

На правах рукописи



Кузнецова Наталия 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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва

2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета

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

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Пашкин Евгений Меркурьевич
профессор кафедры инженерной геологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ)

кандидат геолого-минералогических наук
Шидловская Анна Валерьевна
доцент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии, ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

Ведущая организация: Государственное унитарное предприятие города
Москвы «Московский городской трест геолого-геодезических и картографических работ»
(ГУП «Мосгоргеотрест»)

Защита диссертации состоится 02 декабря 2016 г. в 16 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 501.001.30 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, зона «А», геологический факультет, ауд.415.

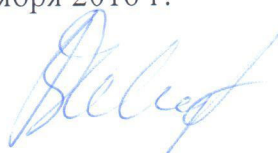
Автореферат размещен на интернет-сайтах геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова http://istina.msu.ru/dissertation_councils/councils/387326 и Министерства образования и науки Российской Федерации www.vak.ed.gov.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале отдела диссертаций Фундаментальной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (г. Москва, Ломоносовский проспект, 27, сектор «А», 8 этаж, к.812) и на интернет-сайте геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по адресу http://istina.msu.ru/dissertation_councils/councils/387326/.

Отзывы на автореферат в 2 экз., заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, ученому секретарю диссертационного совета Д 501.001.30 В.Г. Чеверёву.

Автореферат разослан 20 октября 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д. г.-м. н.



Чеверёв Виктор Григорьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена исследованию литотехнических систем (ЛТС), относящихся к зданиям, имеющим большое историческое и культурное значение, для целей обоснования организации их мониторинга.

Актуальность работы. Большое количество исторических зданий в центре Москвы подвергаются реставрации, реконструкции и приспособлению к современным условиям эксплуатации, сопровождающемуся активным освоением подземного пространства. Мониторинг является неотъемлемой частью мероприятий по обеспечению сохранности и устойчивости историко-культурных зданий. Ключевым элементом обоснования мониторинга является объект мониторинга, оценку которого необходимо осуществлять 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.

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 ИЛТС, 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 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 ИЛТС 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 и ценные советы в процессе написания работы. Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры инженерной и экологической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующему кафедрой д.г.-м.н., профессору В.Т. Трофимову, к.г.-м.н. С.К. Николаевой и к.г.-м.н. Е.Н. Самарину, сотрудникам ООО «СК «КРЕАЛ», д.т.н. Н.М. Алмазовой и к.т.н. Р.А. Римскому, 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 критические замечания и советы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Современные представления о мониторинге литотехнических систем, относящихся к историко-культурным сооружениям.

В главе дан обзор развития общих представлений о ЛТС и их мониторинге, проведен анализ научной литературы, посвященной литотехническим и природно-техническим системам историко-культурных сооружений (ИЛТС), проанализировано состояние и выявлены проблемные вопросы теории и практики обоснования их мониторинга.

Изучению природно-технических и литотехнических систем историко-культурных зданий и сооружений посвящены работы В.В. Дмитриева, В.Ю. Котова, В.М. Кувшинникова, А.А. Никифорова, Е.М. Пашкина, В.В. Пендина, В.О. Подборской, Е.В. Косыгина, В.С. Скального, О.Е. Вязковой и др. Большинство исследований выполнены с целью изучения причин деформаций исторических зданий и оценки влияния компонентов инженерно-геологических условий на их сохранность.

Понятийная база мониторинга ЛТС разработана достаточно полно. Теоретические и методологические основы мониторинга ЛТС приведены в работах Г.К. Бондарика, А.Н. Галкина, В.К. Епишина, В.А. Королева, В.С. Круподерова, А.Л. Рагозина, В.Т. Трофимова, А.Г. Шашкина, Л.А. Ярг и др.

Несмотря на наличие ряда работ Р.Э.Дашко, В.В. Дмитриева, В.Л. Невечери, В.О. Подборской, Е.В. Косыгина, В.С. Скального, А.Г. Купцова, Е.И. Романовой, Е.М. Пашкина, А.В. Шидловской и др., посвященных комплексному мониторингу ЛТС историко-культурных сооружений, многие аспекты обоснования мониторинга ИЛТС изучены еще недостаточно.

