера // Инженерная геология. 1991. № 6. С.134.
98. Невечеря В.Л., Подборская В.О. Принципы организации литомониторинга ансамбля памятников архитектуры Русского Севера (на примере Кирилло-Белозерского монастыря) / Инженерная геология. 1991. № 4. С. 123.

99. Никифоров А.А., Дмитриев В.В. Исторические фундаменты как элемент историко-культурного наследия // Сборник тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси», 2015, С. 40-42.
100. Никифоров А.А. Стратегия оценки устойчивости памятников архитектуры. В кн.: Современные вопросы геологии // Материалы конференции «2-е Яншинские чтения; современные вопросы геологии». 2002. С. 405-408.
101. Никифорова Н.С., Коновалов П.А., Зехниев Ф.Ф. Геотехнические проблемы при строительстве уникальных объектов в Москве // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2010. № 5. С. 2-8
102. Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты: Учебное пособие /М.: Изд-во МГУ, 2004. 250 с.
103. Памятники архитектуры. Инженерные обследования. Выпуск 1. Дом Пашкова. Большой театр. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2003. 240 с.
104. Пашкин Е.М. Место инженерно-геологической диагностики в инженерной реставрации памятников архитектуры // Инженерные изыскания. 2013. № 7. С. 44-51.
105. Пашкин Е.М. Изучение отражения взаимодействий элементов исторических систем при диагностике деформаций памятников архитектуры // Геоэкология. 2010. № 4. С. 360-366.
106. Пашкин Е.М., Белова Г.С. О сохранении памятников архитектуры в условиях техногенеза // Инженерные изыскания. 2010. № 6. С. 28-34.
107. Пашкин Е.М., Багмет А.Л., Осика В.И., Новак Ю.В., Сухов А.А. Мониторинг деформаций как основа безопасной эксплуатации зданий и сооружений // Инженерная геология. 2008. № 3. С. 40-50.
108. Пашкин Е.М. Инженерно-геологический аспект реставрации памятников архитектуры // Геоэкология. № 4. 2005. С. 351-361.
109. Пашкин Е.М., Панкратов А.В., Кувшинников В.М., Бондарев М.В., Ануфриев А.А. Особенности эволюционных изменений контакта фундамент-грунт церкви Вознесения в Коломенском // Геоэкология. № 4. 2003. С. 328-334.
110. Пашкин Е.М., Кувшинников В.М., Пономарев В.В. и др. Методологические основы инженерно-геологического изучения состояния памятников архитектуры // Известия высших учебных заведений. «Геология и разведка». 2002. № 5. С. 84-96.
111. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высшая школа, 1998. 255 с.
112. Пашкин Е.М., Дзекцер Е.С. Особенности изменения баланса влажности грунтов в основании памятников архитектуры // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1998. № 5
113. Пашкин Е.М., Ануфриев А.А., Кувшинников В.М. и др. Высолы и инженерно-геологические аспекты их формирования на памятниках архитектуры // Геоэкология. 1998. № 4.
114. Пашкин Е.М., Домарев О.В., Чекалин С.И. Инженерно-геологический аспект сохранения и реставрации Останкинского музея-усадьбы // Геоэкология. 1997. № 4. С. 83-92.
115. Пашкин Е.М., Кувшинников В.М., Никифоров А.А., Пономарев В.В. Природа формирования дефицита несущей способности и специфика инженерной защиты памятников архитектуры // Геоэкология. 1996. № 6. С. 3-17.
116. Пашкин Е.М., Дзекцер Е.С., Никифоров А.А. Мониторинг культурного слоя как элемента геологической среды // Геоэкология. 1995. № 1. С. 123.
117. Пашкин Е.М., Вязкова О.Е. Роль инженерной геологии в сохранении историко-культурного наследия // Вестник Российской академии наук. Т.63. 1993. № 4. С. 326-331.

