

**В.Ф. РЫБИН**

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина,  
Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник.

**А.С. СКАЛЬСКИЙ**

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина,  
Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник.

**В.Ю. САПРЫКИН**

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, Ведущий гидрогеолог.  
E-mail: VladimirSaprykin@ukr.net

**В.А. КУЦИБА**

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина,  
Младший научный сотрудник.

**Н.Н. МОЛОЧКОВА**

Национальный заповедник «София Киевская», Киев, Украина,  
Кандидат технических наук, с.н.с, ведущий научный сотрудник отдела охраны памятников архитектуры.

УДК 556.322

## **ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ АНСАМБЛЯ СООРУЖЕНИЙ СОФІЙСЬКОГО СОБОРА ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ**

*Ключевые слова: гидрогеологический мониторинг, гидрофизические кусты, гидрогеологическая охранная зона, инженерная защита территории, ансамбль сооружений Софийского собора.*

*У статті узагальнено дані комплексного гідрогеологічного моніторингу, який здійснюють співробітники ІГН НАН України на території ансамблю споруд Софійського собору починаючи з 2001 р.*

*Надаються рекомендації ІГН НАН України щодо попередження погіршення стану архітектурних пам'яток внаслідок негативних змін гідрогеологічного режиму території ансамблю споруд Софійського собору.*

*В статье обобщены данные комплексного гидрогеологического мониторинга, который осуществляют сотрудники ИГН НАН Украины на территории ансамбля сооружений Софийского собора начиная с 2001 г. Приводятся рекомендации ИГН НАН Украины относительно предупреждения ухудшения состояния архитектурных памятников вследствие негативных изменений гидрогеологического режима ансамбля сооружений Софийского собора.*

*Members of IGS NAS of Ukraine conducted complex hydrogeological monitoring of the territory of the architectural ensemble of St. Sophia Cathedral since 2001. Monitoring data are generalized in article. IGS NAS of Ukraine provide recommendations about prevention of damage of architectural monuments as a result of negative changes of hydrogeological regime.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Начиная с 2001 г. Институт геологических наук (ИГН) НАН Украины проводит системный гидрогеологический мониторинг на территории ансамбля сооружений Софийского собора. В рамках мониторинговых работ на территории ансамбля сооружений Софийского собора, сотрудниками ИГН НАН Украины проводится инженерное обследование памятников и прилегающей территории, сбор, обобщение и анализ исторических и геологических

материалов, гидрогеологические наблюдения, полевые и лабораторные определения параметров грунтов и грунтовых вод, математическое моделирование гидрогеологической ситуации.

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ.

Ансамбль сооружений Софийского собора Национального заповедника "София Киевская" расположен на останце киевского плато (Старокиевская гора), который ограничен правым берегом Днепра, долиной р. Лыбедь, Крещатицким и Глубочицким ярам. Абсолютные отметки дневной поверхности земли соответствуют 188-190 м.

Бурением ряда скважин глубиной до 33 м установлено, что в основе грунтовой толщи находятся пестрые глины миоцен-плиоцена и горизонт плиоцен-четвертичных бурых глин (рис.1).

Выше их залегают отложения днепровского ледникового комплекса (моренные суглинки, флювиогляциальные пески и супеси), которые перекрываются лессовой толщей. В верхней части лессовой толщи залегают лессовидные супеси мощностью 7-10 м, а в нижней – лессовидные суглинки мощностью 2-3 м. В основании лёссовых отложений находится погребенная почва (обогащенная органикой лессовидная

супесь, иногда суглинок, мощностью 0.5-1.5 м). Все памятники заповедника (кроме Колокольной) построены на ленточных фундаментах, которые опираются на лессовидные супеси. При естественной влажности (8-13% весовой влажности или  $\approx$  15-24% объемного влагосодержания) и в ненарушенном состоянии эти грунты имеют достаточную несущую способность. По мере увлажнения деформационные и прочностные свойства лессовидных супесков снижаются, а при водонасыщении происходит ослабление связей между частицами грунта, резкое снижение пористости – происходит так называемая просадка [7]. Такие процессы приводят к неравномерным оседаниям оснований и деформациям зданий.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.

Согласно исследованиям, проведенным УкрГИИНТИЗом (1983 г.) и Институтом геологических наук (ИГН) НАН Украины (1995-2015 гг.), первый от поверхности грунтовый водоносный горизонт находится в четвертичных флювиогляциальных и моренных отложениях на глубине 13-17 м. Этот горизонт безнапорный. Мощность водосодержащих грунтов – от 6 до 11 м. По химическому составу грунтовые воды в основном гидрокарбонатно-сульфатные, кальциево-магнєвие с общей минерализацией 0.5-1.0 г/л.

В 1983 г. в 13 скважинах, пройденных вокруг Собора на глубине 10.5-11.5 м в лессовидных суглинках, был обнаружен временный водоносный горизонт типа верховодки - который в ходе дальнейших мониторинговых наблюдений, проводимым ИГН НАН Украины, выявлен не был. Раздельный слой, который может удерживать верховодку, представлен погребенными почвами темно-серого цвета.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ.

