

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАК ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА

ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES OF LITHOTECHNICAL SYSTEMS OF CULTURAL-HISTORIC STRUCTURES AS MONITORING OBJECTS

КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, korolev@geol.msu.ru

КУЗНЕЦОВА Н.В.

Инженер ООО «СК «КРЕАЛ», ndemina2006@yandex.ru

Ключевые слова:

литотехническая система (ЛТС); историко-культурная литотехническая система (ИЛТС); инженерно-геологические особенности; мониторинг.

Аннотация

В статье рассматриваются общие инженерно-геологические особенности литотехнических систем культурно-исторических сооружений на примере ряда уникальных зданий г. Москвы. Приводится определение понятия «историко-культурная литотехническая система» (ИЛТС), выделяются характерные особенности техногенных воздействий на ИЛТС в пределах исторического центра г. Москвы, а также анализируются инженерно-геологические особенности ИЛТС как объектов мониторинга.

Abstract

The article considers general engineering-geological features of lithotechnical systems of cultural-historic structures by the example of several unique buildings in Moscow. It defines the concept of «historic-cultural lithotechnical system (ILTS)», singles out the characteristic features of anthropogenic impacts on ILTS within the historic center of Moscow, as well as analyzes engineering-geological features of ILTS as monitoring objects.

KOROLEV V.A.

Professor, department of engineering and ecological geology, geological faculty, M.V. Lomonosov Moscow State University, korolev@geol.msu.ru

KUZNETSOVA N.V.

Engineer, OOO «SK KREAL», ndemina2006@yandex.ru

Key words:

lithotechnical system (LTS); historic-cultural lithotechnical system (ILTS); engineering-geological features; monitoring.

Введение

В настоящее время в г. Москве (как и во многих других городах России) и особенно в ее историческом центре наблюдаются новые тенденции градостроительства, сочетающего сохранение исторического облика зданий и приспособление их к нуждам современного мегаполиса. Активное освоение подземного пространства в процессе реконструкции исторических зданий и сооружений влечет за собой неизбежное изменение геологической среды, в свою очередь, оказывающее воздействие на их устойчивость. Обеспечение безопасности и устойчивости таких памятников истории и культуры требует создания особой системы мониторинга, учитывающей специфику этих сооружений, инженерно-геологические особенности территории, на которой они расположены, особенности реализованных и планируемых строительных мероприятий, а также ограничения, налагаемые условиями плотной застройки исторического центра города.

Исторические здания и взаимодействующие с ними области литосферы образуют особые историко-культурные литотехнические системы (ИЛТС) [9, 10]. Мониторинг ИЛТС является неотъемлемой частью мероприятий по сохранению культурного наследия и обеспечению устойчивого развития города.

Напомним, что мониторинг литотехнической системы (ЛТС) — это система постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления ЛТС, проводимых по заранее намеченной программе с целью оптимизации ее функционирования в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека [14–16].

На сегодняшний день отсутствует единая теоретическая и методическая база для комплексных исследований в области мониторинга ИЛТС. Исследования, проводимые в рамках решения подобных задач, носят в основном объектно-ориентированный и отраслевой характер, охватывая лишь отдельные компоненты системы «здание — геологическая среда». При этом очень часто здание и геологическая среда (ее компоненты) рассматриваются обособленно друг от друга, а



не как единая система, что нашло отражение и в действующих нормативных документах.

Поэтому целью данной статьи является определение инженерно-геологических особенностей ИЛТС, которые являются основополагающими при обосновании системы их мониторинга. Основными задачами статьи являются: определение понятия «историко-культурная литотехническая система»; выделение характерных особенностей техногенных воздействий на ИЛТС в пределах исторического центра г. Москвы; выделение инженерно-геологических особенностей ИЛТС центра Москвы как объектов мониторинга.

Понятие «историко-культурная литотехническая система»

Историко-культурная литотехническая система представляет собой особую разновидность литотехнической системы, обладающую рядом характерных черт, которые будут рассмотрены ниже.

ЛТС является результатом взаимодействия литосферы и объектов техносферы. Проблематика ЛТС отражена в работах Т.И. Аверкиной [1], Г.К. Бондарика [4, 5], А.Н. Галкина [6], В.А. Королева [10, 13], В.Т. Трофимова [27] и многих других авторов.

На сегодняшний день существует несколько подходов к трактовке понятия «литотехническая система». Согласно определению В.А. Королева [15], ЛТС — это часть природно-технической системы, включающая подсистему инженерных сооружений и взаимодействующую с ней часть литосферы (геологическую систему). Трактовка этого понятия по В.Т. Трофимову и Д.Г. Зилингу [27] базируется на общности социально-экономических функций взаимодействующих объектов техносферы и литосферы. В работах Г.К. Бондарика, посвященных данной тематике, акцент сделан на таких свойствах ЛТС, как целостность, упорядоченность и эмерджентность, а также на процессах, обуславливающих движение данных систем [5].

В основе определения ИЛТС как специфичной ЛТС, используемого в настоящей статье, лежит формулировка Т.И. Аверкиной, согласно которой ЛТС — это целостное естественно-искусственное образование, представленное взаимодействующими техническими объектами и геологическими телами и массивами [1]. В соответствии с этим под историко-культурной литотехнической системой (ИЛТС) авторами предлагается понимать целостное естественно-искусственное образование, представленное техническими объектами, являющимися особо ценными в историческом и культурном отношении зданиями, сооружениями и их ансамблями, взаимодействующими друг с другом и с геологическими массивами. В таком определении отражена целостность, особенности и происхождение этих систем, а также их функциональное значение.

Как и для ЛТС, в зависимости от уровня в иерархии взаимодействия техногенной и геологической подсистем выделяются элементарные, локальные и региональные ИЛТС. На наш взгляд, ИЛТС более высоких иерархических уровней не существует.

Элементарная ИЛТС состоит из отдельного технического объекта (историко-культурного здания, сооружения, элемента здания) и взаимодействующей с ним обла-

сти литосферы, называемой *сферой взаимодействия* или *областью влияния*. Согласно Г.К. Бондарнику [5] на элементарном уровне ЛТС в пределах геологической подсистемы зоны сферы взаимодействия однородны в отношении инженерно-геологических процессов и составляют связную область геологического пространства.

Локальная ИЛТС представляет собой пространственно-временную совокупность элементарных ИЛТС, сферы взаимодействия которых граничат или пересекаются друг с другом. Сферы взаимодействия элементарных ИЛТС неоднородны в отношении инженерно-геологических процессов и составляют связную область геологического пространства [5]. К локальным ИЛТС относятся архитектурные ансамбли, комплексы исторических зданий, монастыри.