Одним из основных проблемных вопросов является отсутствие единой научно обоснованной системы критериев оценки состояния данных систем. Другой важной и пока не решенной проблемой является фактическое отсутствие системного подхода к объекту мониторинга и, соответственно, к организации мониторинга. Общим направлением развития представлений о мониторинге исторических ЛТС должно стать повышение значимости геологической подсистемы в общей структуре мониторинга.

Глава 2. Характеристика объектов исследования

Объектами исследования являлись литотехнические системы Государственного Академического Большого театра РФ (Театральная пл., д.1) (ИЛТС ГАБТ) и Московской Государственной Консерватории им. П.И. Чайковского (г. Москва, ул. Б. Никитская, д.13/6) (ИЛТС МГК). Здания ГАБТ и МГК являются памятниками истории и культуры, имеют длительную историю

существования, в ходе которой они перестраивались заново и многократно ремонтировались.

В начале XXI века здания МГК им. П.И. Чайковского (Большой Зал) и ГАБТ РФ подверглись реконструкциям, сопровождавшимся освоением подземного пространства до глубин 7,0 и 22,0 м соответственно.

Комплексная оценка объектов мониторинга выполнена на основании анализа и обобщения результатов инженерно-геологических изысканий, обследований наземных конструкций, оснований и фундаментов зданий, режимных наблюдений и архивно-исторических сведений.

Исследуемые ИЛТС в полной мере не являются объектами-аналогами, однако обладают рядом общих особенностей, определяющих их функционирование. Техническая (ТС) и геологическая (ГС) подсистемы ЛТС взаимодействуют друг с другом в пределах сферы взаимодействия (СВ) за счет реализации системы прямых и обратных связей. ИЛТС ГАБТ и ИЛТС МГК имеют сходное строение сфер взаимодействия. Границы СВ для обеих ИЛТС приняты по границе развития потенциально возможных суффозионных и карстовых процессов.

Анализ результатов, полученных при оценке состояния и режимных наблюдениях за ИЛТС ГАБТ при реконструкции, послужил основой для разработки комплексного подхода к обоснованию мониторинга.

Глава 3. Понятийная база мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

В главе приводятся основные положения понятийно-терминологической базы обоснования мониторинга ИЛТС. Для объектов, имеющих большое историческое и культурное значение, введено понятие **«литотехническая система историко-культурного сооружения» (ИЛТС)**, под которой 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).

Основными отличиями ИЛТС от ЛТС современных зданий являются: возраст и длительная история существования, отсутствие достоверных сведений о первоначальных параметрах состояния системы, проектирование и строительство без учета требований современных строительных норм и правил, изменения условий функционирования и компонентов ИЛТС, высокая степень износа конструкций ТС.

В связи с отсутствием сведений о первоначальных параметрах состояния, ИЛТС должны оцениваться с точки зрения их функционирования.

Под **устойчивостью функционирования ИЛТС** 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.*

С учетом специфики объектов, выполнено уточнение определения мониторинга ЛТС, данного В.А. Королевым (1995). **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.*

Глава 4. Важнейшие особенности и факторы устойчивости функционирования литотехнических систем историко-культурных сооружений, учитываемые при мониторинге

В главах 4 и 5 обосновывается первое защищаемое положение: *разработан новый подход к оценке состояния ИЛТС, основанный на учете их особенностей и важнейших факторов устойчивости функционирования.*

ИЛТС меняются на протяжении всего времени своего существования под воздействием внутренних процессов и внешних природных и техногенных воздействий. Основные факторы динамики ИЛТС: изменение окружающей градостроительной среды; изменение состояния грунтового массива основания; старение материалов конструкций; реконструкция, ремонт и реставрация.

Важнейшие особенности ИЛТС. Основные особенности ИЛТС как объектов мониторинга взаимосвязаны и взаимообусловлены и определяются их возрастом и функционированием в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки. Характерные особенности ИЛТС можно условно разделить на две группы - особенности геологической и технической подсистем.

Основополагающие особенности технических подсистем ИЛТС при обосновании мониторинга: их уникальность, возраст, конструктивные решения (в т. ч. «многослойность» ТС), особенности режима эксплуатации зданий (его возможные изменения). Основные особенности геологических подсистем ИЛТС центра Москвы: наличие техногенных грунтов, изменения рельефа, гидрогеологических условий, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизация и развитие парагенезиса инженерно-геологических процессов.

