

ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИСААКИЕВСКОГО СОБОРА (г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

ON THE ENGINEERING-GEOLOGICAL FEASIBILITY OF SAINT ISAAC'S CATHEDRAL LONG TERM STABILITY (St. PETERSBURG, RUSSIA)

ДАШКО Р.Э.

Профессор кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Санкт-Петербургского государственного горного университета (СПГГУ), д.г.-м.н., г. Санкт-Петербург, regda2002@mail.ru

ШИДЛОВСКАЯ А.В.

Доцент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Санкт-Петербургского государственного горного университета (СПГГУ), к.г.-м.н., г. Санкт-Петербург, shidanna@bk.ru

АЛЕКСАНДРОВА О.Ю.

Ассистент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Санкт-Петербургского государственного горного университета (СПГГУ), к.г.-м.н., г. Санкт-Петербург, alexolga@mail.ru

DASHKO R.E.

A professor of the department of hydrogeology and engineering geology of St. Petersburg State Mining University, doctor of geological-mineralogical sciences, St. Petersburg, regda2002@mail.ru

SHIDLOVSKAYA A.V.

An associate professor of the department of hydrogeology and engineering geology of St. Petersburg State Mining University, candidate of geological-mineralogical sciences, St. Petersburg, shidanna@bk.ru

ALEXANDROVA O.YU.

An assistant lecture of the department of hydrogeology and engineering geology of St. Petersburg State Mining University, candidate of geological-mineralogical sciences, St. Petersburg, alexolga@mail.ru

Ключевые слова:

Исаакиевский собор; фундаменты; песчано-глинистые грунты основания; квазипластичное состояние; неравномерная осадка; выпор; деформации; разрушение строительных материалов фундаментов; загрязнение грунтовых вод; утечки из систем водоотведения и канализации; сточные воды; микробиота.

Key words:

Saint Isaac's Cathedral; foundations; sandy clay foundation soils; quasi-plastic state; differential settlement; heaving; deformations; destruction of the foundation building materials; groundwater contamination; leakages from drainage and sewerage systems; sewage; microbiota.

Аннотация

В статье проводится историко-экологический анализ особенностей освоения территории Исаакиевского собора, рассматриваются основные черты его конструктивных схем и история строительства. На основе результатов данного анализа и экспериментальных исследований установлено разрушение строительных материалов фундаментов здания и снижение несущей способности слабых водонасыщенных песчано-глинистых грунтов его основания в результате загрязнения подземных вод за счет утечек из находящихся поблизости систем водоотведения и канализации. Доказано, что длительно незатухающие осадки собора имеют неравномерный характер и развиваются в условиях незавершенной консолидации его грунтового основания. Рассмотрены необходимость и основные составляющие мониторинга данного объекта.

Abstract

The article carries out the historical-ecological analysis of Saint Isaac's Cathedral territory development specifics, considers the cathedral structural layout main features and construction history. Destruction of the foundation building materials and decrease of the bearing resistance of the soft water-saturated sandy clay foundation soils as a result of the groundwater contamination due to leakages from the nearby drainage and sewerage systems are determined on the basis of the analysis results and experimental investigations. It is proved that the cathedral settlements sustained over a long period of time are differential and develop in the conditions of incomplete consolidation of the foundation soils. The need for monitoring of the object and its main components are considered.

Исаакиевский собор — крупнейший православный собор г. Санкт-Петербурга, уникальный памятник архитектуры, одно из самых больших в Европе купольных сооружений (его высота составляет 101,5 м, а занимаемая площадь превышает 1 га). В свое время его называли «первенствующим в империи». Сейчас он имеет статус музея, но по воскресеньям и праздникам там проходят богослужения. Это массивное здание имеет несколько разновозрастных фундаментов на слабых водонасыщенных песчано-глинистых грунтах основания и испытывает неравномерные осадки (до 1 м), что вызывает очаги перенапряжения и трещины в его несущих конструкциях.