Региональная ИЛТС — это пространственно-временная совокупность локальных ИЛТС, выделяемая в пределах территории исторической застройки города. Примерами могут служить исторические части центра Санкт-Петербурга [29, 30], центра Москвы и др. При этом в пределах региональной ИЛТС области взаимодействия локальных и элементарных ЛТС неоднородны в отношении инженерно-геологических процессов и не составляют связную область геологического пространства [5].

На сегодняшний день нет единой классификации ИЛТС, что во многом обусловлено их многообразием и уникальностью. Одной из наиболее полных подобных классификаций является инженерно-геологическая типизация исторических природно-технических систем на основе применения оценочного инженерно-геологического районирования, предусматривающего оценку сложности инженерно-геологических условий с использованием различных количественных и качественных показателей, выполненная В.Ю. Котовым [18]. Основной целью данной типизации является принятие технических решений по выведению реальных ПТС из аварийного состояния.

Также для систематизации ИЛТС как особой разновидности ЛТС может быть использован подход, предложенный в 2008 г. Г.К. Бондариком и др. [4], при котором для характеристики системы авторы предлагают рассматривать компоненты литосферы, особенности взаимодействия природной и техногенной составляющих системы, экзогенные геологические процессы, границы, режим и методы прогноза их функционирования, а также организационную структуру, в рамках которой осуществляется прогноз функционирования и управления системами.

Схема типизации литотехнических систем, выполненная применительно к ЛТС на территории Белоруссии, разработанная в 2009 г. А.Н. Галкиным [6], учитывает генетический подход, а также структурные, организационные и функциональные особенности ЛТС. Таким образом, вопрос о систематизации ИЛТС пока остается открытым.

Факторы формирования и динамика ИЛТС

ИЛТС не являются статичными системами. На протяжении времени их существования могут сильно меняться природные и техногенные условия. Как следствие этого, техногенная и геологическая подсистемы ИЛТС претерпевают существенные изменения.

Выявление особенностей динамики и эволюции ИЛТС — одна из важнейших задач их мониторинга.

При адаптации к изменению инженерно-геологических условий территории часто происходит изменение структуры памятников истории и культуры: нарушается их конструктивная целостность, появляются отдельные блоки, имеющие собственные режимы вертикальных перемещений и деформаций, перераспределяются нагрузки на фундаменты и грунты основания [24], формируются системы трещин, обеспечивающие наибольшую «приспособляемость» конструкций к уже произошедшим осадкам, и т.п.

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; реконструкция, реставрация и приспособление памятников истории и культуры к новым потребностям, часто осуществляемые в ущерб их сохранности, и др. Рассмотрим особен-

ности этих факторов на примере некоторых объектов г. Москвы.

Изменение градостроительной среды. Исторический центр г. Москвы за свою многовековую историю претерпевал многочисленные перепланировки и перестройки. Активная урбанизация привела к изменениям его первоначального облика и структуры поверхности территории, на которой расположены исторические здания и сооружения. Вплоть до XV–XVI вв. здания и сооружения «встраивались» в существующий природный ландшафт, «подчиняясь» сложившимся в нем взаимосвязям [3]. Начиная с XV в. все большее значение приобретает силовая функция в использовании ландшафтов для утилитарных целей. Возрастающая концентрация населения и стремление к более правильной геометрии поселений привели к практике искусственного выравнивания рельефа [18]. Сформировались новые формы мезо- и микрорельефа, несвойственные естественной обстановке.

С течением времени исторические здания окружила более современная плотная городская застройка, по-



Рис. 1. Схематический план района Театральной площади XVIII в. на фоне контуров современных зданий [18]: 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 Сандуну; 12 — двор князя Егупова-Черкасского; 13 — казенный питейный дом; 14, 15 — место бывшего Заиконоспасского бульварка Петра I



степенно осваивалось подземное пространство. Характерным примером развития городской застройки в центральной части города является район Театральной площади. На рисунке 1 приведен схематический план района Театральной площади XVIII в. на фоне контуров современных зданий [25, 26].

За период с XVIII по XX в. на участке современной Театральной площади река 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.). Пожары в XVIII и XIX вв. неоднократно уничтожали всю застройку площади [3, 11]. После пожара 1812 г., когда все здания сгорели и больше не восстанавливались, на этом месте была спланирована площадь в современных ее очертаниях. Ей попытались придать форму почти правильного вытянутого четырехугольника, для чего 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.

Здание Государственного академического Большого театра (ГАБТ) — архитектурная доминанта Театральной площади — за время своего существования многократно горело, перестраивалось и реконструировалось. В настоящее время в 20 м от него, 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, с северо-востока — ул. Петровкой.

Изменение состояния грунтового массива. Активная застройка исторического центра города, увеличение этажности зданий, освоение подземного пространства, в т.ч. возведение зданий с многоуровневыми подземными частями, строительство метрополитена, прокладка новых коммуникаций, влекут за собой изменение состояния грунтовых массивов оснований исторических зданий, в первую очередь напряженно-деформированного состояния грунтов и гидрогеологической обстановки [15]. При строительных работах (выемке грунтов, возведении ограждающих конструкций и др.) происходит изменение геологических условий территории, т.е. фактически создается новый геотехногенный массив, где среди пород в их естественном залегании располагаются железобетонные конструкции ограждающих сооружений, подземные части зданий и т.п. [17, 20].

Урбанизация сказывается на изменении общего баланса подземных вод: в результате различных техногенных воздействий происходит изменение естественных условий питания, движения и разгрузки, 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 и, как следствие, к уплотнению пород в пределах образующихся депрессионных воронок, что, в свою очередь, служит причиной оседания

поверхности земли и многочисленных нарушений в техносфере города, а также активизации окислительных процессов в увеличившейся зоне аэрации. Нарушение режима первого от поверхности горизонта подземных вод при определенных геологических условиях приводит к поднятию его уровня и подтоплению территории, затоплению подклетов и подвалов зданий [15, 17, 20]. При этом увеличение влажности грунтов влечет за собой снижение прочностных и деформационных свойств песчано-глинистых отложений.