118. Пашкин Е.М. Синергетика геосистем.: новый подход в инженерной геологии / // Инженерная геология. 1992. № 6. С.11-14.
119. Пашкин Е.М. Проблема сохранения культурной среды в городах // Памятники Отечества. 1987. № 1. С. 104-107.
120. Пашкин Е.М., Бессонов Г.Б. Диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Стройиздат, 1984. 151 с.
121. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Классификация исторических природно-технических систем как основа методического подхода к изучению и сохранению памятников истории и культуры // Сборник «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, Троице-Сергиева Лавра, 2014.
122. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем// Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2012. № 3. С. 56-62.
123. Пендин В.В., Подборская В.О., Дубина Т.П. Применение основных положений концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов для сохранения памятников архитектуры (на примере Успенского собора в Кирилло-Белозерском музее-заповеднике) // Геориск. 2010. № 4. С. 4-18.
124. Пендин В.В., Бабанаква С.Л. Концепция раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2002. № 5. С. 123-127.
125. Петренко С.И., Кофф Г.Л. Инженерно-геологическое строение и инженерно-геологическая типизация Москвы. // Инженерная геология и гидрогеология Москвы. М.: Б.и., 1989. С.22-46.
126. Печкина Л.В. От наблюдений за состоянием памятников Ростовского кремля к комплексному мониторингу // Сборник тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси», 2015, С. 61-63.
127. Полякова М.А. Охрана культурного наследия России: Учебное пособие /М.: Дрофа, 2005, с. 271.
128. Подборская В.О. Исследование инженерно-геологических причин деформаций памятников русской архитектуры /Автореф. дисс.... канд. геол.-минер.наук.М.: МГГА, 1988.18 с.
129. Пономарев В.В., Кувшинников В.М. Оценка параметров инженерно-геологических процессов в исторических природно-технических системах // Геоэкология. № 2. 2003.С. 153-159.
130. Пособие к МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений. Правительство Москвы. Москомархитектура, 2004.59 с.
131. Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах// Материалы всесоюз. семинара, Сочи-Лазаревское. / под ред П. Ф. Швецова. М.: Наука, 1983
132. Рагозин А.Л. Разработка концепции мониторинга природно-технических систем. М.: ВНИИФТРИ, 1993
133. Раппопорт П.А. Древнерусская архитектура. СПб. Стройиздат, 1993.288 с.
134. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем. М.: Недра, 1992. 223 с.

135. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. М.: Москомархитектура, 1998. 91с.

136. Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве. М.: Москомархитектура, 1999.

137. Романова Е.И. Комплексный подход к изучению и сохранению исторических территорий // Сб. тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, 2000. С. 21-23.

138. Романова Е.И., Купцов А.Г. Мониторинг природно-технической системы исторической территории Рязанского кремля // Сборник тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, 2000. С. 172-174.

139. Романова Е.И., Купцов А.Г., Горчаков В.А., Заботкина Л.В., Белова Г.С., Горчаков В.Л. Оценка инженерно-геологических условий митрополичьего двора Ростовского кремля для разработки подземной охранной зоны // Сб. тезисов «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси». Сергиев Посад, 2000. С. 39-41.

140. Романова Е.И., Купцов А.Г., Белова Г.С., Валькова М.А., Заботкина Л.В. Оценка геоэкологических условий Соборной площади Московского кремля // Сборник «Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия». М.: 1999.

141. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. Москомархитектура, 1998.

142. Рубцов И.В., Пятницкая Т.А. Назначение и современные способы проведения инструментального геодезического мониторинга памятников гражданской архитектуры // Вестник МГСУ. 2013. № 5. С.80-87.

143. Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций. М.: Недра, 1987. 408с.

144. Сизов Б.Т. Храм Василия Блаженного. Изучение температурно-влажностного режима // АВОК. 2004. № 3. С.28-38.

145. Скальный В.С. Новые технологии инженерной реставрации недвижимых памятников архитектуры и их геотехнической среды. Орел, Изд-во ОрелГАУ, 2009. 299с.