Для оценки масштабов осадок Исаакиевского собора и динамики их развития во времени, необходимой для корректировки проектов его реставрации и реконструкции, необходима организация системы постоянного мониторинга его несущих конструкций, состояния и свойств грунтов основания, а также динамики и состава подземных вод. Такая система мониторинга должна быть обоснована с учетом специфики развития деформаций собора на протяжении истории его существования, инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий в его основании, рассмотрению которых и посвящена настоящая статья.

Строительство Исаакиевского собора было начато в 1768 г. по проекту архитектора А. Ринальди [1]. Однако он не смог закончить эту работу, и в



1802 г. ее завершил архитектор В. Бренна, который уменьшил размеры здания и отказался от устройства малых куполов. Собор получился приземистым и не соответствовал парадному облику центральной части г. Санкт-Петербурга, что уже в 1809 г. вызвало необходимость его перестройки с сохранением части ринальдиевских фундаментов (по желанию Александра I). В 1825 г. был утвержден проект архитектора О. Монферрана, который предполагал сохранить фундаменты алтарной части собора и подкупольных пилонов в его западной части. Увеличение здания намечалось лишь в длину (в западном направлении), а ширина оставалась прежней.

Устройство новых фундаментов началось со вскрытия пятиметрового котлована и забивки сосновых свай диаметром 26 см и длиной 8,4 и 6,3 м. Всего под фундамент было забито 10 762 сваи. В целях экономии О. Монферран считал возможным использовать около 13 000 свай от разобранного собора постройки А. Ринальди. Их длина составляла 10,5 м под пилонами и 8,4 м под остальными конструкциями. Таким образом, свайное поле под Исаакиевским собором состоит из 24 000 свай. Принимая во внимание, что они были забиты в слабые литориновые и озерно-ледниковые грунты, их следует рассматривать как висячие.

Под несущими конструкциями и углами здания ростверк свайного фундамента был выложен гранитными плитами. Под портиками чередовались ряды бутовой кладки из известняка и гранитных блоков. В остальных местах фундаменты были представлены только бутовой кладкой из известняка. Массивная плита фундамента толщиной 7,5 м была заглублена на 5 м (соответственно более 2 м плиты расположено выше земной поверхности). В ней были устроены галереи сечением 2,5×2,5 м для осмотра состояния кладки. Общая длина здания с портиками составила 102 м, а ширина — 92 м.

Строительство собора было в целом завершено в 1841 г., однако его внутренняя отделка продолжалась 17 лет. Еще до окончания строительства было обнаружено, что западная часть здания оседает больше, чем восточная [2]. Интенсивное развитие осадок привело к появлению трещин, разрушению внутренней отделки — и почти 20 лет собор не функционировал (до его освящения в 1858 г.).

В настоящее время необходимо установить причины, определяющие прогрессирующий характер развития неравномерных деформаций собора. При этом особое внимание следует обратить на снижение (во времени) прочности песчано-глинистых грунтов в его основании и коррозию строительных материалов при контаминации подземной среды.

Следует подчеркнуть, что Исаакиевский собор был и остается самым тяжелым зданием в Санкт-Петербурге. Его общий вес составляет примерно 320 тыс. т, из которых 100 тыс. т приходится на массивную кладку свайно-плитного фундамента

(в соответствии с современной терминологией). Это уникальное по своим конструктивным решениям здание на протяжении всего периода своего существования вызывало беспокойство с точки зрения развития деформаций и необходимости обеспечения его устойчивости. Согласно результатам нивелировки стен подвалов, проведенной в 1927 г., отмечался рост осадки в северном и южном коридорах в направлении с востока на запад. Относительная разность отметок точек, расположенных на расстоянии 90 м друг от друга в северо-восточном и юго-западном углах здания, составила 0,005, что по нормам СНиП 2.02.01-83 является предельно допустимой величиной для зданий с несущими стенами из кирпичной кладки. Данные нивелировки портиков (их пола) показывают, что при осадке основного корпуса собора они опустились вместе с ним и получили крен в сторону массивной части здания. Нивелировка прокладных рядов четырех подкупольных пилонов позволила установить, что осадочное движение средней части собора идет также с северо-востока на юго-запад. В 1927 г. было зафиксировано отклонение яблока под крестом с востока на запад на 270 мм [6].