Разрушение материалов фундаментов. Техногенные воздействия на ИЛТС часто приводят к увеличению агрессивности грунтов и подземных вод (в первую очередь первого от поверхности водоносного горизонта), часто непосредственно соприкасающихся с фундаментами сооружений. Подобные преобразования в пределах ИЛТС совместно с изменениями гидрогеологических условий участка (например, с понижением или повышением уровня подземных вод, образованием «верховодки») инициируют или интенсифицируют эволюционные преобразования оснований исторических сооружений — разрушение (в первую очередь в результате выщелачивания) материалов фундаментов, деструкцию деревянных свай и образование полостей-стаканов, механизм которых подробно рассмотрен в работах Е.М. Пашкина [22].

Не менее важную роль в деструкции фундаментов и подземных частей исторических зданий играет деятельность в грунтах микроорганизмов [8, 15]. Комплексы микроорганизмов, развивающиеся в подземном пространстве города, оказывают агрессивное воздействие на старые деревянные и кирпичные конструкции, известняковые фундаменты и т.п.

Реконструкция, реставрация и приспособление под другие цели зданий — памятников истории и культуры. Практически каждое историческое здание на протяжении своего существования подвергалось ремонту, реставрации, реконструкции, разнообразным перестройкам, иногда многократным. В настоящее время в Москве активно развивается градостроительство, при котором сочетаются сохранение исторического облика зданий и приспособление их к современным нуждам, что предполагает освоение подземного пространства, т.е. фактически расширение ИЛТС, во-первых, в результате увеличения техногенной подсистемы за счет геологической подсистемы ИЛТС, а во-вторых, за счет расширения границ области влияния. (Вопрос о целесообразности подобной тенденции и ее правомерности и обоснованности в отношении сохранения памятников культуры представляет собой особую проблему, которая здесь не обсуждается.) Примерами подобных ИЛТС в Москве являются Большой театр, комплекс зданий Московской государственной консерватории, Государственного исторического музея и др. Так, например, реализованный недавно проект реконструкции и строительства с одновременным сохранением надземной части здания ГАБТ является уникальным и не имеет аналогов в отечественной и мировой практике (рис. 2).

Неотъемлемой частью обоснования мониторинга ИЛТС является анализ техногенных воздействий на изучаемой территории.

В пределах исторического центра Москвы имеют место типичные для городских территорий техноген-



Рис. 2. Здание ГАБТ в Москве во время реконструкции

ные воздействия [15], однако наличие плотной исторической застройки, большого количества подземных сооружений, в т.ч. метрополитена, различных коммуникаций, в т.ч. старых и неисправных, приводят к тому, что эти воздействия приобретают специфические черты. Причиной многочисленных деформаций исторических зданий также является то, что они изначально не были рассчитаны на современные статические и динамические нагрузки.

Наиболее распространенными воздействиями на геологическую среду в пределах исторической части города являются: статические нагрузки на толщу пород от веса зданий и сооружений, откачка подземных вод, подтопление, динамические воздействия, образование различных техногенных физических полей (акустического, вибрационного, температурного, наведенных электрического и электромагнитного и др.), а также химическое и биохимическое загрязнение [8, 15, 20, 30].

Инженерно-геологические особенности ИЛТС как объектов мониторинга

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

Всю совокупность выделенных авторами характерных инженерно-геологических особенностей ИЛТС можно условно разделить на две структурные группы — для техногенной и геологической подсистем соответственно (табл. 1).

Выделенные в таблице 1 инженерно-геологические особенности зависят от характера и уровня взаимодействующих объектов техносферы и литосферы, т.е. от иерархического уровня ИЛТС. Разделение на группы здесь достаточно условно, т.к. большинство особенностей геологической подсистемы формируется под воздействием технических подсистем самой ИЛТС или других ЛТС города.

К первой структурной группе относятся уникальность, возраст, конструктивные особенности и особенности эксплуатации техногенной подсистемы ИЛТС. Многие ИЛТС (центра Москвы и других регионов) являются уникальными как в связи с их исторической ценностью, так и с точки зрения технических решений, которые были применены при возведении и последующих перестройках и реконструкциях зданий и сооружений. Это диктует необходимость повышенных требований и особого подхода к инженерно-геологическим изысканиям на исторических территориях и их мониторингу.

Таблица 1

Характерные инженерно-геологические особенности культурно-исторических литотехнических систем		
Уровни ИЛТС	Инженерно-геологические особенности	
	техногенной подсистемы ИЛТС	геологической подсистемы ИЛТС
Элементарный	<ol style="list-style-type: none"> 1) уникальность сооружения и его фундаментов; 2) возраст сооружения и его фундаментов; 3) конструктивные особенности сооружения и его фундаментов; 4) особенности эксплуатации сооружения; 5) особенности реконструкции и ремонта фундаментов 	<ol style="list-style-type: none"> 1) наличие техногенных грунтов, в т.ч. «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
Локальный	<ol style="list-style-type: none"> 1) уникальность комплекса сооружений; 2) возраст взаимодействующих зданий; 3) конструктивные особенности комплекса взаимодействующих сооружений и их фундаментов; 4) особенности эксплуатации комплекса сооружений, а также их ремонта и реконструкции и их фундаментов 	<ol style="list-style-type: none"> 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 сооружений; 5) активизация парагенеза инженерно-геологических процессов
Региональный	<ol style="list-style-type: none"> 1) уникальность застройки региона; 2) возраст комплекса локальных ИЛТС региона; 3) региональные конструктивные особенности комплекса взаимодействующих сооружений; 4) региональные особенности эксплуатации сооружений, их ремонта и реконструкции 	<ol style="list-style-type: none"> 1) наличие комплекса техногенных грунтов; 2) региональное изменение гидрогеологических условий; 3) изменение рельефа региона; 4) региональное изменение состава, состояния и свойств грунтов; 5) региональные особенности комплекса инженерно-геологических процессов



ИЛТС — это литотехнические системы, характеризующиеся длительным и сверхдлительным временем существования. Согласно работе Г.К. Бондарика [4], основными этапами существования ЛТС являются их развитие, функционирование и ликвидация. Для ИЛТС ликвидация не должна происходить, а во время функционирования системы необходимо выделять возраст ее зрелости и возраст старения (по преобладанию эволюционных процессов), а также периоды эксплуатации, кризисных состояний и реконструкции [23].

При прочих равных условиях вероятность наступления кризисного периода для ИЛТС выше, чем для обычных ЛТС. В связи с этим мониторинг данных систем должен осуществляться как во время реконструкции и в кризисные периоды (как и для обычных ЛТС), так и в периоды эксплуатации для предотвращения развития деформаций, которые 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.