146. Скальный В.С. Реконструкция, защита от подтопления и стабилизация гидрогеологической среды фундаментов древних памятников архитектуры и истории. Орел, Изд-во ОрелГАУ, 2003. 206 с.

147. Скальный В.С., Косыгин Е.В. Проблемы сохранения, причины разрушения и первичное обследование недвижимых памятников архитектуры и истории. Орел, Изд-во ОрелГАУ, 2003, 200 с.

148. Скальный В.С., Косыгин Е.В., Сорочан Е.А. Мониторинг деформационных процессов фундаментов здания Архиерейских палат Суздальского Кремля // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2002. № 2. С. 14-17.

149. Скальный В.С., Косыгин Е.В., Косткин В.А. Мониторинг деформационных процессов и новая форма его анализа по комплексу зданий Архиерейских палат Суздальского Кремля при инъекционном укреплении фундаментов. Практическое применение последних достижений науки и техники в определении физического состояния памятников национального и всемирного культурного наследия //Тез.докл. I сес. междунар. науч.-практ. семинара "Наука и техника в инновационном подходе к сохранению и реставрации памятников истории и

культуры" (25 - 27 февр. 2001; Москва) / Каф. ЮНЕСКО по сохранению градостроит. и архит. памятников, Отд-ние ЮНЕСКО в Венеции, Комис. РФ по делам ЮНЕСКО, Гос. Ист. музей. М. 2001. С. 26 - 27.

150. Скальный В.С., Косыгин Е.В. Экологический мониторинг памятников истории и культуры Владимирской области и проблемы их сохранения // Методические рекомендации по экологическому мониторингу недвижимых объектов культурного наследия. Институт наследия. 2001.С. 116-137.

151. Скальный В.С. Изменение гидрогеологической среды архитектурных памятников. / Реконструкция городов и геотехническое строительство. 1999. № 1.

152. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*, 166 с.

153. Схематическая карта инженерно-геологического районирования г. Москвы по степени опасности проявления карстовых и суффозионных процессов. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, 1996.

154. Сытин П.В. Из истории московских улиц. М.: Московский рабочий, 1958. 844 с.

155. СРП 2007.5 Рекомендации по правилам ведения научно-изыскательских (инженерно-геологических работ) по функционированию исторических природно-технических систем. 19 с.

156. СРП-2007.6 Рекомендации по комплексным инженерно-техническим исследованиям объектов культурного наследия (памятников истории и культуры). Здания и сооружения. 41 с.

157. ТСН 20-303-2006 Санкт-Петербург Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды. 55 с.

158. ТСН 50-302-2004 Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. СПб: Правительство Санкт-Петербурга, 2004. 63 с.

159. Таракановский В.В. Обзор современных средств мониторинга состояний конструкций и грунтов оснований высотных зданий // ПАЗиС. 2010. 11 квартал.

160. Таракановский В.В., Капустян Н.К., Климов А.Н. Опыт мониторинга процессов деформирования в грунтах основания высотных зданий в Москве // Геоэкология. 2010. № 6. 2010.С. 555-567.

161. Трофимов В.Т. Актуальные вопросы геологического обоснования управления эколого-геологическими системами //Тр. межд. науч. конф. «Актуальные вопросы инженерной и экологической геологии» / Под ред. В.Т. Трофимова, В.А. Королева. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 235-238.

162. Трофимов В.Т. О мониторинге геологических, литотехнических и эколого-геологических систем //Тр. межд. научн. конф. «Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем»/Под ред. Трофимова В.Т., Королева В.А. М.: Изд-во МГУ. 2007. С.7-13.

163. Трофимов В.Т. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.

164. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: Учебник /М.: Изд-во МГУ, 2002. 414с.

165. Трофимов В.Т., Герасимова А.С., Красилов Н.С. Устойчивость геологической среды и факторы, ее определяющие // Геоэкология. 1994, № 2.С.18-28

166. Трофимов В.Т., Епишин В.К. Литомониторинг – содержание, структура, роль инженерной геологии в его реализации. Инженерная геология и геологическая среда //Докл.