По рекомендациям и при участии ИГН НАН Украины на территории ансамбля в 2001 г. была создана наблюдательная гидрогеологическая сеть. Сеть состоит из 12 режимных скважин для наблюдений за уровнями грунтовых вод (УГВ) и 9 гидрофизических постов, которые оборудовались и функционировали для наблюдений за объемным влагосодержанием грунтов зоны аэрации в разные годы. На территории ансамбля была также оборудована автоматизированная метеостанция для наблюдений за

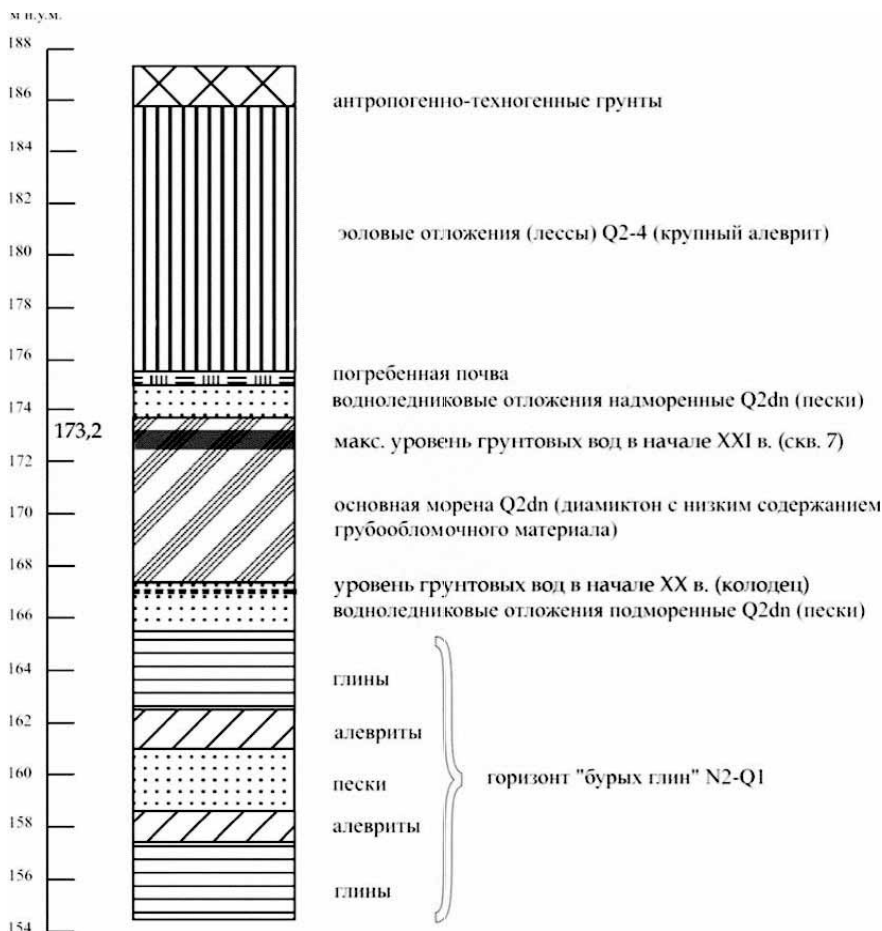


Рис. 1. Типовой геологический разрез территории ансамбля сооружений Софийского собора.