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 г. Москвы относится к периоду XVIII — начала XX в., для которого характерны ассимиляция русским зодчеством опыта европейской архитектуры, введение проектного чертежа, применение образцового проектирования, архитектурного формообразования и регулярного градостроительства, совершенствование и усложнение композиционных решений [22].

Конструктивными особенностями техногенных систем ИЛТС, тесно связанных с длительным временем их существования, является «унаследованность» и «многослойность»: многие исторические здания располагаются на месте более ранних сооружений.

Облик исторических зданий и их комплексов на протяжении истории их существования может меняться до неузнаваемости в результате многочисленных перестроек, перепланировок, реконструкций, пристроек, документальные подтверждения чего часто отсутствуют. Фундаменты даже в пределах одного исторического здания могут существенно различаться между собой по геометрическим параметрам и глубине заложения в результате одновременности возведения и неоднократности работ по подведению новых и ремонту старых фундаментов в различных частях сооружения.

Подобное развитие системы приводит к тому, что с течением времени 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.

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

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

Еще одной чертой техногенной подсистемы являются особенности эксплуатации сооружения на протяжении всего времени существования ИЛТС. Функциональное назначение и режим эксплуатации (статические и динамические нагрузки, тепловой режим, водопотребление и т.п.) являются показателями техногенных воздействий, оказываемых на геологическую среду. Следует отметить, что функциональное назначение исторических зданий может изменяться с течением времени. Особенно существенно это проявляется для исторических зданий бывших заводов и фабрик (например, для здания фабрики «Красный Октябрь» в г. Москве).

Не менее, а иногда и более важными являются особенности геологической подсистемы ИЛТС, которым часто уделяется недостаточное внимание при организации мониторинга. В центральной части Москвы среди них следует выделить: наличие техногенных грунтов в верхней части разреза; сильные изменения в гидрогеологическом режиме территории, составе, состоянии и свойствах грунтового массива основания, рельефе; активизацию и развитие инженерно-геологических процессов и др.

При организации и проведении мониторинга ИЛТС необходимо учитывать, что подземное пространство центра города представляет собой сложно организованное неоднородное геологическое пространство, включающее наряду с природными горными породами в естественном залегании невыдержанные по мощности и составу техногенные образования. При этом для обоснования мониторинга ИЛТС техногенные грунты, с одной стороны, выступают в качестве вмещающей среды и основания инженерных сооружений, а с другой — сами являются объектами, имеющими историко-культурную значимость (толща «культурного слоя» часто имеет археологическую ценность).

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 [17, 21]. При этом, если до начала XX в. воздействию хозяйственной деятельности человека подвергались в основном грунты, залегающие в приповерхностном слое, то с началом активного освоения подземного пространства и прокладкой коммуникаций, в т.ч. проходкой выработок метрополитена, расширением возможностей технической мелиорации и т.п., изменениям стали подвергаться более глубокие слои литосферы, в результате чего началось формирование особой разновидности геологических массивов — геотехногенных массивов.

За длительную историю Москвы были сформированы неоднородные по составу и мощности массивы техногенных грунтов (в т.ч. толщи «культурного слоя»). Распространение культурного слоя в центральной части г. Москвы с указанием начала его формирования приведено на рисунке 3.

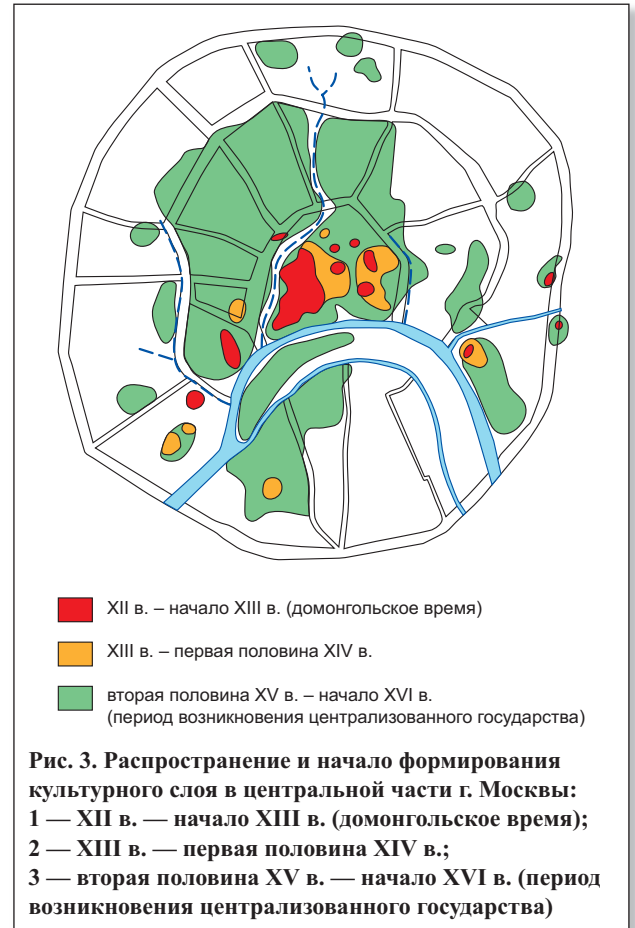
Техногенные грунты культурного слоя, относясь к специфическим в генетическом отношении образованиям, характеризуются сложным и неоднородным составом, высокой вертикальной и горизонтальной изменчивостью строения и состояния, определяющимися не только характером техногенного воздействия, но и геологическими 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.) [21]. Площадная изменчивость техногенных грунтов проявляется в пределах как отдельных зданий, так и их комплексов.

Свойства техногенных грунтов могут существенно отличаться от вмещающих и подстилающих их пород. Важным фактором, оказывающим сильное влияние на величины их физических и физико-механических характеристик, является наличие в их составе органических веществ (остатков растений, древесины, отходов жизнедеятельности и т.п.). Согласно данным лабораторных исследований, содержание органических веществ в техногенных грунтах может изменяться от 2 до 80% (обычно оно составляет 5–10%) [18]. Для них характерны: более низкая плотность, более высокая пористость, невысокие модули деформации и сопротивление срезу [21].

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; развитие процессов, связанных с изменением температурно-влажностного режима (набухания, усадки, промерзания, пучения, оттаивания, диффузии, осмоса, капиллярного движения поровых растворов, подземной коррозии строительных материалов и конструкций [21]); развитие суффозии; изменение гидрогеологических и гидрохимических условий.

