

## Геотехнічні дослідження пагорбу Андріївської церкви після проведення ремонтно-реставраційних робіт

Надія МОЛОЧКОВА

Національний заповідник «Софія Київська»  
24, вул Володимирська, Київ, Україна, 01001  
nbush9@gmail.com, orcid.org/0009-0000-2383-5914

DOI: 10.32347/0475-1132.50.2025.163-173

**Анотація.** Андріївська церква розташована в історичному центрі міста Києва, на пагорбі високої Старокиївської гори над Дніпром. Місце розташування надзвичайно вдале з містобудівної точки зору, але досить складне за інженерно-геологічними умовами. Це стало причиною незатухаючих деформаційних процесів в конструкціях пам'ятки і, як наслідок, чисельних ремонтів.

В 2008-2020 роках проводився масштабний проєкт «Протиаварійні та ремонтно-реставраційні роботи по Андріївській церкві». Мета цього проєкту – на основі сучасних науково-технічних досягнень мінімізувати негативний вплив природних та техногенних факторів на фізичне збереження пам'ятки і її історичного середовища та здійснення комплексних ремонтно-реставраційних робіт на ній. В рамках проєкту було виконано: унікальні протиаварійні невідкладні роботи по закріпленню ґрунтової основи Андріївського пагорбу і фундаментів Андріївської церкви, реставрація паперті, стилобату, сходів, фасадів, інтер'єрів та монументального живопису церкви, а також ремонт інженерних мереж та благоустрій території.

У статті наведено геотехнічні дослідження на Андріївській церкві після проведення першого етапу (2008-2011) аварійних ремонтно-реставраційних робіт на пагорбі, які суттєво змінили гідрогеологічні умови на об'єкті.

Режим ґрунтових вод на пагорбі Андріївської церкви нестабільний. Істотна зміна рівнів ґрунтових вод (підйом на 3-4 м) відбулася переважно за рахунок баражного ефекту створеного буронабивними палями по периметру пагорба в період проведення ремонтно-реставраційних робіт. Існуючий рівень ґрунтових вод перебуває під впливом природних та техногенних факторів.



**Надія МОЛОЧКОВА**  
завідувач сектору моніторингу  
К.Т.Н., С.Н.С.

Геотехнічні дослідження проводяться на Андріївській церкві з кінця ХХ ст. Основна мета таких досліджень – виключення впливу негативних факторів природного та техногенного характеру на пам'ятку, збереження пам'ятки та розробка заходів щодо її захисту. Діючий метод збереження пам'яток – це постійний геотехнічний моніторинг. Розглянуто основні результати геотехнічного моніторингу, причини зміни гідрогеологічних умов на пагорбі, надано рекомендації щодо безпечної експлуатації та проведення подальших досліджень на об'єкті.

**Ключові слова.** Геотехнічні дослідження, геодезичний, гідрогеологічний моніторинг, деформації, розкриття тріщин, рівні ґрунтових вод.

## ВСТУП

Андріївська церква – пам'ятка національного значення, візитівка м. Києва, яка була внесена європейськими експертами до каталогу «100 чудес світу», виданого в Німеччині 2002 року. Андріївська церква збудована у 1747-1762 роках за проектом видатного архітектора Ф.Б. Растреллі. З 1987 року входить до складу Національного заповідника «Софія Київська».

Андріївська церква розташована в північно-східній частині виступу Старокиївського плато, на Андріївському пагорбі, який має загальну висоту близько 80 м над рівнем Дніпра і піднімається над Андріївським узвозом на 15-28 м. Особливості складного рельєфу, чисельні джерела та ґрунтові води пагорба зумовили поставити Андріївську церкву на масивному 14-метровому п'ятикутному в плані стилобаті, плоске покриття якого одночасно є папертю церкви. Будівництво велось під керівництвом архітектора І. Мічуріна. Мічурін розробив робочі креслення, плани і профілі Андріївського пагорба. Він провів інженерно-геологічне дослідження будівельного майданчика і переконався, що на глибині 13-14 м залягає міцний материковий ґрунт, а вище – насипні ґрунти, просякнуті водами підземних джерел. Він розробив конструкцію кам'яного підмурка, поєднавши його з двоповерховою будівлею «священницьких покоев», запроектованого Растреллі. Таким чином було створено масивні фундаменти – стилобат церкви та її паперть. Для зведення стилобату здійснили виймання ґрунту, відведення ґрунтових і джерельних вод. Але джерельні води постійно руйнували схил, утворюючи вимоїни і оповзання ґрунту, аж до початку ХХ ст., коли були влаштовані штольні, що почали відводити ґрунтові води з схилу.

