

А.В.ШИДЛОВСКАЯ, ассистент, *shidanna@bk.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.V.SHIDLOVSKAYA, assistant lecture, *shidanna@bk.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

КОМПЛЕКСНЫЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ АРХИТЕКТУРНО- ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Рассматриваются концепция и структура комплексного инженерно-геологического и геоэкологического мониторинга архитектурно-исторических памятников Санкт-Петербурга. Анализируется специфика инженерно-геологических и гидрогеологических условий на примере Исаакиевского, Казанского и Петропавловского соборов. Оценивается экологическое состояние подземной среды в зоне основания рассматриваемых сооружений. Показываются факторы, оказывающие влияние на развитие деформаций архитектурно-исторических памятников в условиях высокой степени трансформации компонентов подземной среды и развития негативных природных и природно-техногенных процессов. Предлагается система объектного мониторинга для Исаакиевского, Казанского и Петропавловского соборов.

Ключевые слова: архитектурно-исторические памятники, инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг, микробиота, реконструкция и реставрация.

COMPLEX GEOLOGICAL ENGINEERING AND GEOENVIRONMENTAL MONITORING AS A BASIS FOR CREATION OF STRATEGY OF SAINT PETERSBURG ARCHITECTURAL AND HISTORICAL MONUMENTS CONSERVATION

In the paper concept and structural of complex engineering geological and geoenvironmental monitoring of architectural and historical monuments are considered. The specificity of engineering geological and hydrogeological conditions by the example of the Isaac Cathedral, the Kazan Cathedral and the Peter and Paul Cathedral is analyzed. The geoenvironmental condition of architectural and historical monuments underground space is estimated. The factors which influence on monuments deformation due to the high degree of underground space transformation and activity of negative natural and technogenic processes are shown. The system of impact monitoring of the Isaac Cathedral, the Kazan Cathedral and the Peter and Paul Cathedral is proposed.

Key words: architectural and historical monuments, complex engineering geological and geoenvironmental monitoring, microorganisms, reconstruction, restoration.

Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг – это система постоянного контроля во времени за компонентами подземного пространства (горными породами, подземными водами, микроорганизмами, газами и подземными несущими конструкциями зданий и сооружений) для прогноза возможности возникновения опасных природных и природно-техногенных процессов, а также управления состоянием

системы «сооружение – подземная среда». Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг подземного пространства предлагается проводить на трех иерархических уровнях: региональном, локальном и объектном.

Региональный мониторинг подземного пространства включает наблюдения и контроль за развитием экзогенных и эндогенных процессов, изменением режимов повсеместно распространенных в подземной среде города горизонта грунтовых вод и нижнекотлинского водоносного комплекса. В функции локального мониторинга входит диагностика и прогнозирование локально развитых экзогенных процессов. Объектный мониторинг включает контроль за состоянием архитектурно-исторических памятников, испытывающих длительные и неравномерные деформации, и управление им. К числу таких памятников относятся Петропавловский, Исаакиевский и Казанский соборы.

Исторический центр города приурочен к островной части Санкт-Петербурга и расположен в пределах низкой Литориновой террасы (рис. 1).

Различие в мощности наиболее слабых четвертичных отложений определяется приуроченностью территории размещения памятников к зонам с различной глубиной залегания коренных глин. Для исторического центра Санкт-Петербурга это верхнекотлинские глины верхнего венда, которые также являются и средой размещения подземных сооружений, например перегонных тоннелей метрополитена и подземных станций. Петропавловский собор находится вне зоны погребенной долины Пра-Невы. К бортовой части погребенной долины относятся Исаакиевский и Казанский соборы.

В подземной среде исторического центра города, где размещены Исаакиевский, Казанский и Петропавловский соборы, фиксируется наличие восстановительной обстановки ($Eh < 100\text{ В}$), реже переходных окислительно-восстановительных условий. Варьирование величины Eh в грунтовых водах определяется наличием захороненных болот, а также близостью источников загрязнения органическими веществами, наличием застойного гидродинамического режима.