Техногенные грунты играют большую роль в обеспечении сохранности и устойчивости исторических зданий. Наличие их в основаниях ввиду особенностей их состава, строения и свойств очень часто служит причиной развития неравномерных деформаций сооружений. При разработке системы мониторинга в первую очередь должны быть учтены: наличие техногенных грунтов под подошвой здания; распределение мощностей техногенных грунтов в пределах площадки здания; степень их уплотнения; содержание органических веществ.

Еще одним ключевым фактором, относящимся к группе особенностей геологической подсистемы ИЛТС, является гидрогеологический режим территории. Непосредственное влияние на ИЛТС оказывают подземные воды неглубокого залегания. Также существ-



венна роль вод зоны активного водообмена, которые определяют условия и динамику экзогенных геологических процессов [2, 15].

Исторический центр г. Москвы является территорией с сильно нарушенным гидрогеологическим режимом. Высокая плотность застройки и большая площадь асфальтированных поверхностей существенно изменили режим подземных вод. В результате разнонаправленных техногенных воздействий были изменены естественные условия их питания, движения, разгрузки, их качество, взаимосвязь водоносных горизонтов. В рамках обоснования мониторинга наиболее важными являются гидродинамический и гидрогеохимический аспекты проблемы [15, 22, 28].

В целом природные условия центральной части г. 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 [20].

В результате многочисленных планировок дневной поверхности (изменений мезо- и микрорельефа) были изменены естественные условия питания и разгрузки подземных вод. На них влияют также 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 [20]. Значительная часть элементов эрозионной сети, ранее выступавших в качестве естественных дренажей, на сегодняшний день ликвидирована, в результате чего разгрузка поверхностных вод осуществляется через развитую сеть дождевой канализации.



Одной из важнейших причин изменения гидродинамического режима территории Москвы и особенно центральной ее части является создание подземных сооружений и сопровождающий их строительство и эксплуатацию водоотлив. Так, суммарная откачка из горных выработок крупнейшего подземного сооружения города — метрополитена — достигает 180 тыс. л/сут, а снижение уровня подземных вод достигает 30 м и более. Само по себе наличие сооружений в подземном пространстве города является преградой для естественного потока подземных вод, меняющей конфигурацию потока в плане (вызывающей барражный эффект).

Для элементарных ИЛТС определяющим является изменение гидрогеологических условий фундамента, связанное в первую очередь с формированием «верховодки» — распространенного явления для ЛТС исторического центра. Подземные воды типа «верховодки» имеют локальное распространение и приурочены к линзам и прослоям слабопроницаемых грунтов в пределах зоны аэрации. Они непостоянны во времени и могут 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, а следовательно, с пониженной (относительно основного массива) несущей способностью, что часто вызывает неравномерные деформации исторических зданий [18]. В связи с сезонностью этого явления при обосновании мониторинга должны быть не только учтены существующие линзы слабопроницаемых грунтов, но и выделены участки, на которых они потенциально могут сформироваться.

Специфическим гидрогеологическим образованием, характерным для исторических территорий, являются также так называемые «фундаментные воды», формирующиеся в теле фундамента в результате прямого попадания в него поверхностного стока, перетока в него вод из рыхлых отложений культурного слоя, утечек из водонесущих коммуникаций, миграции влаги из грунтов к фронту промерзания [18] 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 [20].

Формирование химического состава грунтовых вод в пределах исторического центра в значительной степени определяется влиянием утечек из канализационных коллекторов. В результате воздействия сточных вод увеличиваются жесткость воды, концентрации соединений азота, хлоридов, сульфатов, органических веществ. Повышенное содержание хлоридов в зимний период связано с воздействием применяемых антигололедных реагентов.

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 в пределах 7–8, 8–12 и более 12°C соответственно.

На основании изучения уровневого и температурного режимов подземных, в первую очередь грунтовых, вод, а также изменения их химического состава можно сделать выводы о техногенных воздействиях, оказываемых на ИЛТС, в связи с чем данные исследования должны обязательно включаться в программы мониторинга независимо от того, планируется при строительных работах изменение гидрогеологического режима территории (например, возведение ограждающих конструкций, организация дренажа и т.п.) или нет.

За длительную историю Москвы в результате многочисленных перепланировок (проходки рвов, например, глубиной 12 м вокруг Кремлевской стены, засыпки оврагов и русел рек, осушения болот и т.п.), возведения сооружений и разнообразных перестроек (в т.ч. масштабного строительства после частых пожаров, среди которых одним из самых крупных являлся пожар 1812 г.) рельеф территории центральной части города существенно изменился. Подобные изменения проявляются в формировании его новых микро- и мезоформ, накоплении толщ насыпных грунтов большой мощности, трансформации естественных областей питания, движения и разгрузки подземных вод. Существенным аспектом трансформации рельефа территорий, прилегающих к историческим зданиям, является применение искусственных покрытий (брусчатки, асфальта и т.п.).

Характерным примером формирования толщи насыпных отложений как результата развития застройки территории и многочисленных перепланировок является Театральная площадь. Основные изменения структуры поверхности этого участка связаны с постепенной ликвидацией русла и каптажом р. Неглинной, которая, как уже отмечалось, текла там, где сейчас стоят здания ЦУМа и Малого театра, пересекала Театральный проезд у гостиницы «Метрополь» и далее поворачивала через Театральную площадь к площади Революции, а затем к Александровскому саду (см. рис. 1). В результате многолетнего городского строительства естественный рельеф здесь не сохранился, а конфигурация отложений насыпной толщи на участке в плане следует в основном очертаниям канализированных и спланированных оврагов и долины реки. Мощность насыпных отложений обычно увеличивается от краевых участков к середине долины, то есть к руслу. Мощность толщ техногенных отложений обычно составляет от 1,7 до 5,0 м, а на отдельных участках в русле реки Неглинной превышает 10–11 м.

Для центральной части г. Москвы характерна высокая изменчивость геологического и геоморфологического строения. В историческом центре представлены все типы геоморфологических элементов (пойма, надпойменные террасы, моренная и флювиогляциальная равнина), распространенных на территории города, однако основным геоморфологическим элементом является долина р. Москвы [20].

Согласно карте инженерно-геологического районирования территории г. Москвы [7], основная часть исторического центра города располагается в пределах района № 10 — территории глубоких доледниковых эрозионных врезов, выполненных 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 [20].

Однако в контексте обоснования мониторинга ИЛТС определяющую роль играет не столько конкретный тип геологической среды, сколько такие особенности геологического строения, как состав и мощность техногенных грунтов, наличие слабых грунтов (органоминеральных грунтов, набухающих глин, рыхлых песков и т.п.) в сжимаемой толще основания.