У комплекс Андріївської церкви входять «верхня» або власне церква, стилобат, сходи, паперть, фундаменти і підпірні стінки. Фундаменти під будівлею – стрічкові. Згідно з дослідженнями, проведеними геологом Голованем у 1960-і роки, стіни фун-

даментів виконані з цегляної та бутової кладки на вапняно-піщаному розчині. Фундаменти залягають на різній глибині відносно відмітки першого поверху стилобату. Безпосередньо під церквою вони знаходяться на відмітках 3,9...5,1 м під зовнішніми стінами і 2,0...2,75 м під внутрішніми, а під стилобатом, який виходить на Андріївський узвіз, глибина закладання фундаментів під зовнішніми стінами складає 2,3...4,2 м, під внутрішніми – 3,2 м. Ширина фундаментних стрічок змінюється від 2,0 до 10,0 м у залежності від товщини стін, під якими вони знаходяться (Куковальська, Молочкова, 2016).

Встановлено, що хрестовина центрального ядра, північно-західна та південно-західна частини фундаментів церкви, також як і стрічкові фундаменти стилобату, підстилаються просадочними лесовидними супісками. В той же час фундаменти церкви з північно-східної та південно-східної сторін спираються на міцні моренні суглинки. Спирання фундаментів церкви на різні за фізико-механічними характеристиками ґрунти сформувало появу тріщин-розломів у центральній частині споруди по вікнах південного та північного фасадів.

З моменту закладення Андріївської церкви, через численні виклики прогресуючих деструктивних процесів, пов'язаних із складними гідрогеологічними умовами основ під фундаментами храму, постійно проводились ремонтні роботи будівлі та заходи по благоустрою та водовідведенню з пагорба. Перші ремонтні роботи були проведені вже у 1785-1786 роках. Надалі значні реставрації проводилися у 1825-1827, 1844-1845, 1854, 1900, 1935, 1947-1959, 1965-1967, 1975-1985 роках. Останні протиаварійні та ремонтно-реставраційні роботи по Андріївській церкві проводилися у 2008-2020 роках.

Так, 2008-го року комісія Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, Постійної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій визнала стан церкви як гостро аварійний. Конструкції мали обширні замощання, розвинуту сітку давніх осадочних

активізованих тріщин до 7 см та нових до 3 см.

Розрахунки стійкості пагорбу визначили наявність двох зсувонебезпечних зон: з північного боку пагорбу шириною 20 м та східного боку – 50 м з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості близько 1,0, що нижче нормативного (ДБН В.1.1-46:2017, 2018). В межах цих зон стрімкість схилів сягала 43-45°, спостерігалось оголення підпірних конструкцій паперті, поширення ерозії ґрунтів. Геодезичні спостереження на той час свідчили про нерівномірність осідань західної і східної частини церкви.

На фасадах спостерігались деструкція архітектурних деталей, рослинність, вивали лицьового ряду цегли, вивітрювання мурувального розчину, значні втрати позолоти металевих поверхонь. В інтер'єрі – пошкодження, пил та кіптява на позолоченому різьбленні, живописі, відшарування фарбового шару.

Водовідвідна система с пагорбу була частково зруйнована, в незадовільному стані перебували гідроізоляція паперті та сходів, зовнішні та внутрішні мережі. Схили перевантажені самосійними деревами малоцінних порід, через що візуальне сприйняття пам'ятки, як ландшафтною домінанті міста, значно погіршувалось.