сов. геол. на XXVIII сессии Международного геологического конгресса, Вашингтон, июль 1989. М.: ВСЕГИНГЕО, 1989. С.71-78.

167. Улицкий В.М.: Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехнические проблемы развития городов. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. 114 с.

168. Улицкий В.М.: Шашкин А.Г. Развитие подземного пространства города в целях сохранения его исторического облика // Геотехника. 2011. № 6. С. 20-31.

169. Улицкий В.М.: Шашкин К.Г., Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. М.: Стройиздат Северо-Запад, Геореконструкция, 2010, 551 с.

170. Улицкий В.М.: Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов (обследование, расчеты, ведение работ, мониторинг). М.: Издательство АСВ, 1999. 324 с.

171. Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983. 89 с.

172. Хоситашвили Г.Р. Значение понятия «устойчивости» в инженерной геологии // Геоэкология. 1996. № 6. С. 62-70.

173. Шашкин А.Г. Основы геотехнического мониторинга // Инженерные изыскания. 2013. № 10-11. С. 18-21.

174. Шашкин А.Г. Геотехнические критерии при проектировании сложной реконструкции и нового строительства в условиях городской застройки // Интернет-журнал «Реконструкция городов и геотехническое строительство». 2002. № 5. www.georec.spb.ru/journals/05/5/5.htm

175. Швец В.М., Купалов-Ярополк О.И., Жемерикина Л.В. Опыт борьбы с подтоплением фундаментов историко-архитектурных памятников г. Москвы. // Геоэкология. 1998. № 4.

176. Шестаков В.М. Прикладная гидрогеология: Учебное пособие / М.: Изд-во МГУ, 2001. 144 с.

177. Шидловская А.В. Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг подземного пространства исторического центра Санкт-Петербург / Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. СПб: Изд-во СПбГУ, 2005. 20 с.

178. Шидловская А.В. Геоэкологический и геотехнический объектный мониторинг архитектурно-исторических комплексов Санкт-Петербурга // Тр. Межд. конф. по геотехнике «Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство». СПб, 2003. Т.2. С. 455-461.

179. Ярм Л.А., Иерусалимская Е.Н. Стратегия организации мониторинга региональной природно-технической системы // Сб. трудов к 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. 2013. С. 68-102.

180. Anderson M.J., Thompson A.A., 2004. Multivariate control charts for ecological and environmental monitoring. Ecological Applications, 14(6): 1921–1935.

181. Armesto J., Arias P., Roca J. and Lorenzo H. Monitoring and Assessing Structural Damage in Historic Buildings, The Photogrammetric Record, Volume 23, Issue 121, 2008, pp 36–50

182. Arias P., Herráez J., Lorenzo H. and Ordóñez C. Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods. Computers and Structures, 83(21/22), 2005: 1754–1766.

183. Geotechnical Engineering for the preservation of Monuments and Historical sites. Editors Bilotta E., Flora A., Lirer S., Viggiani C. Taylor & Francis Group, 2013, 793 p.

184. Glisic B., Inaudi D., Posenato D., Figini A., Casanova N. Monitoring of heritage structures and historical monuments using long-gage fiber optic interferometric sensors – an overview. The 3rd International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure Vancouver, British Columbia, Canada, 2007, <http://www.smartec.ch/content/download/908/7317/file/c175.pdf>

185. Inaudi D., Casanova N. & Glisic B., Long-term deformation monitoring of historical constructions with fiber optic sensors // 3rd International Seminar on structural analysis of historical constructions, Guimaraes, Portugal, 2001. P 421-430.

186. Meisina C., Zucca F., Fossati D., Ceriani M., Allievi J. Ground deformation monitoring by using the Permanent Scatterers Technique: The example of the Oltrepo Pavese (Lombardia, Italy) // Engineering Geology. Volume 88. Issues 3-4. 15 December 2006. P. 240-259.