Широко распространенной особенностью геологической подсистемы ИЛТС является наличие существенных изменений в составе, состоянии и свойствах грунтов основания по сравнению с таковыми до постройки здания. Устройство фундаментов, прокладка коммуникаций, неизбежные потери воды из водопроводных сетей нарушают гидрогеологические условия и естественный тепловой режим участка. Под влиянием дополнительных (к природным) нагрузок от сооружения в его основании происходят изменения естественного напряженного состояния грунтов, меняются их физико-механические свойства и природное сложение [12].

Процессы, происходящие в основаниях зданий, как качественно, так и количественно зависят от продолжительности, интенсивности действия нагрузки и от ряда других факторов. В процессе длительного уплотнения сжимаемой толщи основания в ней возникают зоны, параметры которых зависят от типа грунта, его начальной плотности, величины уплотняющего давления, характера изменения этого давления за период эксплуатации и пр. [12].

Важным фактором изменения состояния и сложения грунтов является разуплотнение песчаных отложений в результате их возможного суффозионного выноса (например, при утечках из водонесущих коммуникаций) и действия динамических нагрузок (от работы метрополитена, наземного транспорта, строительной техники, промышленного оборудования и т.п.). На изменение состояния грунтового массива также влияет применение методов технической мелиорации (усиление оснований и фундаментов с использованием свай, закрепление грунтов методом цементации, силикатизации и др.).

Инженерно-геологические процессы играют важную роль в функционировании литотехнических систем. Те из них, которые являются результатом взаимодействия компонентов ИЛТС, в отличие от развивающихся на изучаемой территории природных экзогенных процессов, связаны с антропогенной деятельностью, распространены локально, характеризуются более высокой интенсивностью. Очень часто результаты действия инженерно-геологических процессов

проявляются только на поздних этапах существования ИЛТС в виде деформаций сооружения [22]. К их особой категории относятся процессы, ранее протекавшие в пределах изучаемой территории и существенно интенсифицировавшиеся в результате техногенных воздействий. Следует отметить, что историческим зданиям ввиду их возраста и значительного физического износа могут нанести существенный урон даже процессы, не оказывающие особого воздействия на современные сооружения.

Поэтому при обосновании мониторинга должны быть выделены основные процессы, влияющие на сохранность ИЛТС и определяющие динамику ее развития. Программа мониторинга должна включать в себя риск-анализ и прогноз развития опасных (для данной ИЛТС) инженерно-геологических процессов.

В пределах исторического центра г. Москвы основные геологические риски связаны с развитием карстовых и суффозионных процессов, подтоплением, криогенным пучением грунтов слоя сезонного промерзания, образованием техногенных и других слабых грунтов (например, при разуплотнении песчаных отложений в результате динамических воздействий или увеличении влажности грунтов при образовании техногенного водоносного горизонта), а также с формированием различных техногенных физических полей.

На территории г. Москвы сформировалось два типа карстовых форм: (1) в растворимых породах; (2) в нерастворимых породах, перекрывающих закарстованные формы [19]. При этом активизация современных карстовых процессов 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, вызывающее начало суффозии, и появление провала на поверхности. Установлено, что разрушение глинистого слоя происходит под действием гидродинамического давления [19].

Согласно карте карстовой и суффозионной опасности г. Москвы, большая часть исторического центра (особенно тальвеги и борта погребенных речных долин, в пределах которых размыт региональный юрский водоупор) является потенциально опасной в этом отношении [27]. При детальном анализе инженерно-геологических условий возможно разделение участка, на котором расположено здание или комплекс зданий, на потенциально опасные и неопасные участки.

Другим опасным инженерно-геологическим процессом, развитым в пределах исторического центра г. Москвы, является подтопление, происходящее в результате техногенного подъема уровня грунтовых вод. Подтопление территорий может приводить к ухудшению прочностных и деформационных свойств грунтов в результате повышения влажности в основаниях сооружений, активизации карстовых и суффозионных процессов из-за увеличения градиентов и скоростей фильтрационных потоков [30], затоплению подвалов,



выщелачиванию и разрушению материалов фундаментов исторических зданий, выполненных преимущественно из известняка. Основной причиной развития подтопления в пределах исторического центра города являются утечки из водонесущих коммуникаций, которые на участках старой застройки характеризуются высокой степенью износа [20].

Оценка инженерно-геологических условий для организации мониторинга ИЛТС

Выделенные инженерно-геологические особенности ИЛТС позволяют обосновать оценку инженерно-геологических условий для оптимизации мониторинга ИЛТС на первоначальном этапе, используя определенные таких базовых элементов, как:

- возраст здания;
- функциональное назначение здания;
- степень измененности технической подсистемы (с выделением ее первичных элементов, дошедших до наших дней без изменения со времени своей постройки, и вторичных, измененных в результате реконструкции или перестройки);
- состояние техногенной подсистемы;
- степень измененности геологической подсистемы (изменение рельефа, геологического строения, в т.ч. накопление техногенных грунтов, изменение гидрогеологических условий, активизация и развитие инженерно-геологических процессов).

В качестве примера можно привести оценку инженерно-геологических условий для ИЛТС ГАБТ РФ (до реконструкции).

Современный облик Большого театра был сформирован в 1856 г. в результате перестройки архитектором А.К. Кавосом после пожара 1853 г. здания постройки О.И. Бове (1824 г.), при строительстве которого, в свою очередь, были частично использованы остатки стен и фундаментов Петровского театра («театра Медокса»), открытого в 1780 г. и сгоревшего в 1805 г.

Здание ГАБТ является типичным примером «многослойности» техногенной подсистемы ИЛТС. В связи с многочисленными перестройками фундаменты, возведенные и реконструированные в разное время, имеют различные геометрические очертания и глубину заложения. По результатам обследования основания и фундаментов здания, проведенного ООО «СК КРЕАЛ», глубина заложения фундаментов 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. При инженерно-технических изысканиях были обнаружены остатки фундаментов 1780 г. и фундаменты заложения 1824, 1856, 1923, 1930 и 1957 гг. Грунты основания нагружены неравномерно и частично перегружены (по состоянию до реконструкции).

Территория, занимаемая зданием ГАБТ, и прилегающие к ней участки располагаются на сочленении поймы и второй надпойменной террасы р. Неглинной. В палеогеоморфологическом отношении восточная и центральная части здания театра находятся в пределах доледникового водораздела, а юго-западная — над склоном погребенной палеодолины. Русло палеодолины выработано в каменноугольных карбонатных породах, а доледниковый водораздел слагается юрскими

глинистыми отложениями мощностью до 10–11 м. Ориентировка палеодолины — с севера на юг.