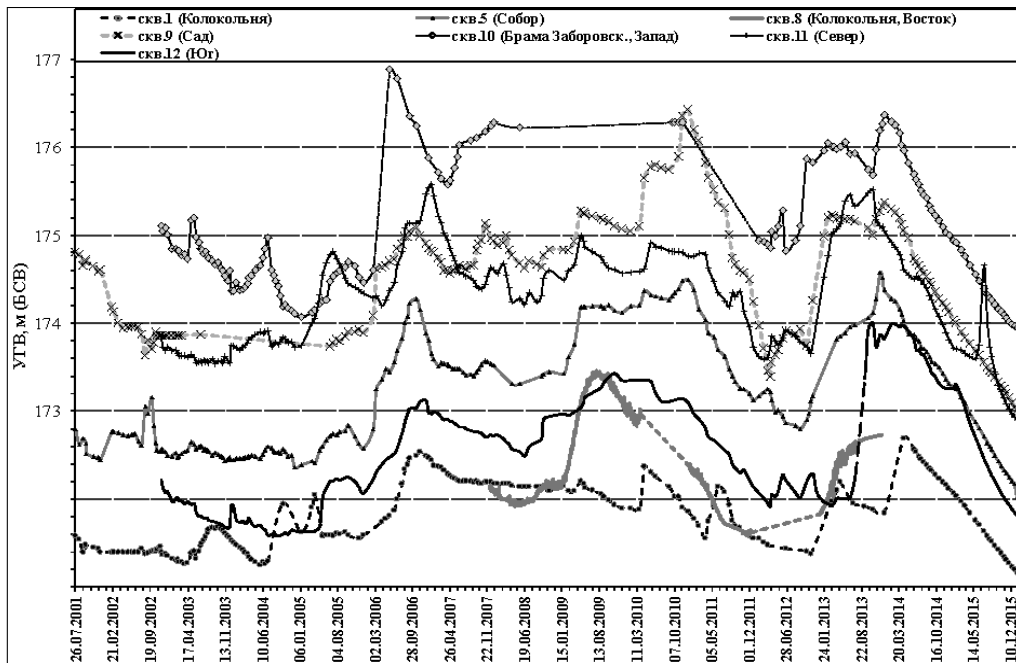


Рис. 3. Режим УТВ території ансамблю споруд Софійського собору.

атмосферними осадками, температурой и влажностью воздуха (рис. 2).

**Режим вологи́содержания ґрунтів зони аэрації и влагопереноса**

Как показали гидрофизические наблюдения, на относительно ровных участках плато в зеленой зоне на глубине до 6-10 м преобладает нисходящий перенос влаги, восходящий перенос наблюдается лишь на глубине до 2 м на протяжении малых промежутков времени летом и ранней осенью. Весовая влажность лессовидных супесей на глубинах до 3-4 м (где залегают подошвы фундаментов) – преимуществен-

но 11-14% (20-24% объемного влагосодержания), и на глубинах до 10 м составляет 22-26%, инфильтрационное питание грунтовых вод 50-100 мм/год. Заметное повышение влажности грунтов наблюдалось в районе фундаментов Колокольни в 2002-2003 гг. на глубинах 3-4м в 2 м севернее цоколя Колокольни (ГФ5). Объемное влагосодержание достигало 40%, а после уменьшения полива газонов влагосодержание снизилось до 30% и ниже [2]. В декабре 2013-2014 гг. в нескольких метрах от северного фасада Колокольни наблюда-

лось увеличение объемного влагосодержания грунтов на глубине 10 м до 40 - 42%. Согласно инженерно-геологическим изысканиям ГП НИИСК в декабре 2015 г., установлено, что на глубинах 10-11 м объемное влагосодержание лессовидных суглинков составляет  $\approx 42-50\%$  с северной стороны от Колокольни и до  $\approx 52\%$  на глубине 11 м с Южной стороны. В случае дальнейшего поступления значительных объемов влаги в грунтовую толщу возможно чрезмерное увлажнение лессовидных супесей, формирование на суглинках «верховодки» и их локальное проседание.

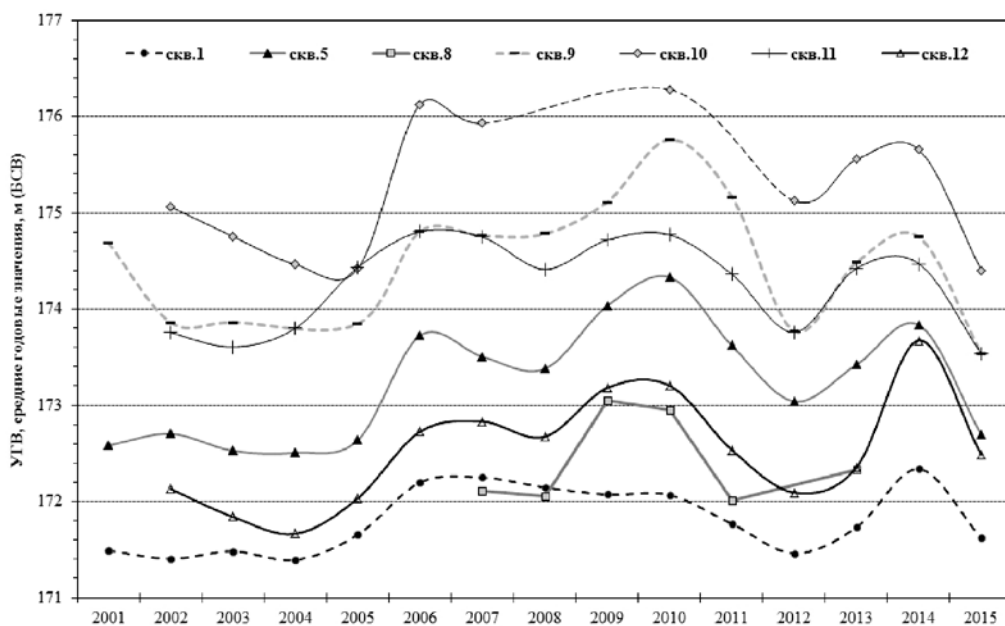


Рис. 4. Среднегодовые УТВ территории ансамбля сооружений Софійського собору (2001-2015 гг.).

Чтобы избежать чрезмерного увлажнения лессовых грунтов, находящихся в основании фундамента, рекомендуется регламентировать полив газонов и клумб вблизи Колокольни и усовершенствовать водоотвод от стен сооружения.