Мощность *техногенных грунтов* в пределах исторического центра Москвы в среднем составляет первые метры, на отдельных участках, в том числе на участке, прилегающем к ГАБТ, достигает 12-15 м. При обосновании мониторинга необходимо учитывать наличие техногенных грунтов под подошвой фундаментов, распределение мощностей техногенных грунтов в пределах площадки, степень их уплотнения, содержание органических веществ.

Изменения гидрогеологических условий. На основании изучения уровневого и температурного режимов подземных вод, а также изменения их химического состава, можно сделать выводы о техногенных воздействиях на ИЛТС. Исторический центр Москвы - территория сильно нарушенного гидрогеологического режима. В пределах площадки ГАБТ зафиксированы

изменения уровневого (рис.1а) и температурного (рис.1б) режимов первых трех от поверхности водоносных горизонтов (надъюрского и двух каменноугольных – измайловского и перхуровского), а также химического состава подземных вод. Амплитуды колебания уровней в среднем составляют 1,0-2,3 м и могут достигать 3,5-4,5 м. Это вызвано влиянием сооружений Метрополитена, что достаточно типично для центра Москвы. Температура грунтовых вод изменялась от 11°C до 43°C. Повышенные по сравнению с природными значения температуры связаны с отопляющим влиянием подземных коммуникаций, кратковременные аномальные значения (28-43 °C) - с авариями водонесущих коммуникаций.

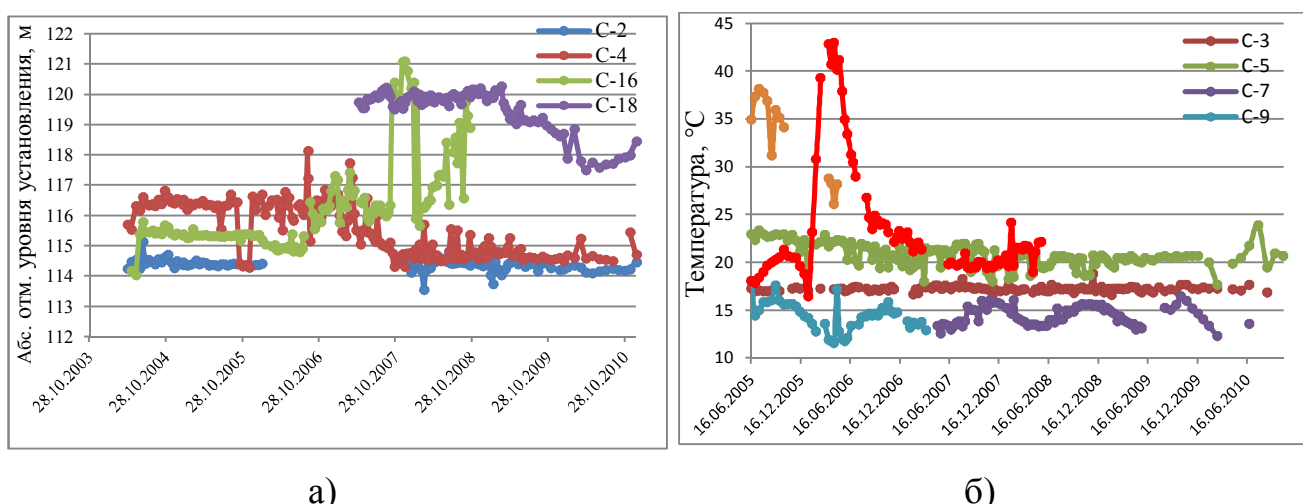


Рис. 1. Графики изменения уровней и температуры подземных вод на площадке ГАБТ РФ: а) уровни каменноугольного (перхуровского) водоносного горизонта; б) температура грунтовых вод надъюрского водоносного горизонта

При обосновании мониторинга также необходимо учитывать возможное изменение гидрогеологических условий вокруг фундаментов, связанное с формированием вод типа «верховодки» или «фундаментных вод».

Анализ изменений *рельефа* позволяет оценить трансформацию первоначальных инженерно-геологических условий территории размещения ИЛТС.