187. Taylor C., Alley W. Ground-water-level Monitoring and the Importance of Long-term Water-level Data. U.S. Geological Survey, 2001, 70 p

188. Pingue F., Petrazzuoli S.M., Obrizzo F., Tammaro U., De Martino P., Zuccaro G. Monitoring system of buildings with high vulnerability in presence of slow ground deformations (The Campi Flegrei, Italy, case) // Measurement. Volume 44. Issue 9. November 2011. P. 1628-1644

189. Procházka J., Záleský J., Jirikovsky T., Salak J. Long-term stability monitoring in the Prague castle area // Acta Geodyn. Geomater.. Vol. 7. 2010. No. 4 (160). P. 411-429.

190. Sternberg, H., 2006. Deformation Measurements at Historical Buildings with the Help of Three-dimensional Recording Methods and Two-dimensional Surface Evaluations // 3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering and 12th FIG Symposium on Deformation Measurements, Baden. Austria.

191. Walton T. Methods for monitoring the condition of historic places. Department of conservation technical series, <http://www.doc.org.nz/documents/science-and-technical/docts27.pdf>

192. Záleský J., Procházka J. and Pruska J.: 2002, Geodetic and geotechnical long-term monitoring applied for the Prague castle area // Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, May 21 - 24, 2002, Berlin, Germany, Organised and CD-ROM edited by the Dept. of Applied and Engineering Geodesy, Vienna University of Technology, Austria.

Фондовая литература

193. Геологический атлас Москвы в 10 томах. Масштаб 1: 10 000. Том 1. Центральный административный округ. М., ГУП Мосгоргеотрест, 2010.

194. Карта опасности древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов. Масштаб 1: 10 000. Москомархитектура, ГУП «Мосгоргеотрест», ИГЭ РАН, НПП «Георесурс», 2009.

195. Проект «Реставрация и реконструкция 2-ой очереди комплекса зданий ГАБТ РФ. Подземное пространство основного здания ГАБТ РФ и Дома Хомякова. Раздел 1-Ограждающие конструкции подземной части. Фундаментная плита». НИИОСП им. Н.М. Герсеева, Москва. 2004 г.

196. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Прогноз изменения гидрогеологической обстановки в связи со строительством и реконструкцией района Театральной площади г. Москвы». НИИ ВОДГЕО, 1993 г.

197. Отчет. «Комплексная оценка современной гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки и прогноз ее изменения в связи со строительством и эксплуатацией проектируемых подземных сооружений в районе Театральной площади». ФГУП «Геоцентр-Москва», 1993.

198. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Обоснование разработки раздела проекта оценка воздействия на окружающую среду 2-ой очереди реконструкции и реставрации ГАБТ России» в трех книгах. М.: ИГЭ РАН, 2005.

199. Технический отчет. Здание Государственного Академического Большого Театра России по адресу: г. Москва, Театральная площадь, д.1. Проведение инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий для нового строительства. Том 1. Инженерно-геологические изыскания. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004. Технический отчет. Здание Государственного Академического Большого Театра России по адресу: г. Москва, Театральная площадь, д.1. Проведение инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий для нового строительства. Том 1. Инженерно-геологические изыскания. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004.

200. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для реставрации здания ГАБТ по адресу: г. Москва, Театральная площадь, д.1. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004.

201. Технический отчет. Здание вспомогательного корпуса ГАБТ. Инженерно-геологические изыскания для реконструкции здания. Том 3. Основания и фундаменты. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004.

202. Отчет. Прогноз изменения гидрогеологических условий участка реконструкции комплекса зданий ГАБТ РФ и прилегающей территории. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004.

203. Технические отчеты. «Мониторинг состояния здания ГАБТ России и зданий окружающей застройки». Том 3. Контроль за уровнем подземных вод. М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2004- 2010 гг.