Формирование восстановительной среды за счет окисления органического вещества способствует разрушению цементационных связей в песчано-глинистых породах за счет соединений трехвалентного железа, снижению прочности пород, а также показателей деформационных свойств. Содержание легкоокисляемой органики, фиксируемой по значению перманганатной окисляемости, в грунтовых водах в основании Казанского собора составляет 17,6 мг O_2 /л, в основании Петропавловского собора увеличивается до 64 мг O_2 /л, а в основании Исаакиевского собора, по данным 2009 г., достигает аномально высоких значений – тысяч миллиграммов кислорода на литр, что объясняется утечками из густой канализационной сети, расположенной вокруг собора.

Вся толща грунтов в основании исторического центра должна рассматриваться как бактериально пораженная с высокими значениями содержания биомассы (БМ). Так, например, в песках основания Исаакиевского собора содержание БМ колеблется от 39 до 70 мкг/г при фоне 25 мкг/г, в озерно-ледниковых суглинках и ленточных глинах – от 135 до 511 мкг/г при фоне 38 мкг/г, в моренных суглинках – от 56 до 85 мкг/г при фоне 20 мкг/г, в межморенных отложениях – 210-294 мкг/г при фоне 20 мкг/г, в коренных глинах венда – от 186 до 690 мкг/г при фоне 10 мкг/г.

Загрязнение подземной среды приводит к значительному преобразованию песчано-глинистых грунтов, переводя их в разряд более слабых отложений с постепенным снижением несущей способности. Глинистые разности (озерно-ледниковые и моренные отложения) имеют низкие значения углов внутреннего трения (до 5°) и сцепления (до 0,03 МПа), а также ярко выраженный пластический характер развития деформаций. В условиях загрязнения органическими соединениями резко снижается фильтрационная способность и водоотдача песков и они переходят в пльвинное состояние. Значение коэффициента фильтрации песков в основании Исаакиевского собора в условиях загрязнения органическими соединениями составляет 10^{-4} - 10^{-5} м/сутки, что сопоставимо с водопроницаемостью глин.