Изменение состава, структуры и свойств грунтов происходят под воздействием технической подсистемы самой ИЛТС, соседних ЛТС или в

результате технической мелиорации. Поэтому мониторинг должен включать периодический контроль состава, состояния и свойств грунтов.

На протяжении истории существования ИЛТС меняются условия ее функционирования и могут возникать *инженерно-геологические процессы* (ИГП), ранее для данной территории не характерные.

При обосновании мониторинга должны быть выделены основные процессы, влияющие на сохранность ИЛТС, определяющие текущую и потенциально возможную динамику ее развития. Диагностика осуществляется для опасных и потенциально опасных (для данной ИЛТС) ИГП. Должны быть учтены типичные для исторического центра инженерно-геологические процессы, а также процессы, возникающие в результате взаимодействия ТС и ГС ИЛТС.

Оценка устойчивости функционирования как новый подход к оценке состояния ИЛТС. В качестве характеристики состояния ИЛТС может быть использована устойчивость ее функционирования, которую предлагается определять на основании оценки совокупности различных факторов, характеризующих ниже.

Для ИЛТС выделено девять базовых *факторов устойчивости функционирования*: пространственный, временной, механический, геодинамический, гидрогеологический, микроклиматический, микробиологический, эколого-геологический и устойчивость исторического облика. Последние два фактора и их оценка выходят за рамки диссертационного исследования. Указанные факторы взаимосвязаны друг с другом и позволяют оценить устойчивость функционирования системы в пространстве и во времени.

Характеристика основных факторов устойчивости функционирования и основные признаки, характеризующие их нарушения, приведены в таблице 1.

Параметры, характеризующие факторы, оцениваются на основании результатов визуального и инструментального обследования здания, полевых и лабораторных испытаний грунтов, режимных наблюдений при мониторинге.

Систематизация основных факторов устойчивости функционирования ИЛТС

Фактор	Характеристика	Признаки, характеризующие нарушение
Пространственный	Способность комплексных ЛТС сохранять связи между отдельными подсистемами в пространстве на всей территории ИЛТС	Нарушение общего пространственного облика ИЛТС
Временной	Способность ИЛТС сохранять во времени свою структуру и назначение	Изменение во времени «траектории движения» системы
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
Геодинамический	Устойчивость по отношению к инженерно-геологическим процессам (существующим и потенциально возможным)	Возникновение и активизация ИГП. Оседания земной поверхности, разуплотнения в песчаной толще, провалообразование, оползневые смещения, изменение свойств грунтов сферы взаимодействия
Гидрогеологический	Стабильность и оптимальность гидрогеологического режима территории, обеспечивающая сохранность подземных конструкций	Контакт ТС с подземными водами, нарушения режима подземных вод, формирование вод «верховодки» и «фундаментных 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. Протечки, увлажнение и промерзание стен.
Микробиологический	Отсутствие условий для активизации деятельности микробиоты в ТС и ГС	Изменение химических свойств грунтов основания. Плесень и грибковые поражения.

В качестве основного параметра механического фактора устойчивости нами предлагается использовать «уровни нагружения» грунтов основания и кладки фундаментов, характеризующие работу фундаментов как ключевого элемента ИЛТС.

Уровни нагружения определяются по результатам обследования конструкций здания, фундаментов и исследований физико-механических свойств грунтов основания.

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

$$K_{\text{осн}}^H = \sigma / R$$

Величина R (кПа) определяется согласно формуле 5.7 СП 22.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*) и учитывает показатели физико-механических свойств грунтов и геометрические параметры фундамента.

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

$$K_{\text{фунд}}^H = \sigma_{\text{фунд}} / R_{\text{фунд}}$$

Предлагаемые показатели учитывают как параметры технической подсистемы (нагрузки, прочность материалов, геометрические параметры фундаментов), так и показатели физико-механических свойств грунтов и позволяют прогнозировать поведение системы.

Критерии оценки механического фактора: $K^H < 1$ – устойчивое состояние участка, $K^H = 1$ – граница области допустимых состояний, $K^H = 1,0-1,2$ участок в области предельного равновесия (участок потенциально возможного перехода в неустойчивое состояние), $K^H > 1,2$ участок перегружен (зоны существующих или ожидаемых деформаций).

Уровни нагружения определяются для конкретных участков, оценка механического фактора для ИЛТС в целом выполняется на основании

экспертного анализа всего объема информации, полученной при инженерно-техническом обследовании.