Одной из задач гидрофизических наблюдений было сравнение условий влажностного состояния в грунтах, которые находятся под разным покрытием на территории ансамбля Софійського собора. Участок сравнения находился между домом Митрополита

Див. рис 2 на стор. 4 обкладенки

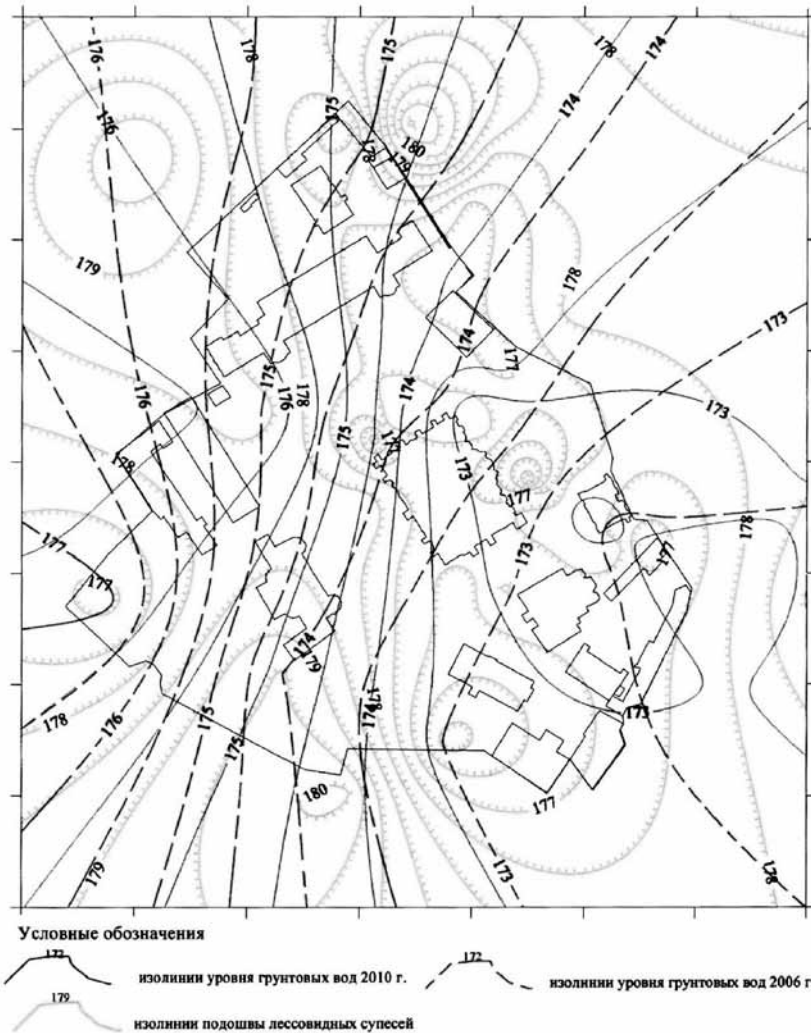


Рис. 5. Схема изолиний УГВ 2006 и 2010 гг. и подошвы слоя лессовидных супесей территории ансамбля сооружений Софийского собора.

и Братским корпусом в относительно одинаковых природных условиях. Временные гидрофизические посты в 2002 г. были размещены на асфальте, орошаемом газоне и брусчатке (на рис. 2 – ГФ1, ГФ2, ГФ3). По результатам режимных наблюдений было установлено, что наиболее влажная почва находится под покрытием из брусчатки, средняя – под зеленым газоном, наиболее сухая – под асфальтом. Относительно повышенная влажность почв под брусчаткой обусловлена тем, что атмосферные осадки легко проникают в щели между камнями и дальше вниз, а испарение влаги из почвы через те же щели незначительно. Следует отметить, что каменное мощение составляет около 15% площади заповедника [6].

#### Режим грунтовых вод территории Ансамбля Софийского собора

Режим грунтовых вод территории формируется под воздействием как природных, так и техногенных факторов. На территории ансамбля Софийского собора отметки уровня грунтовых вод (УГВ) колеблются в пределах 171-177 м (рис. 3). Начиная с 2001 по 2005 гг. наблюдались сезонные колебания УГВ с амплитудой

до 0.3-1.0 м.

В 2005-2006 гг. наблюдался подъем УГВ по всем скважинам, наиболее интенсивно в западной части территории ансамбля – в скв. №10 УГВ с января по май 2006 г. поднялся на 2.4 м и достиг отметки 176.9 м (рис. 3). Одновременно по другим скважинам – среднегодовой подъем УГВ с 2005 по 2006 гг. составил 0.4-1.7 м (в среднем на 0.9 м, рис. 4). Подъем УГВ связан с утечками водонесущих коммуникаций, которые произошли на территории заповедника (еще до ремонта водонесущих коммуникаций) и за его пределами. [4]. О техногенном факторе повышения УГВ свидетельствует и тот факт, что в скв. №10, что расположена в западной части территории ансамбля рядом с проулком Георгиевским, неоднократно наблюдалась аномально высокая температура подземной воды до 20.7°C, когда фоновые значения по другим скважинам не превышают 11-14°C.