В 1983 г. по результатам съемки территории, примыкающей к зданию собора, профессором С.Н. Сотниковым было отмечено наличие «осадочной воронки» и выпора грунта, высота которого составила 0,85 м (С.Н. Сотников, 1986).

При обосновании длительной устойчивости Исаакиевского собора принципиальное значение имеют инженерно-геологические особенности разреза его основания. Собор построен в пределах низкой литориновой террасы и располагается в районе склона левого борта глубокой погребенной долины р. Невы в коренных отложениях верхнего венда. Геолого-литологический разрез его основания был получен только в 1954 г. В 1953–1954 гг. сотрудники кафедры оснований, фундаментов и механики грунтов Ленинградского политехнического института под руководством члена-корреспондента АН СССР В.А. Флорина исследовали состояние надземных конструкций собора. Бурение скважин по контуру собора проводилось Трестом геодезических работ и инженерных изысканий (Трест ГРИИ). Было пройдено 4 скважины глубиной по 50 м. В процессе бурения отбирались монолиты грунтов и пробы воды. Изменения величин влажности и плотности грунтов в основании собора привязывали к выделенным генетическим типам грунтов (литориновым, озерно-ледниковым, ледниковым и верхнекотлинским глинам верхнего венда).

Через 55 лет, в 2009 г., Трестом ГРИИ около собора (в тех же точках) были пробурены 4 скважины (из них № 3 и 4 имели глубину 50 м, а № 1 и 2 — 20 м). Бурение сопровождалось отбором грунта нарушенного и ненарушенного сложения и грунтовых вод. Кроме того, было произведено статическое зондирование, в ходе которого наблюдался провал зонда при проходке озерно-ледниковых и моренных отложений.