З моменту закладення Андріївської церкви у середині XVIII ст. зодчі вступили у боротьбу за стабілізацію будівлі та пагорбу під нею. Сучасні технічні можливості дозволили вперше за історію існування храму, ліквідувати первинні природні загрози, сконцентрувавшись на усуненні причин, а не їх наслідків.

## МЕТА І МЕТОДИ

У ході проведення ремонтно-реставраційних робіт (РРР) необхідно було зміцнити не тільки конструкції споруди, а й основу під нею і сам крутий пагорб. Основна мета при виконанні РРР на пам'ятці - це збереження автентичності пам'ятки без змін та втрат, а також створення сприятливих умов для подальшої його безпечної експлуатації

на наступні роки. В даному випадку, з Андріївською церквою, вирішення таких складних інженерних завдань вимагало використання грамотних технічних рішень, науково-технічного супроводу у застосуванні обґрунтованих конструктивних та технологічних рішень як у проектуванні, так і в реалізації самого проекту. Поставлене завдання може бути максимально ефективно вирішене при використанні методів комплексного геотехнічного моніторингу як у процесі проведення РРР (для оперативного контролю), так і надалі для безпечної експлуатації пам'ятки.

## ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

З 2008 року по 2012 рік на пам'ятці проводились першочергові протиаварійні РРР (1 етап), основним завданням яких була ліквідація аварійного стану будівлі і відновлення експлуатаційних властивостей будівельних конструкцій. Роботи проводились під керівництвом генпідрядної організації СП “Основа-Солсиф”, згідно з нормами на об'єкті здійснювався науково-технічний супровід ДП НДІ Будівельних конструкцій (ДБН V.1.2-5:2007, Програма ДП НДІБК, 2011). Були проведені роботи з посилення основи фундаментів «jet»-колонами», які представляють собою похилі свердловини довжиною 20-25 м, пробурені з обох сторін стін стилобату і закінчуються безпосередньо під фундаментами церкви. В ці свердловини під тиском 300-400 атмосфери закачаний рідкий цементно-піщаний розчин, який при затвердінні підсилює ґрунти основи церкви. На рівні верху перекриття 1-го поверху стилобату влаштований металевий пояс. Зроблено горизонтальну гідроізоляцію стін у рівні 1-го поверху. Проведено також роботи по укріпленню пагорба та зменшення стрімкості його схилів. З метою укріплення пагорба по лінії нижньої його межі влаштовані буронабивні палі глибиною 17-18 м діаметром 102 см. По палях виконано залізобетонний ростверк, з внутрішнього боку якого в ґрунті влаштовано дренажну систему відведення води з пагорба.

По поверхні пагорба виконане викорчування дерев, влаштовано об'ємну систему закріплення ґрунту та дерену.

Всі РРР супроводжувались безперервним науково-технічним моніторингом, що давало можливість оперативно контролювати стан споруд і пагорба, своєчасно регулювати процес виконання робіт, а потім забезпечити подальшу надійну експлуатації пам'ятки.

На об'єкті виконуються такі основні геотехнічні моніторингові дослідження:

- **геодезичні спостереження** (ведуться з 1987 року) за осіданнями фундаментів і ґрунтового масиву пагорбу.

З початком робіт з укріплення пагорбу осадочні процеси активізувались і за 3,5 роки реалізації I етапу протиаварійних РРР склали в середньому до 80% від загальних осідань за весь період спостережень, але при цьому цокольні марки по всіх фасадах будівлі осіли достатньо рівномірно. В період, коли будівельні роботи практично призупинились, геодезичними спостереженнями визначено загасання деформаційних процесів показано на Рис.1.

- **моніторинг розкриття тріщин** (з 2004 року, не виконувались з 2007 по 2014) на характерних тріщинах та розломах споруди (Т1...Т5) за допомогою компаратора.