В многолетнем цикле наблюдений (рис.3) минимальные УГВ наблюдались в 2003-2004 гг. и в 2015-2016 гг. Среднегодовые высокие УГВ 2010 г. близкие к аналогичным показателям аномального 2006 г. или выше их. Колебания УГВ в 2011-2015 гг. могут быть связаны с существенными колебаниями атмосферных осадков – меньшими нормы в 2011, 2014-2015 гг. и большими в 2012 г. и первой половине 2013 г. Начиная с 2014 г.

наблюдается снижение УГВ по всем скважинам. При этом в скв. №11, расположенной в северо-восточной части ансамбля рядом с фитнес-центром по проулку Рыльскому, в июне-июле 2015 г. имело место быстрое повышение УГВ (за 28 дней на 91 см) и последующее не менее быстрое его снижение явно техногенного характера.

Согласно данным мониторинга, гидроизогипсы УГВ построенные по среднегодовым показателями 2006 и 2010 гг. (наибольший подъем УГВ), практически повторяют друг друга (рис.5), направление потока имеет с юго-запада на восток. На схемах гидроизогипс 2014 г. (рис.2) движение грунтовых вод происходит с запада на восток от Браны Заборовского к Софийской площади. В 2006 г. и 2010 г. УГВ находились ниже подошвы слоя лессовидных супесей всего на 1.5-3.5 м. Пример стремительного подъема УГВ за период с 2005 по 2006 годы (до 2.0 м по среднегодовым данным) показывает, что быстрое повышение УГВ может привести к замачиванию лессового просадочного слоя и к неравномерным осадкам зданий.

По опубликованным данным в начале XX века



вода в колодце во дворі Софійського собору знаходилась на глибині 20,7 м. За прошедшие 100 лет произошёл подъём УГВ на 5-7 м. По мнению специалистов ИГН такой гидрогеологический режим подъема УГВ характерен для городских территорий, где техногенные факторы накладываются на природные. Природные факторы проявляются, прежде всего в глобальном изменении климата планеты, в том числе для Украины – это более резкое чередование «влажных» и засушливых периодов, рост среднегодовых сумм осадков, уменьшение величины промерзания почв. Наиболее влиятельные техногенные факторы – несовершенная система поверхностного водоотвода, чрезмерное орошение зеленых газонов, барражных эффект от углубленных подземных сооружений в охранной зоне заповедника, утечки из водонесущих коммуникаций, в том числе в связи со строительством новых объектов в буферной зоне ансамбля Софійського собору.

В 2001-2002 гг. между стеной заповедника и проулком Рыльского был вырыт глубокий котлован, укрепленный сваями глубиной до 18 м, для подземного паркинга и фитнес-центра. С августа 2002 г. зафиксирован подъем УГВ по многим скважинам, особенно заметный (до 0,8-1,3 м) в двух из них, расположенных вблизи участка строительства. Одновременно было зафиксировано разрушение участка стены напротив котлована, а также появление многочисленных трещин на восточном фасаде здания Бурсы.

В 1999-2002 гг. на Софійській площаді построена гостиница НУАТТ с подземным паркингом. Свайным фундаментом этого здания создана подземная преграда для грунтовых вод, которые обычно фильтруются от Софійській площаді к площаді Незалежності.

Вызывает опасения строительство нового массивного дома по ул. О.Гончара, 17-23. Площадь подземного сооружения достигает около 500 м<sup>2</sup>, длина составляет свыше 80 м. Проектом было предусмотрено строительство подземного двухуровневого паркинга на 100 паркомест, фитнес-центра, плавательного бассейна с водопадом, спа-зоны с гидромассажным бассейном, собственного зеленого сквера с фонтаном. Строительная площадка этого дома находится