Контроль параметров механического фактора включает также наблюдения за напряжениями и деформациями конструкций и основания.

Геодинамический фактор проявляется в устойчивости системы по отношению к инженерно-геологическим процессам (ИГП). Нарушения этого фактора проявляется в возникновении неблагоприятных инженерно-геологических процессов или активизации уже существующих. Этот фактор оценивается по текущим или имевшим место проявлениям инженерно-геологических процессов и потенциальной возможности или предпосылкам для их проявления.

Оценка параметров фактора осуществляется на основании контроля компонентов инженерно-геологических условий, состояния грунтового основания, напряженно-деформированного состояния массива, наблюдений за оседаниями земной поверхности, а также послойными деформациями грунтов. В пределах исторического центра Москвы основные геологические риски связаны с развитием суффозионных и карстовых процессов, подтоплением, а также криогенным пучением грунтов слоя сезонного промерзания, наличием техногенных, слабых и плывуно-неустойчивых грунтов и формированием техногенных физических полей.

В качестве способа оценки геодинамического фактора устойчивости предлагается применять составление карт-схем устойчивости по отношению к различным процессам.

Для исторического центра достаточно характерной является ситуация неоднородности участков размещения здания в отношении развития процессов. Площадки ИЛТС ГАБТ и ИЛТС МГК в связи с особенностями геологического строения, связанными с наличием древних эрозионных врезов, являются неоднородными в отношении карстовых и суффозионных процессов (площадки являются частично потенциально опасными, частично неопасными).

На рис. 2 приведена схема районирования площадки МГК по степени карстовой и суффозионной опасности с выделением различных типов механизмов карстовых и суффозионных процессов.



Рис.2. Схема районирования площадки МГК по степени карстовой и суффозионной опасности

Гидрогеологический фактор устойчивости для большинства ИЛТС обеспечивается отсутствием контакта конструкций ТС с подземными водами, глубина залегания подземных вод должна превышать глубину заложения фундаментов на величину большую, чем величина сезонного колебания (для ИЛТС ГАБТ и МГК составляет 3,0 м).

Глава 5. Оценка состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений для обоснования их мониторинга

В данной главе обосновывается второе защищаемое положение: *предложена оригинальная система критериев оценки различных факторов устойчивости функционирования ИЛТС и категорий их состояния.*

Вышеуказанные факторы устойчивости функционирования могут быть охарактеризованы как количественно (предельные величины деформаций, ширина раскрытия трещин, величины уровней нагружения, износа, параметры гидрогеологических условий), так и качественно с помощью экспертных оценок профильных специалистов. В ходе мониторинга оценка выполняется 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 для функционирования системы и обеспечения ее сохранности, то категория состояния устанавливается по этому показателю (по аналогии с категорией сложности инженерно-геологических условий).

По совокупности параметров различных факторов устойчивости функционирования предлагается относить систему к одной из трех категорий состояния: устойчивой, предельного равновесия или неустойчивой.

Категории максимально согласованы с категориями технического состояния зданий и предельными величинами деформаций, используемыми в нормативных документах.

Состояние ИЛТС может быть охарактеризовано как *«устойчивое»* (табл.2, категория 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» (табл.2, категория II) характеризует такое состояние системы, при котором незначительное увеличение внешней нагрузки приведет систему в неустойчивое состояние, при этом допускается появление локальных нарушений устойчивостей системы. Фактически это потенциальная возможность перехода в неустойчивое состояние.

При *«неустойчивом»* состоянии (табл.2, категории III) существуют угроза сохранности и (или) возможность ликвидации ИЛТС (отдельных ее подсистем, прежде всего технической), запас устойчивости системы исчерпан. Неустойчивое состояния соответствует аварийной категории состояния здания.