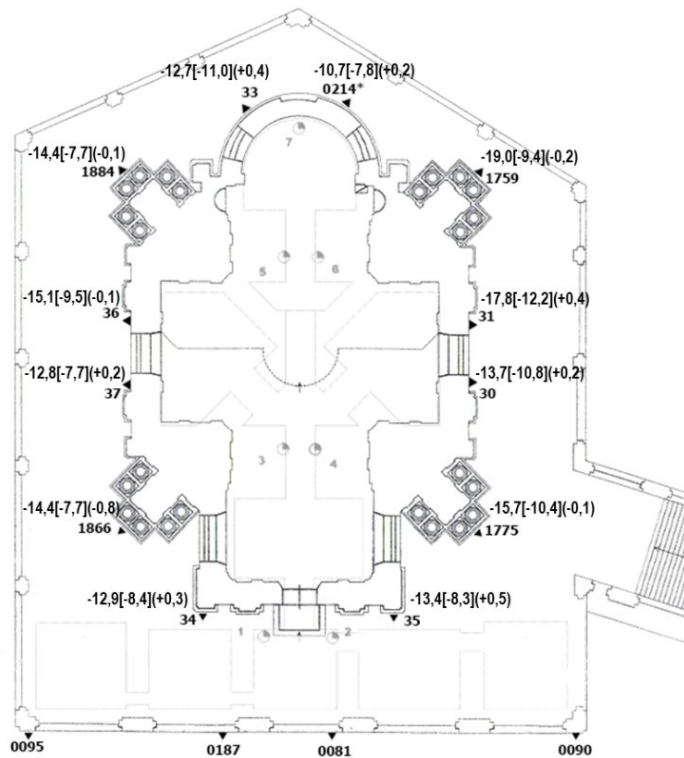


Рис.1. Схема осідання цокольних марок Андріївської церкви за період спостережень 1987-2024.

Fig.1. Scheme of subsidence of basement marks of St. Andrew's Church during the observation period 1987-2024

Проводиться в основному двічі на рік, в теплу та холодну пору року. В період проведення протиаварійних РРР не відмічалось різких змін ширини розкриття тріщин на церкві. Так зміна ширини розкриття тріщин в споруді церкви становила 0,01...1,92 мм у серпні 2004 року, - 0,15...1,26 мм у серпні 2014, - 0,33 ...0,11мм в червні 2023. В листопаді 2024 року зміни ширини розкриття

-12,9 – осідання за весь період спостережень

[-8.4] – осідання за період I етапу РРР  
(+0,3) – осідання за 2024 р.

-12.9 – precipitation for the entire period of caution

[-8.4] – settlement for the period of the first stage of repair and restoration work  
(+0.3) – settlement for 2024

тріщин-розломів на південному (Т-1) та північному фасадах (Т-4) становили +0,72 мм і +0,41 мм відповідно, по інших тріщинах – +0,29...+0,48 мм. Згідно з даними багаторічних інструментальних досліджень за останні роки, приріст зміни ширини розкриття тріщин за рік (холодна пору року) стабільний, знаходиться в невеликому інте-

рвали - 0,23...+0,3 мм, зміна ширини розкриття тріщин від початкового відліку по холодному періоду від 0,00 до 0,72 мм.

Слід зазначити, що дослідження розкриття тріщин та кренів стін стилобатної частини церкви були більш значнішими в період проведення РРР, що спонукало удосконалити проект та виконати підсилення просторової жорсткості стилобату будівлі за допомогою потужного металевого каркасу.

**- гідрогеологічні спостереження** (з 1995 року) за рівнями ґрунтових вод (РГВ) та станом ґрунтового масиву на пагорбі, у тому числі в межах розташування фундаментів, візуальне обстеження штольневих систем на пагорбі.

Живлення ґрунтових вод відбувається шляхом інфільтрації атмосферних опадів і витоків з водонесучих комунікацій. Розвантаження здійснюється в систему дренажних штолень і в напрямку загального стоку на схили. В процесі дренажування ґрунтових вод має місце процес суфозії.

У період будівництва церкви (середина XVIII ст.) ґрунтові води знаходились, за архівними даними, на відмітках 165-168 м. В період спостережень з 1995 року по 2009

РГВ фіксувався вже на нижчих відмітках – 156-163 м, що в значній мірі пов'язане з дією штольневого дренажу.