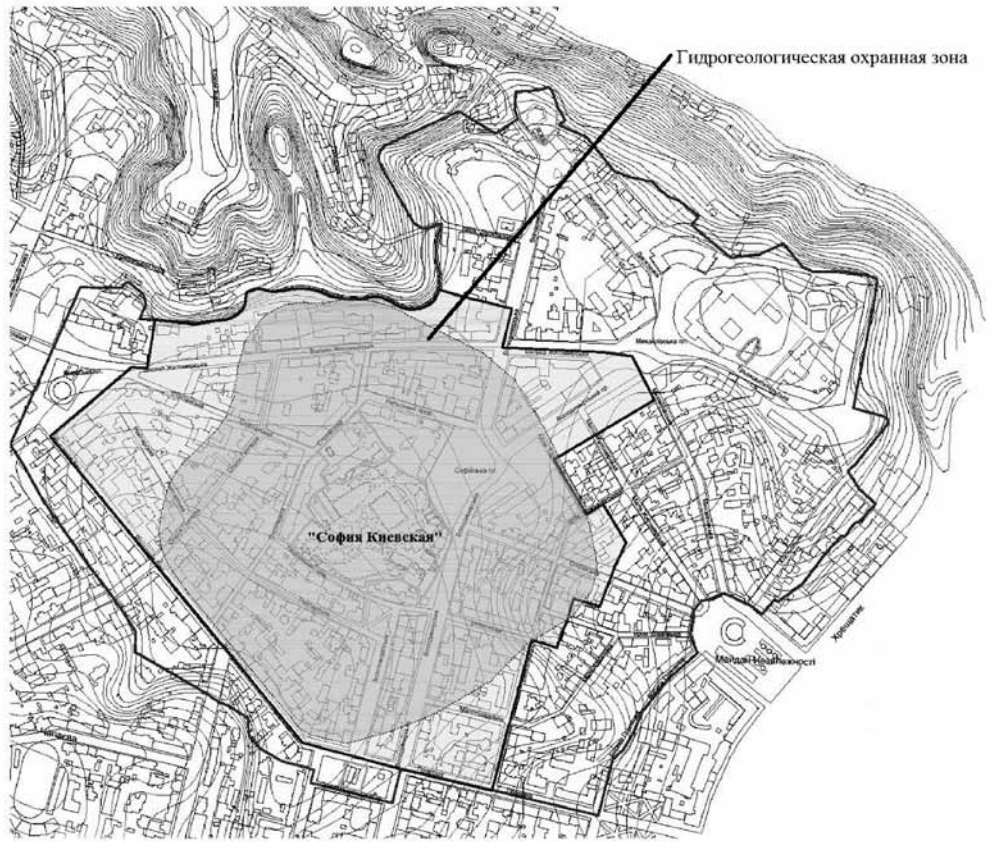


Рис. 6. Схема гидрогеологического зонирования охранной (буферной) зоны ансамбля сооружений Софійського собору.

в 80-90 м к северу от ограждения заповедника в его охранной зоне. Эксплуатация дома может негативно повлиять на гидрогеологический режим окружающей территории. С началом эксплуатации существенно вырастет расход воды для обслуживания жителей, бассейнов, саун, для мойки машин. Хотя во вновь построенном доме внутренние инженерные коммуникации новые, внешние остаются старыми, 40-60-ти годовой давности. Именно на старых коммуникациях могут, в связи с повышенным водозабором, наблюдаться новые утечки техногенных вод в грунтовое основание.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

Для оценки влияния возможных утечек из водонесущих коммуникаций на состояние памятников выполнено математическое моделирование тестовых задач влагопереноса и фильтрации при условиях разного расстояния от мест утечек к охраняемым объектам.

По результатам моделирования размеры зоны переувлажнения и критической влажности грунтов увеличиваются при утечках из напорных водонесущих коммуникаций более быстрыми темпами, чем безнапорных. Такой же эффект наблюдается в случае фильтрации в многослойном пласте сравнительно с одно-

родным пластом [1]. Уже в первые сутки после утечки из напорной водонесущей коммуникации подземная вода достигнет грунтового основания здания, расположенного в 2-3 м от текущей трубы, через 2.5 суток – в 4-5 м, через 10 суток – в 7.3 м (однородный пласт) и 13.5 м (многослойный пласт), через 20 суток – соответственно 7.8 м и 21.0 м.

Созданная в 2005 г. для достаточно большого района Древнего Киева математическая модель фильтрации использована для прогноза влияния крупных долговременных утечек из водонесущих коммуникаций на режим грунтовых вод в пределах территории ансамбля Софийского собора. По аналогии с Киево-Печерским заповедником, где фиксировались длительные утечки, принято, что максимальный дебит такой утечки составляет 100 м<sup>3</sup>/сут., а ее длительность – 1 год. По этим данным на прогнозной модели рассчитано, что такая утечка может привести к существенному (от 0.5 м до 1.0 м) подъему УГВ на территории ансамбля Софийского собора при условии расположения мест утечек в радиусе соответственно 145-155 м и 200-230 м от его стен. Эту территорию вокруг заповедника предложено определять как его гидрогеологическую охранную зону, которая должна обеспечить защиту заповедника от негативных техногенных и природных причин, в частности от подтопления (рис.6). В будущем в гидрогеологической охранной зоне должна быть разбурена сеть контрольных режимных скважин для гидрогеологического мониторинга, а также регламентироваться новое строительство и эксплуатация водонесущих коммуникаций. Гидрогеологическую охранную зону предложено расширить в рамках территориальных границ кварталов исторического центра Киева.

В 2008 г. усовершенствованная математическая модель района Древнего Киева охватывала территорию 64 га вокруг заповедника. На модели воспроизводилась задача плановой фильтрация в четвертичном водоносном горизонте с вертикальным перетеканием через слой бурых и пестрых глин. Учтено влияние трех больших оврагов в урочище Гончары-Кожемяки, на площади Независимости и к западу от улицы Ярославов вал. На прогнозной модели воспроизводились максимально возможные утечки из водонесущих коммуникаций в условиях действия вертикального дренажа.