Категории состояния литотехнических систем историко-культурных сооружений

Фактор	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 мм • $1 \leq K_{осн(фунд)}^H < 1,2$ • износ $20-40\%$	• запас устойчивости системы исчерпан • аварийное состояние ТС • ширина раскрытия трещин > 5 мм • $K_{осн(фунд)}^H > 1,2$ • износ $> 40 \%$
Геодинамический	• проявлений и предпосылок для развития ИГП нет • категория устойчивости территории* VI	• предпосылки для активизации ИГП • проявления ИГП в прошлом • категория устойчивости территории* V-B, V-Г	• проявления ИГП • предпосылки для увеличения интенсивности и площадного распространения проявлений ИГП • категория устойчивости территории * -V-B, IV-B

Примечание: S_{max} – максимальная дополнительная осадка, $\Delta S / L$ – относительная разность осадок, * - 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

Таблица 2 (продолжение)

Фактор	Категория состояния		
	I	II	III
Гидро-геологический	• неблагоприятного воздействия подземных вод нет • $P > 1$ • стабильный гидрогеологический режим	• потенциальная возможность контакта ТС и подземных вод • $\begin{cases} P < 1 \\ h_{\text{ср}} > H_{\text{фунд}} \end{cases}$ • единичные нарушения режима подземных вод	• конструкции ТС постоянно или периодически подтоплены • $h_{\text{ср}} < H_{\text{фунд}}$ • нарушенный режим подземных вод • "верховодка", фундаментные воды
Микробиологический	• 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

Примечание: P – критерий подтопляемости ($P = ((h_{\text{ср}} - \Delta h_{\text{max}})/(H_{\text{фунд}}))$), $h_{\text{ср}}$, м – глубина среднего многолетнего положения уровня подземных вод, Δh_{max} , м – максимальная амплитуда колебания по результатам многолетних наблюдений, $H_{\text{фунд}}$, м – глубина заложения фундамента, КОЕ - количество колоний образующих единиц, ** - согласно ТСН 20-303-2006)

ИЛТС МГК (до реконструкции) отнесена к системам в состоянии предельного равновесия на основании следующих признаков: единичные сверхнормативные осадки, отдельные трещины шириной раскрытия > 5 мм, ограниченно работоспособное состояние части конструкций, единичные $K_{\text{фунд}}^H > 1,2$, часть площадки потенциально опасная в карстово-суффозионном отношении (категория V-B), рыхлые пески в сфере взаимодействия, проявления верховодки (в 2011 году в результате образования водоупора из инъекционного раствора), наличие протечек и единичных участков биохимической коррозии.

ИЛТС ГАБТ РФ (до реконструкции) отнесена к неустойчивой категории состояния в связи с аварийными деформациями здания (в 1890, 1906, 1921, 1990 гг.), износом конструкций 50-70 %, аварийным состоянием части конструкций, $K_{\text{осн}}^H$ на отдельных участках – 1,1-3,1, проявлением ИГП на соседних участках (прорывами плывунов, активизацией карста и суффозии), потенциальной опасностью части площадки в карстовом и суффозионном отношении (категория V-B), сильно нарушенным уровневым и тепловым режимом подземных вод, загрязнением грунтовых вод, проявлениями «верховодки», наличием протечек.

Глава 6. Структура и организация системы мониторинга литотехнических систем историко-культурных сооружений

В главе доказывается 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.*

Схема организации мониторинга ИЛТС включает в себя три основных этапа: обоснования, реализации проекта мониторинга на площадке и управления функционированием ИЛТС, выполняемым на основании анализа результатов наблюдений и прогноза изменения состояния ИЛТС с учетом обеспечения устойчивости ее функционирования.

Этап обоснования мониторинга включает в себя изучение характерных особенностей и параметров ИЛТС как объекта мониторинга и проектирование наблюдательной сети. Основу этапа составляет функциональный анализ (оценка совокупности значимых факторов устойчивости функционирования), с последующим определением категории ее состояния. Далее определяется режим функционирования ИЛТС и границы области допустимых значений (предельные значения характеристик системы).

Обоснование и проектирование наблюдательной сети включает в себя определение набора контролируемых параметров и их предельно допустимых значений, определение границ наблюдательной сети и размещения пунктов получения информации о компонентах ИЛТС и временного регламента мониторинга, а также выбор методов и инструментов выполнения наблюдений.

Структура наблюдательной сети определяется особенностями геологической и технической подсистем, категорией состояния ИЛТС, неоднородностью и контрастностью полей различных факторов устойчивости функционирования, характером техногенного воздействия на систему.

Временной регламент мониторинга определяется категорией состояния ИЛТС, динамикой и периодичностью протекающих в ней процессов и предполагаемыми воздействиями на систему.