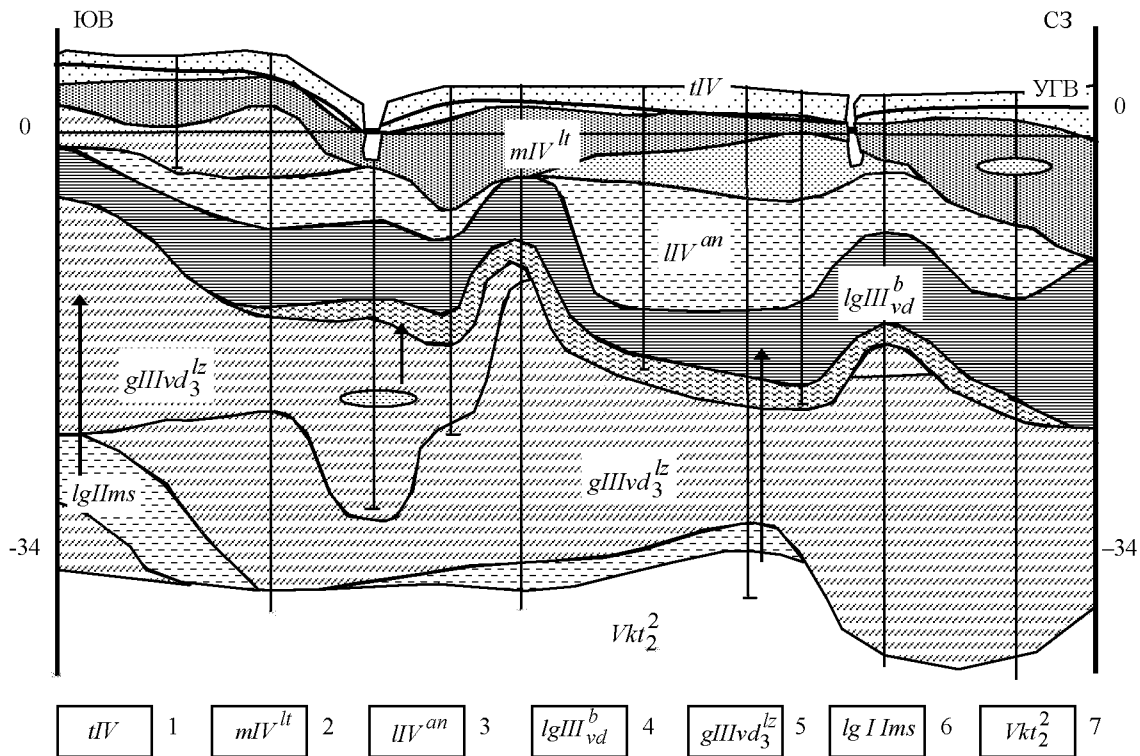


Рис.1. Схематический геолого-литологический разрез исторического центра Санкт-Петербурга:

1 – техногенные образования; 2 – литориновые пески и супеси; 3 – анциловые суглинки и глины; 4 – озерно-ледниковые отложения; 5 – лужская морена; 6 – межморенные отложения; 7 – верхнекотлинские глины венда; УГВ – уровень грунтовых вод



Рис.2. Структура комплексного инженерно-геологического и геоэкологического мониторинга архитектурно-исторических памятников Санкт-Петербурга

Накопление малорастворимых газов (CH_4 , N_2 , H_2) в песчано-глинистых отложениях в процессе биохимической деятельности вызывает значительное изменение их напряженного состояния, что должно учитываться при разработке стратегии защиты архитектурно-исторических памятников. Образование растворимых биохимических газов (H_2S , CO_2) способствует повышению агрессивности подземной гидросферы к строительным материалам подземных конструкций и развитию биокоррозии.

В структуру инженерно-геологического и геоэкологического мониторинга архитектурно-исторических памятников должны входить наблюдения и контроль как за изменением компонентов подземной среды в зоне размещения зданий, так и за деформациями памятников в соответствии с особенностями преобразования подземной среды (рис.2).

Развитие комплексного мониторинга архитектурно-исторических памятников, в том числе Исаакиевского, Казанского и Петропавловского соборов, должно реализовываться по следующим направлениям:

1. Проведение режимных наблюдений за изменением уровня, состава и агрессивности грунтовых вод для контроля их гидродинамического, гидрохимического и температурного режимов.

2. Наблюдения за динамикой варьирования пьезометрической поверхности глубокого нижнекотлинского водоносного горизонта для оценки его роли в развитии деформаций соборов. Следует отметить, что изменение пьезометрической поверхности данного водоносного горизонта существенно влияет на напряженно-деформированное состояние толщи перекрывающих пород,

что может вызвать деформации архитектурно-исторических памятников, эксплуатационный ресурс которых практически исчерпан. Восстановление пьезометрической поверхности нижнекотлинского водоносного горизонта, наблюдаемое в последнее время, приводит к появлению взвешивающего эффекта, повышению поровых давлений и, соответственно, снижению несущей способности пород основания, а также увеличению мощности активной зоны основания соборов.

3. Наблюдения за изменением состояния и физико-механических свойств пород в основании соборов во времени.

4. Наблюдения за биохимической газогенерацией в основании соборов.

5. Геодезические наблюдения за деформациями поверхности по периметру соборов.

6. По зафиксированным и выявленным трещинам в зданиях соборов установка маяков для контроля степени, характера и динамики раскрытия трещин.

7. Неразрушающий контроль за состоянием кладки фундаментов соборов.

Для архитектурно-исторических памятников необходимо выполнить построение трехмерных (3D) моделей по результатам съемок лазерно-сканирующими системами, а также разработать методику их комплексного геодезического обследования с учетом характера развития деформаций памятников, состояния грунтов, фундаментов и подземных вод. Кроме того, для архитектурно-исторических памятников следует создать специальные нормативы по охранным зонам, в пределах которых запрещается проведение каких-либо строительных работ, в первую очередь по устройству глубоких котлованов даже с применением щадящих технологий.