Мережа режимних спостережних свердловин за РГВ на території музею «Андріївська церква» розвивалася і змінювалася у часі. У 1982 році Українським державним інститутом інженерно-технічних вишукувань були пробурені свердловини №№1-4 у внутрішніх приміщеннях стилобату (станом на 2025 рік робочою залишається тільки свердловина №4). В період із 1995 року по 2009 на схилах пагорба Інститутом геологічних наук (ІГН) НАН України пробурені режимні свердловини №№5-8. У період реконструкції Андріївської церкви та планувальних робіт на пагорбі (липень 2009 - січень 2011) ці режимні свердловини були знищені, а потім знову пробурені СП «Основа-Солсиф», при цьому їх розташування незначно змінилося. Нові свердловини достатньо малого діаметру, що заважає прокачці, відбору проб води для дослідження хімічного складу та температури ґрунтових вод. Актуальне положення гідрогеологічних свердловин спостережної мережі показано на Рис.2.

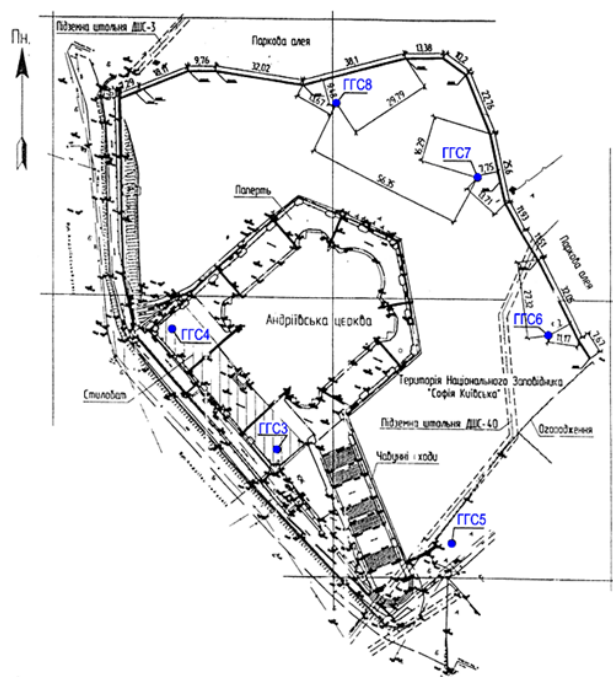


Рис.2. Схема розташування гідрогеологічних свердловин (ГТС) для спостереження за РГВ на території музею «Андріївська церква»

Fig.2. Layout of hydrogeological wells (HGW) for monitoring groundwater levels on the territory of the St. Andrew's Church Museum

Різкий підйом РГВ спостерігався в 2009-2011 роках в період укріплення основи фундаментів та пагорбу і спорудження глибокої підпірної стіни з буронабивних паль по периметру пагорбу.

Фонові значення РГВ після реконструкції церкви (2011-2024) становлять 159-164,5 м показано на Рис. 3 та істотно перевищують аналогічні показники в попередній період (1982-2009) на 3,0-4,0 м (Саприкін та ін., 2023).