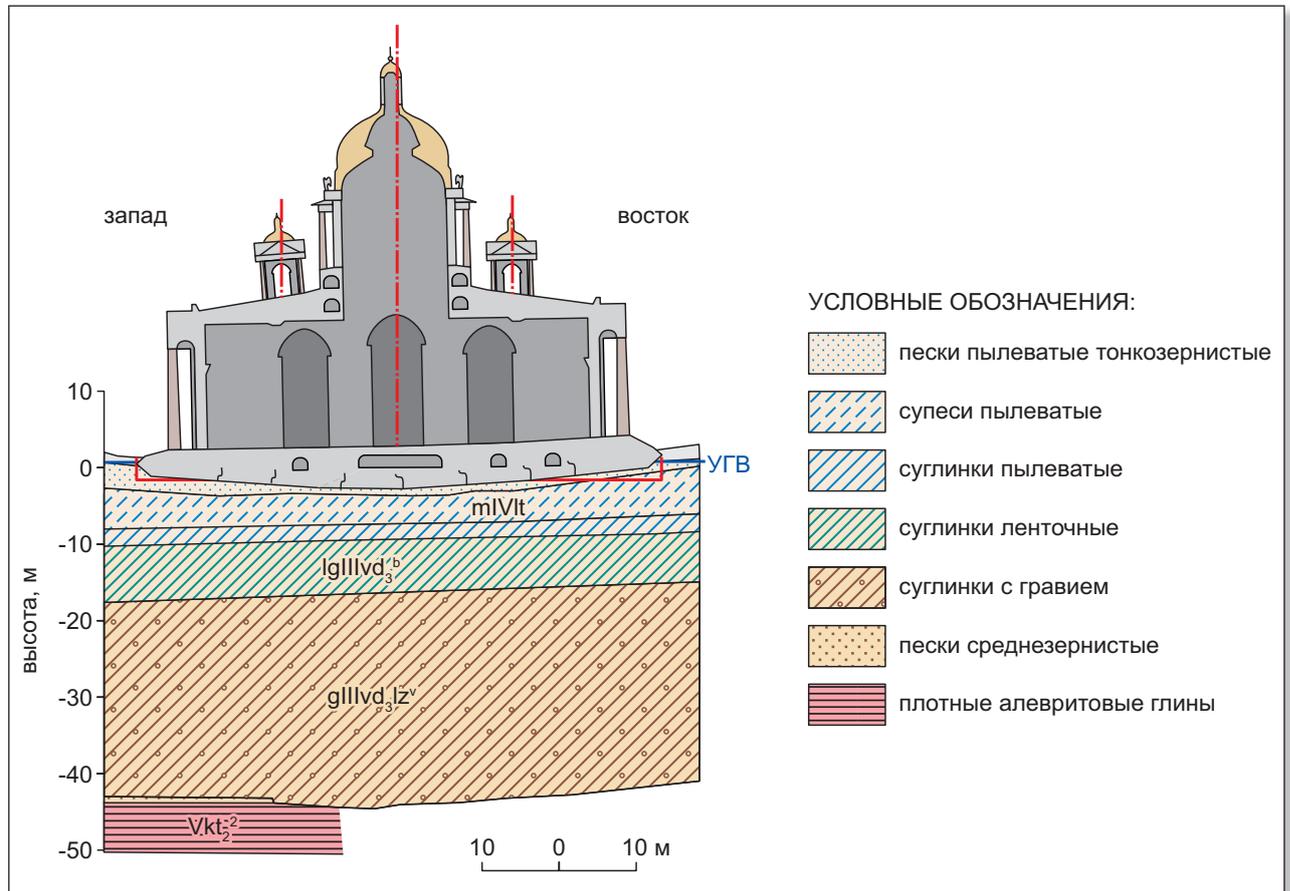


Рис. 1. Схематический геолого-литологический разрез основания Исаакиевского собора с указанием особенностей его деформирования

Кровля коренных малосжимаемых глин (верхнекотлинских глин верхнего венда) в склоновой части погребенной долины была вскрыта только в одной скважине — на глубине 44,5 м в юго-западной части Исаакиевского собора, как и в 1953 г. (рис. 1).

В северном направлении (к тальвегу палеодолины) кровля коренных пород погружается и соответственно мощность четвертичных песчано-глинистых отложений возрастает до 65 м. Изменение мощности четвертичных грунтов в диапазоне 20–25 м в пределах контура собора имеет принципиальное значение для оценки условий развития его неравномерных деформаций. Эти грунты представлены (снизу вверх) межморенными озерно-ледниковыми отложениями, ледниковыми образованиями, озерно-ледниковыми разностями Балтийского ледникового озера и осадками Литоринового моря, перекрытыми техногенными грунтами (см. рис. 1). В верхней части разреза отмечаются прослой торфа и заторфованных отложений.

Уровень грунтовых вод при бурении отмечался на глубине 1,8–2,0 м от поверхности. Сравнительный анализ их химического состава в 1954 и в 2009 гг. показывает, что за прошедшие 55 лет произошли его существенные негативные изменения за счет утечек из системы водоотведения, расположенной по контуру здания (табл. 1), и из находящейся поблизости региональной канализационной сети, из которой в 2005 г. произошел прорыв стоков.

Величина окислительно-восстановительного потенциала E_h грунтовых вод, измеренная в полевых условиях в 2009 г., составила минус 108 мВ, что свидетельствует о том, что эта среда является резко восстановительной за счет окисления органических соединений (белков, жиров, углеводов). Содержание этих веществ в канализационных стоках составляет 52% (остальные 48% приходится на неорганические вещества — хлориды, соединения серы, азота, фосфора). В 1 мл этих стоков содержится 10^7 – 10^8 клеток микроорганизмов [5]. Поэтому утечки из канализационной сети способствуют повышению агрессивности подземных вод по отношению к строительным материалам, прежде всего к известнякам и известковому раствору, которые использовались при устройстве фундамента Исаакиевского собора.

За 55 лет также существенно выросло содержание ионов кальция (особенно в скважинах № 1, 3), а в отдельных скважинах (№ 1, 4) значительно увеличилась общая минерализация. Повышенное содержание кальция (до 560,1 мг/л) и магния (до 55,3 мг/л), нехарактерное для грунтовых вод в озерно-морских отложениях свидетельствует о выщелачивании известняков и растворов из подземной части плиты фундамента, частично сложенной известняками.