204. «Технический отчет об инженерно-технических изысканиях для нового строительства, восстановления и реконструкции зданий на площадке по адресу: г. Москва, Средний Кисловский пер., вл.3. Том 3. Основание и фундаменты. Часть 1. Здания по адресу: г. Москва, Средний Кисловский пер., д.3, стр. 3 и стр. 4», договор № 128-2005, М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2005.

205. «Технический отчет об инженерно-технических изысканиях для нового строительства, восстановления и реконструкции зданий на площадке по адресу: г. Москва, Средний Кисловский пер., вл.3. Том 3. Основание и фундаменты. Часть 2. Здание по адресу: г. Москва, Средний Кисловский пер., д.3, стр. 2», договор № 128-2005, М.: ООО «СК «КРЕАЛ», 2005.

206. Технический отчет о проведении инженерно-геологических изысканий для нового строительства на стадии «рабочая документация» для комплекса зданий МГК им. П.И. Чайковского по адресу: ул. Б. Никитская, д. 13/6, стр.1; д. 11/4, стр. 1, Средний Кисловский пер., д. 3, стр. 1, 3, 4., ООО «СК «КРЕАЛ», 2008. № ГК 357-МК.

207. Технический отчет. Дополнительное обследование зданий по адресам: ул. Б. Никитская, д.13/6, стр.1, д.11/4, стр.1 и Ср. Кисловский пер., д.3/1, стр.3. Том 3. Основания и фундаменты. ООО «СК «КРЕАЛ», 2008. ГК № 124/2008-ГК.

208. Технический отчет о проведении инженерно-геологических изысканий для нового строительства на стадии «проект» для комплекса зданий МГК им. П.И. Чайковского по адресу: ул. Б. Никитская, д. 13/6, стр.1; д. 11/4, стр. 1, Средний Кисловский пер., д. 3, стр. 1, 3, 4. ООО «СК «КРЕАЛ», 2008. ГК № 319-МК.

209. Гидрогеологический прогноз. МГК. КРЕАЛ. № 34/2010-ГК от 05 апреля 2010 г.

210. Программа геотехнического мониторинга. Реконструкция, реставрация с частичным новым строительством и приспособлением к современным функциональным и

инженерно-техническим требованиям комплекса здания ФГОУ ВПО (Университет) «Московской государственной консерватории имени П.И. Чайковского» по адресам: Б. Никитская ул., д.13/6, стр.1, д.11/4, стр. 1,2; М. Кисловский пер., д.12/8, стр.2; Ср. Кисловский пер., д.3, стр.1, 1А, 2, 3, 4 в рамках применения специальных мер, направленных на сохранение и регенерацию историко-градостроительной среды (в рамках проекта «Реконструкция, реставрация и приспособление комплекса зданий Московской государственной консерватории имени П.И. Чайковского к современным условиям). 1, 2, 3, 4,5 очереди строительства. ГУП МНИИП «МОСПРОЕКТ-4», 2010.

211. Проект «Реставрация, реконструкция с частичным новым строительством и приспособлением к современным функциональным и инженерно-техническим требованиям комплекса зданий ФГОУ ВПО (Университет) «Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского». 2-й этап, 4-я очередь строительства по адресу: г. Москва, Б. Никитская ул., д. 13/6, стр. 1; М. Кисловский пер., д. 12/8, стр.2. Раздел 3. Архитектурные решения, выполненный Мастерской №10 ГУП МНИИП МОСПРОЕКТ-4 в 2009 г.

212. Реставрация, реконструкция с частичным новым строительством и приспособлением к современным функциональным и инженерно-техническим требованиям комплекса зданий ФГОУ ВПО (Университет) «Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского». Проектная документация «Освоение подземного пространства в зоне БЗК 4-й очереди строительства объекта по адресу: г. Москва, Б. Никитская ул., д. 13/6, стр. 1; М. Кисловский пер., д. 12/8, стр.2». Стадия «Проект», выполненная НИИОСП им. Н.М. Герсевича в 2010 г.