Предлагаемый подход к обоснованию мониторинга был реализован при создании проекта мониторинга состояния ИЛТС МГК - системы в состоянии предельного равновесия, основным фактором функционирования которой в период с 2010 по 2011 гг., являлась реконструкция с освоением подземного пространства в зоне перед фасадом, а также на территории светового двора.

При *проведении мониторинга* должны быть охарактеризованы пространственный, временной, механический, геодинамический, гидрогеологический, микроклиматический и микробиологический факторы устойчивости функционирования.

Наблюдения за параметрами пространственного фактора устойчивости (вертикальными и горизонтальными перемещениями конструкций)

выполняются геодезическими методами по реперам и осадочным маркам, а также с помощью кренометров, прямых и обратных отвесов и автоматических инклинометров.

Изучение параметров механического фактора включает: оценку величин перемещений конструкций, наблюдения за развитием трещин (визуальный осмотр, наблюдение за раскрытием с помощью маяков и трещиномеров), визуальное и инструментальное обследование здания, в т. ч. с помощью контрольных шурфов, с целью оценки износа конструкций и контроля уровней нагружения.

Для оценки параметров геодинамического фактора предусматриваются наблюдения: за возможным формированием зон разуплотнения в песчаной толще (полевыми методами динамического или статического зондирования на шести наблюдательных полигонах (один раз в пять лет)); изменением физико-механических свойств грунтов на участках, не затронутых инъектированием (проходка шурфов с отбором проб и горизонтальное статическое зондирование); послойными деформациями грунтов на период строительства (экстензометры по контуру котлована), оседаниями поверхности земли (визуальные и при необходимости инструментальные геодезические наблюдения).

Для оценки параметров гидрогеологического фактора предусматривается наблюдение за уровнями, температурой и химическим составом первого и второго от поверхности водоносных горизонтов. Второй от поверхности (каменноугольный) водоносный горизонт наблюдается для контроля развития возможных карстовых и суффозионных процессов. Сеть наблюдательных скважин включает в себя 6 скважин для первого водоносного горизонта и 2 скважины для второго. В процессе реконструкции для наблюдения задействованы все скважины, после окончания строительных работ 2 скважины для первого горизонта «консервируются».

Наблюдения за параметрами микроклиматического и микробиологического факторов состоят из визуального осмотра внутренних

помещений здания, включая чердаки и подвалы, лабораторных исследований проб из зоны деструкции и мониторинга работы инженерных систем здания.

Оценка временного фактора устойчивости выполняется на основании анализа результатов наблюдений за показателями других факторов устойчивости и их изменениями во времени.

Проект размещения стационарных точек получения информации о состоянии ИЛТС МГК им. П.И. Чайковского представлен на рис.3.