В песчано-глинистых грунтах основания Исаакиевского собора обнаруживается высокая степень микробной пораженности, которая фиксируется по величине микробного белка. В литорино-



Таблица 1

Результаты сравнительной оценки химического состава грунтовых вод в основании Исаакиевского собора по данным 1954 и 2009 гг.										
Элементы анализа	Ед. изм.	Содержание элементов* в скважине №								
		1 (ЮВ)		2 (СЗ)		3 (ЮЗ)		4 (СВ)		
		1954 г.	2009 г.	1954 г.	2009 г.	1954 г.	2009 г.	1954 г.	2009 г.	
Ca ²⁺	мг/л	84,0	560,1	н/о	448,0	40,0	133,5	68,0	89,8	
Mg ²⁺		77,8	55,3		44,5	28,0	29,0	53,3	39,0	
K ⁺ + Na ⁺		126,0	816,0		10,2	370,0	75,1	85,1	27,3	
NH ⁴⁺		н/о	0,28		0,10	н/о	2,0	н/о	5,0	
SO ₄ ²⁻		102,0	20,9		34,5	31,2	81,8	200,8	< 2,0	
Cl ⁻		384,5	1418,0		63,8	288,8	53,2	76,5	81,5	
HCO ₃ ⁻		201,3	1572,0		239,0	707,6	410,5	317,2	42,7	
NO ₃ ⁻		н/о	2,2		< 0,5	н/о	1,8	н/о	< 0,5	
Железо общее		0,4	95,0		1,8	н/о	367,5	н/о	2160,0	
Сухой остаток		1156,0	4125,0		754,8	1192,0	847,5	680,0	795,0	
Перманганатная окисляемость		мг O ₂ /л	16,0		152,9	11,5	26,1	415,2	13,1	312,8
CO ₂ агрессивн.		мг/л	11,0		н/о	н/о	н/о	н/о	70,4	н/о
pH		-	7,4		8,6	9,2	7,8	8,6	7,4	8,7**
Eh	мВ	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	-108,0**		

* н/о — значение не определялось. ** Результаты измерений в скважине.

вых песках содержание микробной массы колеблется от 39 до 70 мкг/г, в озерно-ледниковых суглинках и ленточных глинах — от 135 до 511 мкг/г, в моренных суглинках — от 56 до 85 мкг/г, в межморенных отложениях — от 210 до 294 мкг/г, в коренных глинах венда — от 186 до 690 мкг/г. Таким образом, в озерно-ледниковых, межморенных и коренных глинах основания собора отмечается аномально высокое содержание микробного белка по сравнению с его количеством в соответствующих грунтах на других участках исторического центра Санкт-Петербурга, что объясняется их загрязнением канализационными стоками.

Исследования биопораженности фрагментов дерева (сосны), извлеченных при бурении в 2009 г., были выполнены в лаборатории микологии и альгологии Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) под руководством доктора биологических наук Д.Ю. Власова. Микромицеты были обнаружены только в верхней части разреза

на глубине 2,5 м. Это связано с наличием анаэробной среды в основании Исаакиевского собора, в которой жизнедеятельность микромицетов затухает. В пробах древесины было выявлено 8 их видов, являющихся деструкторами различных материалов. При этом доминировали 2 вида рода *Penicillium* (табл. 2).

По результатам лабораторных исследований, выполненных в 2009 г. в Санкт-Петербургском государственном горном институте (в настоящее время Санкт-Петербургский государственный горный университет), литориновые супеси и озерно-ледниковые суглинки имеют текучую, реже текучепластичную консистенцию. Их естественная влажность изменяется от 34 до 51%, что практически коррелирует с данными, полученными в 1954 г. (тогда была установлена такая же консистенция и влажность от 35 до 45%).