Проводились также предварительные расчеты по применению дренажа для понижения УГВ на территории ансамбля сооружений Софийского собора. Согласно движению грунтовых вод, в случае возникновения угрозы подтопления территории ансамбля, рекомендуется оборудовать дренаж в саду между Брамой Заборовского и зданием Каретной (2 скважины) и на другом участке между Братским корпусом и зданием Бурсы (2 скважины), с последующей откачкой воды из них. Как показали результаты моделирования, устройство на территории заповедника вертикального дренажа из 4 скважин позволит, хотя бы на некоторое время, снизить УГВ к безопасным отметкам

на 2-4 м ниже слоя лессовидных супесей. Но подобные меры должны быть исследованы и просчитаны в разрезе комплексного сбережения, как территории ансамбля, так и охранной зоны Софийского собора.

В 2011 г. на большой математической модели Древнего Киева сделан прогноз влияния отдельных новостроек на гидрогеологическую ситуацию в заповеднике. Согласно расчетам, несмотря на достаточно большое расстояние от Муров ансамбля сооружений Софийского собора, строительство подземного паркинга в отеле НУАТТ привело к подъему УГВ в юго-восточной части заповедника на 0.05-0.1 м. Аналогичные подземные сооружения на территории фитнес-центра возле переулка Рыльского создали баражный эффект, который проявился в повышении УГВ на северо-восточной части заповедника на 0.1-0.35 м. Согласно расчетным данным, крупные долговременные утечки на участке того же фитнес-центра и нового массивного комплекса по ул. О.Гончара, 17-23, могут поднять УГВ на территории заповедника до 1.5-1.7 м, что может привести к неравномерным оседаниям оснований памятников [5].

#### ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ АНСАМБЛЯ СОФІЙСЬКОГО СОБОРА ОТ ВОЗМОЖНОГО ПОДТОПЛЕНИЯ

Для предупреждения изменения гидрогеологического режима на территории ансамбля Софийского собора и защиты памятников от негативных явлений и возможных разрушительных процессов ИГН вместе с другими институтами и ведущими организациями Украины в 2011г. разработана программа комплексных исследований с целью инженерной защиты территории ансамбля Софийского собора. В этой программе учтена необходимость решения следующих задач:

- 1 - усовершенствование имеющейся и создание новой сети гидрогеологических наблюдений с системой быстрого реагирования техногенных нарушений гидрогеологического режима;
- 2 - уточнение гидрогеологических условий и параметров грунтов, обоснование вариантов инженерной защиты путем гидрогеологических и геотехнических расчетов;
- 3 - проектирование и осуществление превентивных (предупредительных) мероприятий инженерной защиты;
- 4 - проектирование и осуществление мероприятий по инженерной защите территории ансамбля Софийского собора.

К возможным мероприятиям по инженерной защите территории архитектурного ансамбля от подтопления следует отнести:

- 1 - контроль безопасного гидрогеологического режима с целью недопущения крупных долговременных утечек из водонесущих коммуникаций на территории заповедника и в его охранной зоне;

- 2 - разработка проекта и устройство калориферной или электрической системы кондиционирования воздуха Софийского собора вместо имеющейся системы водяного отопления;
- 3 - разработка проекта и реконструкция системы поверхностного водоотвода на территории заповедника;
- 4 - реконструкция отдельных участков существующих водонесущих коммуникаций на территории заповедника с целью их отдаления от Софийского собора и других памятников;
- 5 - запрещение нового строительства в охранной зоне заповедника, которое может негативно влиять на изменение гидрогеологического режима и подтопления территории;

- 6 - замена отдельных участков устаревших водонесущих коммуникаций в охранной зоне заповедника;
- 7 - разработка проекта и устройство дренажа грунтовых вод на территории заповедника;

Надеемся, что качественное выполнение первых шести инженерных мероприятий, даст возможность удерживать уровни грунтовых вод на безопасной глубине от подошвы просадочных лессовидных супесей в основании Софийского собора и других памятников ансамбля сооружений Софийского собора. Устройство дренажа можно считать крайней мерой, применение которой несет дополнительные риски для памятников Заповедника.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hvorslev. M.J. 1951 Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50.
2. Джепо С., Рибін В. Аспекти реалізації гідрогеологічного моніторингу на прикладі Софії Київської. Сакральні споруди у житті суспільства: історія і сьогодення. Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції «Софійські читання». – К.: «Фенікс». – 2004. – 284 с.
3. Рыбин В.Ф. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий и их влияния на состояние историко-архитектурных памятников на примере Национального заповедника «София Киевская», отчет ИГН НАН Украины, 2002.
4. Рыбин В.Ф. Гидрогеологический мониторинг историко-архитектурных памятников Национального заповедника «София Киевская с оценкой деформаций грунтов» в основании памятников, отчет ИГН НАН Украины, 2006.
5. Рыбин В.Ф. Разработка постоянно действующей гидрогеологической модели Национального заповедника «София Киевская», отчет ИГН НАН Украины, 2008.
6. Рыбин В.Ф., Скальский А.С., Молочкова Н.Н. Проблемы инженерной защиты территории Национального заповедника «София Киевская» от подтопления. Софійські читання. Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «До 90-річчя від дня народження відомого дослідника пам'яток Національного заповідника «Софія Київська», д.і.н. Сергія Олександровича Висоцького». – К., 2015. – 498 с.
7. Цытович Н.А. Механика грунтов, М., «Высшая школа», 1973.