В геологическом строении территории принимают участие отложения каменноугольной, юрской и четвертичной систем. Схематический разрез участка застройки и прилегающей к ГАБТ (до реконструкции) территории по результатам инженерно-геологических изысканий и обследования фундаментов и грунтов основания здания, выполненных ООО «СК КРЕАЛ», приведен на рисунке 4.

Верхнекаменноугольные отложения представлены породами касимовского яруса общей мощностью около 35 м [23]. Залегающая на них толща верхнеюрских глин имеет в среднем мощность 2–4 м, иногда до 8–11 м. На отдельных участках верхнеюрские глины отсутствуют.

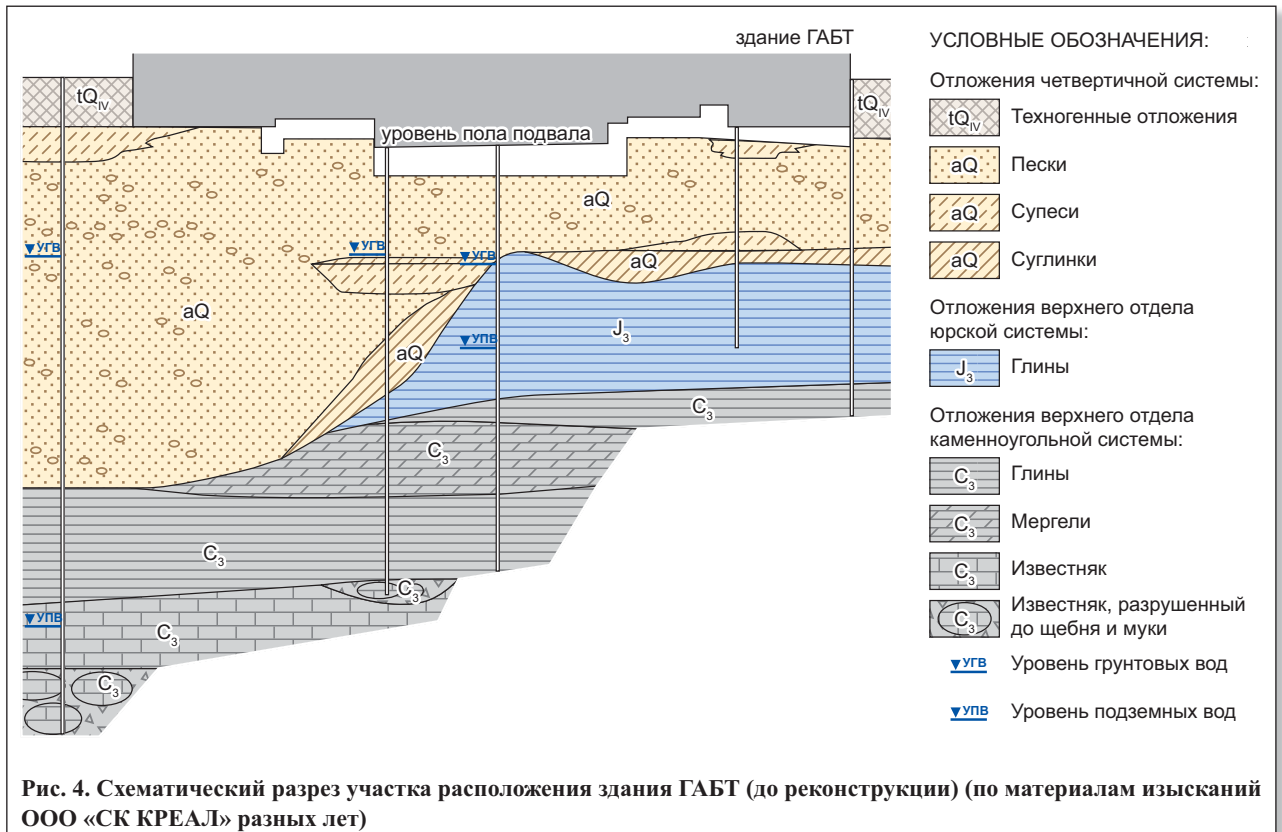
Четвертичные отложения, залегающие на каменноугольных и верхнеюрских породах, представлены аллювиальными, а также флювиогляциальными песчаными отложениями и насыпными грунтами, мощность которых с запада на восток изменяется от 2–4 до 5–6 м и далее до 10–12 м в районе засыпанной долины р. Неглинки.

Среди особенностей геологической среды здесь следует отметить крайнюю разнородность грунтов основания ИЛТС — как в подстилающем слое (от глин и суглинков в основании юго-восточной части здания ГАБТ до гравийных грунтов в основании северо-западной части), так и по всей глубине активной зоны (выклинивание юрских отложений, различная мощность аллювия).

Насыпные отложения по составу довольно разнообразны и представлены в основном местными песчаными грунтами. В долине р. Неглинки возможно нахождение и суглинистых грунтов, а также очагов древних свалок. 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. Максимальная мощность техногенных грунтов на площадке реконструкции составляет 5,9 м.

Из слабых грунтов в разрезе также представлены аллювиальные пески, обладающие пльвунными свойствами. Прорывы пльвунов 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 метро, эксплуатационного водоотбора из нижележащих каменноугольных водоносных горизонтов и др.). Сложность этих условий обусловлена здесь прежде всего отсутствием на отдельных участках верхнеюрского относительного водоупора, разделяющего четвертичные отложения и первый (перхуровский) каменноугольный водоносный горизонт, а также высокой степенью урбанизации района. На территории ГАБТ в отличие от прилегающих участков при проведении инженерно-геологических изысканий не было обнаружено «верховодки», однако существуют предпосылки для ее формирования в случае избыточного увлажнения или при утечках из водонесущих коммуникаций.



Грунтовые воды загрязнены и характеризуются повышенными (по сравнению с нормативами) величинами жесткости, концентрациями нитратов и железа. Также отмечается высокое содержание хлора. В связи с гидравлической связью измайловского и надъярского водоносных горизонтов влияние утечек из канализационных коллекторов привело к загрязнению первого аммонийным азотом и повышению в его подземных водах содержания нитратов по сравнению с фоном.