Песчаные литориновые разности в основании собора (как показывает величина их седимента-

Таблица 2

Результаты микологического анализа фрагментов дерева в основании Исаакиевского собора		
Место отбора пробы	Обнаруженные виды грибов	Содержание, КОЕ*/г
Исаакиевский собор, скважина № 1 (ЮВ), глубина 2,5 м	<i>Chaetomium globosum</i> , <i>Chrysosporium merdarium</i> , <i>Gliocladium penicilloides</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Phoma glomerata</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>	1000±85
Исаакиевский собор, скважина № 1 (ЮВ), глубина 2,5 м	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Penicillium roqueforti</i> , <i>Penicillium velutinum</i>	230±15

* КОЕ — количество образующих колонии единиц.

Таблица 3

Физико-механические свойства глинистых разностей в основании Исаакиевского собора по данным СПГГИ (ГУ) 2009 г.								
Типы грунтов	Глубина, м	W, %	ρ , г/см ³	c, МПа	φ , ° (град.)	E_0 , МПа	$\sigma_{вс}$, кПа	Примечание
Озерно-ледниковые суглинки и ленточные глины	16,0	34,1	1,86	0,018	0	0,20	220	-
	17,5	33,8	1,96	0,018	0	0,33	220	-
	19,0	51,3	1,83	0,018	0	0,29	220	-
Моренные суглинки (лужская морена)	31,0	19,9	2,15	0,040	0	0,90	400	-
	35,0–35,2	20,6	2,16	0,040	0	0,80	500	S-образная кривая деформирования
	35,5–35,7	19,4	2,25	0,050	0	1,00	450	-
	36,3	18,1	2,28	0,050	0	1,05	550	-
	38,5	18,3	2,16	0,055	0	0,90	460	-

* Параметры грунта: W — влажность; ρ — плотность; c — удельное сцепление; φ — угол внутреннего трения; E_0 — модуль общей деформации; $\sigma_{вс}$ — всестороннее давление в камере стабилометра.

ционного объема, равная 22,5–24,5 см³) имеют ярко выраженные плавунные свойства. Водопроницаемость песков снижается до 10⁻³–10⁻⁴ м/сут, что характерно для глинистых разностей. В таких грунтах наблюдается уменьшение параметра трения в два раза. Угол внутреннего трения по данным исследований песков в сходных инженерно-геологических и геоэкологических условиях в историческом центре города составляет 10–12°.

Определение характеристик прочности и параметров деформационных свойств глинистых грунтов в основании Исаакиевского собора проводилось в стабилометре в условиях закрытой системы и объемного напряженного состояния, что в наибольшей степени отвечает реальным условиям работы грунта в основании собора (табл. 3).

Все испытанные глинистые грунты (озерно-ледниковые и моренные) показали себя как квазипластичные среды с углом внутреннего трения 0°. Специальная обработка результатов

определения сопротивления сдвигу озерно-ледниковых и моренных отложений 1953–1954 гг. и 2009 г. показала, что за прошедшие 55 лет наблюдается снижение прочности этих грунтов на 30% и более.

При неглубоком заложении фундамента на основании, представленном малолитифицированными глинистыми грунтами, развитие осадки обычно происходит с образованием выпора (выдавливания) грунта из-под фундамента. Для Исаакиевского собора относительное заглубление подошвы плиты составляет всего 0,054. В таком случае наблюдается интенсивное выдавливание из-под нее слабых озерно-ледниковых разностей в условиях отсутствия или малой значимости фильтрационной консолидации в основании.

Для озерно-ледниковых отложений основания собора (как квазипластичной среды) расчетное сопротивление меньше давления от сооружения, а второе критическое давление, превышение которого приводит к выпору, близко к нему.



Рис. 2. Трещины скола в нижней части колонн западного портика Исаакиевского собора



Сопротивление для озерно-ледниковых отложений как несущего горизонта фундамента Исаакиевского собора, рассчитанное с использованием полученных параметров сопротивления сдвигу, составляет 0,18 МПа, второе критическое давление равно 0,23 МПа, давление от сооружения — 0,22 МПа. Соответственно грунты в основании Исаакиевского собора сейчас находятся на стадии развития пластических деформаций, что подтверждается данными наблюдений и геодезических измерений [2]. Это приводит к деформациям его фундамента, а также к развитию трещин в несущих колоннах портика (рис. 2).