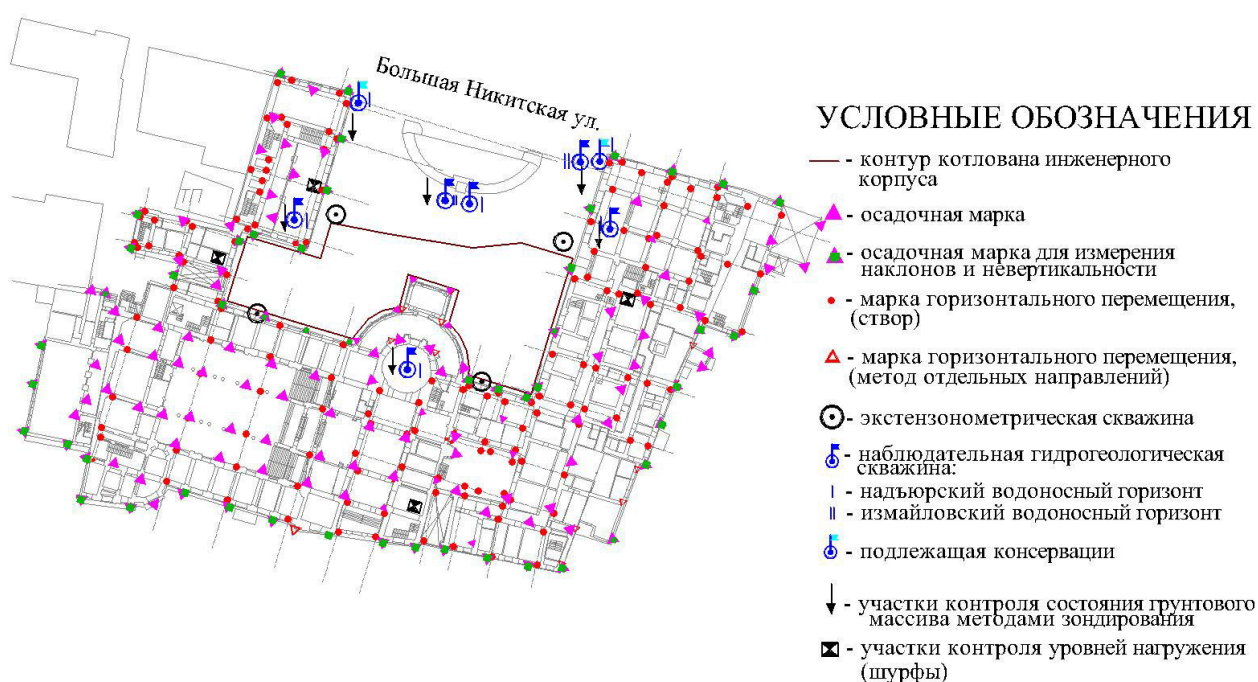


Рис. 3. Проект системы пунктов получения информации о состоянии ИЛТС, относящейся к зданию МГК им. П.И. Чайковского

Заключение

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы.

1. Обоснование мониторинга должно базироваться на системном подходе к объекту мониторинга.
2. Разработан новый комплексный подход оценки состояния ИЛТС, основанный на учете их особенностей и различных факторов устойчивости функционирования.
3. Важнейшими особенностями технических подсистем ИЛТС являются: их возраст, уникальность, конструктивные решения и особенности

режима эксплуатации зданий. К основным особенностям геологических подсистем ИЛТС центра Москвы относятся: наличие техногенных грунтов, изменения гидрогеологических условий, рельефа участка, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизация и развитие парагенеза инженерно-геологических процессов.

4. Ключевым параметром оценки состояния ИЛТС является устойчивость ее функционирования, характеризующаяся пространственным, временным, механическим, геодинамическим, гидрогеологическим, микроклиматическим, микробиологическим, эколого-геологическим факторами и устойчивостью исторического облика. Факторы устойчивости могут быть оценены качественно и количественно.

5. По совокупности показателей факторов устойчивости ИЛТС может быть отнесена к одной из трех категорий состояния – устойчивой (I), предельного равновесия (II) или неустойчивой (III). Категория состояния ИЛТС определяет выбор оптимального набора наблюдаемых параметров, структуру наблюдательной сети, временного регламента и общую организацию мониторинга.

6. Разработанная методология обоснования мониторинга может быть применена для различных ИЛТС исторического центра Москвы и аналогичных систем в иных городах и позволяет более полно учитывать инженерно-геологическую составляющую в сохранении памятников истории и культуры.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

А. Публикации в журналах списка ВАК

1. Королев В. А., Кузнецова Н. В. Инженерно-геологические особенности литотехнических систем культурно-исторических сооружений как объектов мониторинга // Инженерная геология. 2012. № 2. С. 44-55.

2. 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.

Б. Публикации в прочих изданиях

3. Демина Н.В. (Кузнецова 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

4. Демина Н.В. (Кузнецова 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 «ПНИИС», 2011.С. 15-17

5. 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. – М., МГУ, 2014 http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1187684&uri=korolev_kuznetsova_2014.pdf

6. 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

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Кузнецова Н. В. Обоснование пространственной наблюдательной сети мониторинга ИЛТС // Тез. Международный научный форум «Ломоносов-2013», Россия, Москва, МГУ им. М.В.Ломоносова, ISBN 978-5-317-04429-9, Мат-лы межд. молодежного научного форума «Ломоносов-2013».

12. Кузнецова Н. В. Инженерно-геологические особенности историко-культурной литотехнической системы ГАБТ РФ. Международный научный форум «Ломоносов-2012», Россия, Москва, МГУ им. Ломоносова, ISBN 978-5-317-04041-3, Мат-лы межд. молодежного научного форума «Ломоносов-2012».

13. 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.