РИСУНКИ ДО СТАТТІ ДИШЛИК О.П., БЕРЕЗИНЕЦЬ О.В., МОЛОЧКОВА Н.М., НИЩУК Л.О  
«ТЕРМОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У СОФІЙСЬКОМУ СОБОРІ»

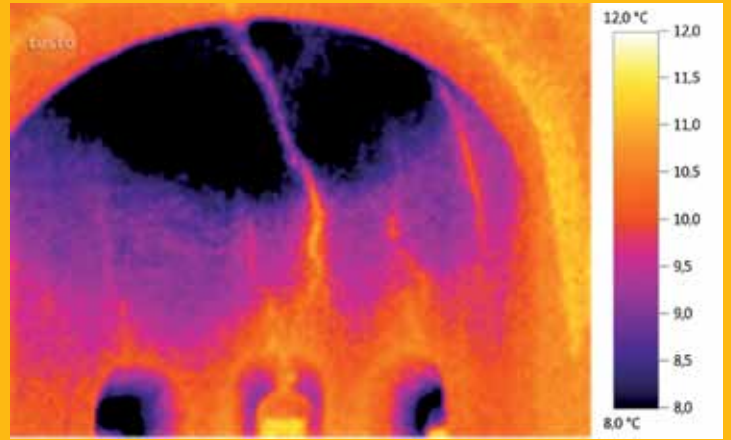


Рис. 2. Внутрішня стіна Спасо-Преображенського храму з фресками і її термографічне зображення.

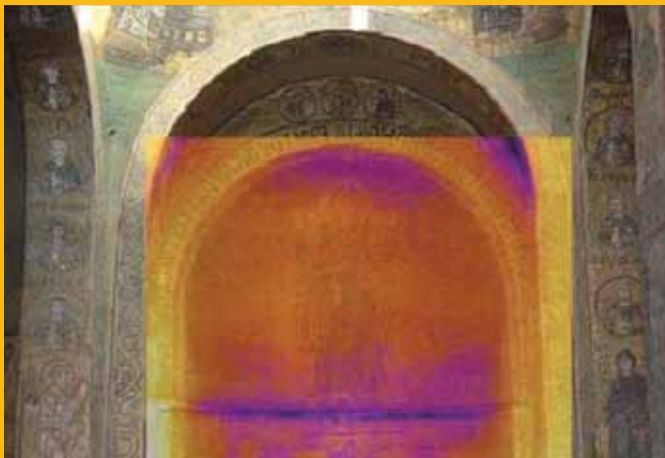


Рис. 3. Внутрішня стіна Софійського собору з мозаїкою і її термографічне зображення.



Рис. 4. Мережа прихованих тріщин, зондаж мурування Софійського собору (термографія)

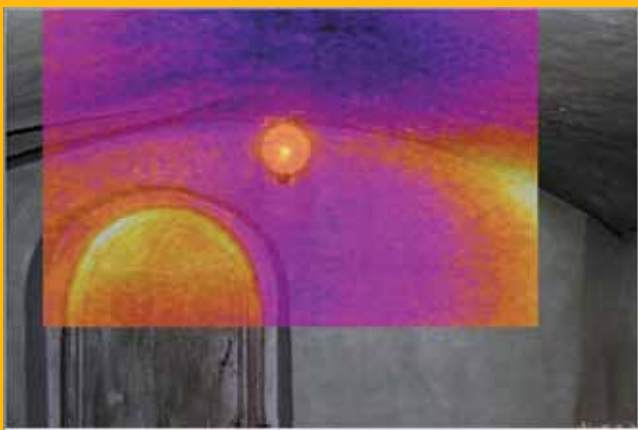


Рис. 5. Місце з підвищеною вологістю, склепіння північної башти Софійського собору (термографія).

РИСУНКИ К СТАТТЄ В.Ф. РЫБИН, А.С. СКАЛЬСКИЙ, В.Ю. САПРЫКИН,  
В.А. КУЦИБА, Н.Н. МОЛОЧКОВА  
«ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ АНСАМБЛЯ  
СООРУЖЕНИЙ СОФИЙСКОГО СОБОРА ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ»



Рис. 2. Схема розміщення гідрогеологічних пунктів спостереження на території ансамблю споруд Софійського собору; ізолінії УГВ в 2014 г.