Прогноз длительной устойчивости Исаакиевского собора должен производиться на основе результатов исследований реологического поведения грунтов с учетом медленного снижения прочности глинистых отложений за счет протекания в них физико-химических и биохимических процессов [4, 7]. Для оценки характера деформирования грунтов в основании собора и прогноза его развития во времени необходимо проведение объектного мониторинга, включающего:

1. Геодезические наблюдения по маркам, установленным в цоколе здания, а также по поверхностным и глубинным реперам в зоне выдавливания грунтов;
2. Съёмку характера и степени деформаций несущих конструкций собора с помощью современных лазерно-сканирующих систем в 3D варианте;
3. Контроль гидродинамического, гидрохимического и температурного режимов грунтовых вод в сети режимных гидрогеологических скважин с периодичностью опробования четыре раза в год;
4. Наблюдения и контроль гидродинамического режима вендского водоносного комплекса с периодичностью два раза в год для оценки динамики изменения его пьезометрической поверхности и влияния положения последней на длительную устойчивость собора;
5. Биохимические исследования и наблюдения за газообразованием и изменениями бактериальной массы, а также за развитием биокоррозии строительных материалов при помощи специализированных скважин в юго-западной части собора (глубина газовых скважин должна составлять не менее 8–12 м, что определяется глубиной залегания погребенных болотных отложений и заторфованных пород, потенциально опасных в отношении биохимической газогенерации);
6. Наблюдения за изменениями состава и свойств песчано-глинистых грунтов и их корреляцией с изменениями бактериальной массы и физиологических групп микроорганизмов в основании собора и на прилегающей территории при помощи временных створов (с частотой опробования разреза два раза в год).

Анализ результатов в системе объектного мониторинга позволяет с большой степенью достоверности и надежности выполнить работы по ре-

конструкции и реставрации Государственного музея-памятника «Исаакиевский собор». Кроме того, дополнительно необходимо провести исследования, связанные с оценкой состояния деревянных свай и степени консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов в основании собора. С этой целью рекомендуется пройти наклонные скважины (под углом 62–63° к горизонту) длиной по 25–30 м с северо-восточной и юго-западной сторон собора.

Проведенные комплексные исследования и сравнительный анализ изменений состояния и свойств песчано-глинистых грунтов в основании Исаакиевского собора за 55 лет (1954–2009 гг.) позволяют выполнить прогнозирование дальнейшего снижения несущей способности грунтов, в т.ч. за счет их активной контаминации в условиях сохранения стабильной негативной экологической обстановки в подземной среде. При этом деятельность микробиотической компоненты в основании собора должна рассматриваться только с позиции ее отрицательного влияния на формирование коррозионной способности грунтовых вод и водонасыщенных грунтов, а также на преобразование грунтов и деревянных армирующих конструкций (сосновых свай) [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутиков Г.П., Хвостова Г.А. Исаакиевский собор. Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1974. 167 с.
2. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю. Инженерно-геологический и геоэкологический анализ причин деформаций Исаакиевского собора // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2002. № 5. С. 57–65.
3. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Шидловская А.В. Роль микробиоты в инженерной геологии и геоэкологии: история вопроса и результаты экспериментальных исследований // Сергеевские чтения. Вып. 6: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2004. С. 48–52.
4. Дашко Р.Э., Шидловская А.В. Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг архитектурно-исторических памятников Санкт-Петербурга как источник информации для подготовки проектов их реставрации и реконструкции // Материалы Международной конференции «Геология крупных городов». 2009. С. 34–35.
5. Дашко Р.Э., Шидловская А.В. Пути возможного усовершенствования системы инженерно-экологических исследований для гражданского и промышленного строительства // Инженерные изыскания. 2009. № 3. С. 34–37.
6. Никитин Н.П. Огюст Монферран. Проектирование и строительство Исаакиевского собора и Александровской колонны. Л.: Изд-во Союза советских архитекторов (Ленинградское отделение), 1939. 348 с.
7. 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.