На территории, прилегающей к зданию ГАБТ, по результатам проведенных ООО «СК КРЕАЛ» режимных наблюдений был выявлен сильно нарушенный температурный режим подземных вод. Температура грунтовых вод за весь период наблюдений изменялась от 11 до 43 °С. Температура подземных вод перхуровского водоносного горизонта составляла 16–18 °С (при средних региональных значениях температуры подземных вод касимовского яруса 5–7 °С).

Из опасных геологических и инженерно-геологических процессов следует выделить карстовый и суффозионный. Потенциально опасной в этом отношении является северная часть участка, занимаемого зданием ГАБТ, где юрский водоупор размыт или имеет низкую мощность, а мощность толщи четвертичных песков превышает 7–10 м. Остальная часть здания находится на участке, неопасном в карстовом и суффозионном отношении.

Большая часть территории театра до начала реконструкции не являлась подтопленной.

Таким образом, отмеченные инженерно-геологические особенности анализируемой ИЛТС являются решающими при организации ее мониторинга, определяют состав режимных наблюдений и структуру наблюдательной сети.

Выводы

1. Под историко-культурной литотехнической системой авторами настоящей статьи предлагается понимать целостное естественно-искусственное образование, представленное техническими объектами, являющимися особо ценными в историческом и культурном отношении (зданиями, сооружениями и их ансамблями), взаимодействующими друг с другом и с геологическим массивом их основания. В таком определении отражается целостность, специфичность и происхождение этих систем, а также их функциональное назначение.

2. 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; реконструкция, реставрация и приспособление зданий — памятников истории и культуры — к новым потребностям, часто осуществляемые в ущерб сохранности памятников.


3. Характерные инженерно-геологические особенности историко-культурных литотехнических систем как объектов мониторинга можно разделить на две группы — особенности техногенной и геологической подсистем ИЛТС. Они зависят от иерархического уровня ИЛТС. К инженерно-геологическим особенностям техногенной подсистемы ИЛТС, которые должны учитываться при мониторинге, относятся ее уникальность, возраст, конструктивные решения и режим эксплуатации. Для геологической подсистемы это наличие техногенных грунтов, изменение гидрогеологических условий, рельефа участка, состава, состояния и свойств грунтового массива основания, активизация и



развитие парагенеза инженерно-геологических процессов и др.

4. На основе выделенных инженерно-геологических особенностей обоснована схематизация инженерно-геологических условий для оптимизации мониторинга ИЛТС на первоначальном этапе с использованием определения таких базовых элементов, как: возраст здания; его функциональное назначение; степень измененности технической подсистемы и ее состояние;

степень измененности геологической подсистемы (изменение рельефа, геологического строения, в т.ч. накопление техногенных грунтов, изменение гидрогеологических условий, развитие инженерно-геологических процессов и др.).

5. Проведена оценка инженерно-геологических условий историко-культурной литотехнической системы ГАБТ РФ (до реконструкции) для целей обоснования ее мониторинга. 

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверкина Т.И.* Литотехнические системы как результат взаимодействия природных и технических объектов в приповерхностной части литосферы // Теория и методология экологической геологии. М.: Изд-во МГУ, 1997. С. 213–236.
2. *Анпилов В.Е.* Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. М.: Недра, 1984. 161 с.
3. *Архитектурные ансамбли Москвы XV — начала XX веков* / под ред. Т.Ф. Саваренской. М.: Стройиздат, 1997. 470 с.
4. *Бондарик Г.К., Чань Мань Л., Ярг Л.А.* Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов: учебное пособие. М.: Изд-во ОАО «ПНИИИС», 2009. 260 с.
5. *Бондарик Г.К., Ярг Л.А.* Природно-технические системы и их мониторинг // Инженерная геология. 1990. № 5. С. 3–9.
6. *Галкин А.Н.* Типизация литотехнических систем: состояние проблемы и пути ее решения // Инженерная геология. 2009. № 3. С. 16–19.
7. *Голодковская Г.А., Лебедева Н.И.* Инженерно-геологическое районирование территории Москвы // Инженерная геология. 1984. № 3. С. 48–61.
8. *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.
9. *Демина Н.В.* Историко-культурные литотехнические системы как объекты мониторинга // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2011». CD. М.: Изд-во МГУ, 2011. ISBN 978-5-317-03634-8. 490 MB. 1000 с.
10. *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.
11. *История русской архитектуры* / под ред. Ю.С. Ушакова, Т.А. Славиной. СПб.: Стройиздат, 1994. 600 с.
12. *Коновалов П.А.* Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М.: Бумажная галерея, 2000. 316 с.
13. *Королев В.А.* Литотехническая система // Российская геологическая энциклопедия. Т. 2. М. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. С. 198–199.
14. *Королев В.А.* Мониторинг в инженерной геологии // Российская геологическая энциклопедия. Т. 2. М. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. С. 368–369.
15. *Королев В.А.* Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: учебное пособие. М.: КДУ, 2007. 416 с.
16. *Королев В.А.* Основные принципы организации мониторинга геологических, литотехнических и эколого-геологических систем // Инженерная геология. 2007. № 4. С. 24–29.
17. *Котлов Ф.В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 262 с.
18. *Котов В.Ю.* Инженерно-геологическая типизация исторических природно-технических систем (на примере памятников архитектуры центра Европейской части России: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М.: Изд-во РГГРУ, 2001. 24 с.
19. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 182 с.
20. *Москва. Геология и город* / под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: Московские учебники и картолитология, 1997. 399 с.
21. *Огородникова Е.Н., Николаева С.К.* Техногенные грунты: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2004. 250 с.
22. *Пашкин Е.М.* Инженерно-геологическая диагностика деформации памятников архитектуры. М.: Высшая школа, 1998. 255 с.
23. *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.
24. *Ранпопорт П.А.* Древнерусская архитектура. СПб.: Стройиздат, 1993. 285 с.
25. 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.
26. *Сытин П.В.* Из истории московских улиц. М.: Московский рабочий, 1958. 843 с.
27. *Трофимов В.Т., Зилинг Д. Г.* Экологическая геология. М.: Изд-во МГУ, 2002. 414 с.
28. *Шестаков В.М.* Прикладная гидрогеология: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2001. 144 с.
29. *Шидловская А. В.* Геоэкологический и геотехнический объектный мониторинг архитектурно-исторических комплексов Санкт-Петербурга // Труды Международной конференции по геотехнике «Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство». СПб., 2003. Т. 2. С. 455–461.
30. *Шидловская А.В.* Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг подземного пространства исторического центра Санкт-Петербурга: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. 20 с.