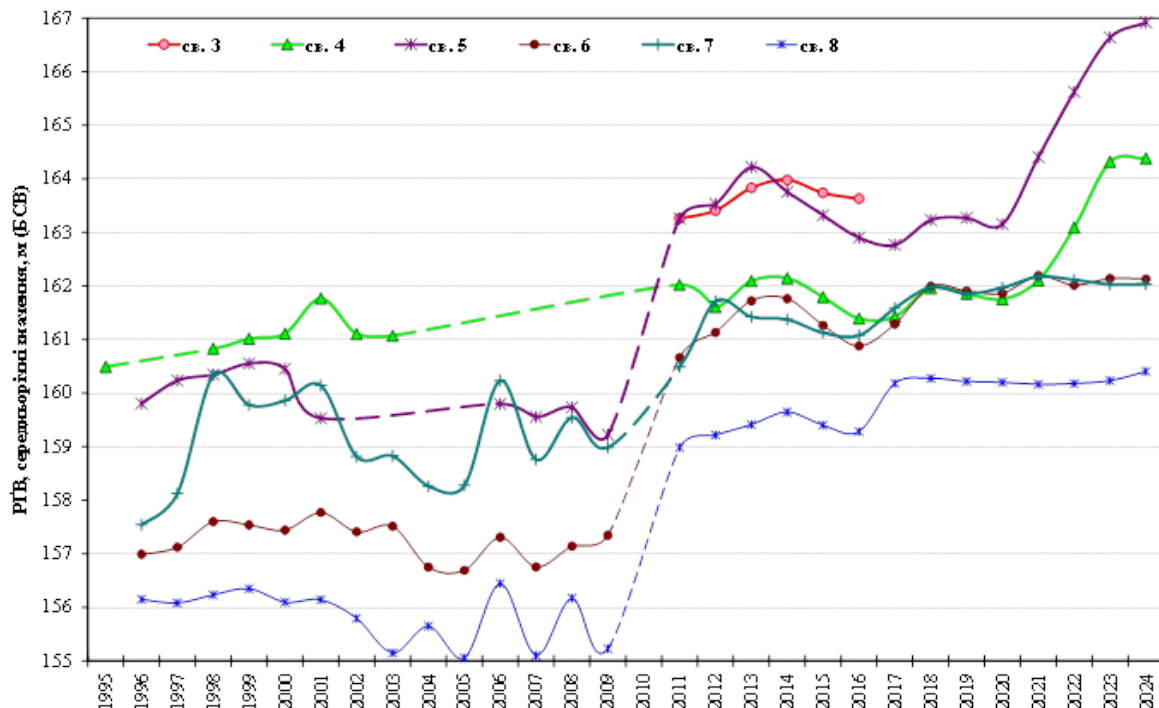


Рис.3. Режим середньорічних РГВ на території Андріївської церкви з 1995 по 2024

Fig. 3. Average annual groundwater level regime on the territory of St. Andrew's Church from 1995 to 2024

Таке явище можна пояснити:

- а) водоемною технологією спорудження жет-колон,
- б) незадовільною роботою водовідвідної системи на пагорбі,
- в) незадовільною роботою дренажних штолень,
- г) баражним ефектом від глибокої підпірної стіни вздовж алеї.

Всі ці чинники були проаналізовані.

А) В ході протиаварійних робіт на пагорбі Андріївської церкви задля укріплення ґрунтів під фундаментами церкви були влаштовані жет-колони. Цей процес досить водоемний – для відкачування пульпи, що утворилася, з місця буріння на верху пагорба застосовувалися спеціальні трубопроводи, які відводили пульпу у величезні будівельні бадді, що стояли внизу пагорба, але все одно вода в пробурених свердловинах

стояла довго. Відразу по закінченню робіт підвищення фонових РГВ по всіх свердловинах могло бути в якійсь мірі пов'язане з водоемною технологією спорудження жет-колон, але ці роботи були проведені вже 15 років назад і утворений купол води за цей час вже встиг би розтектися.

В) Оскільки розвантаження ґрунтових вод здійснюється в систему дренажних штолень і в напрямку загального стоку на схили, то водовідвідна система на пагорбі має істотний вплив на формування РГВ на об'єкті.

Через порушення системи водовідводу з березня 2013 по вересень 2015 року відведення води з берми в лотки та дощову каналізацію здійснювався неорганізовано: частина лотків не працювала, з східного фасаду вода скидалася в одному випадку на обдернований пагорб, в іншому – в аварій-

ний трубопровід проведений прямо по пагорбу в обвідну дощову каналізацію, частина води безпосереднє втікала по пагорбу, що розмивала та ослабляла схил.

Необхідне також відзначити недоліки в проведенні робіт по озелененню і благоустрою пагорба Андріївської церкви. Вони виявилися в підвищенні стрімкості його схилів (до 30-40 град.) у верхній частині, потраплянні атмосферних опадів і поливних вод на оголену поверхню ґрунтів.

Ці причини також могли підвищити РГВ, оскільки частина води з паперті церкви відводилася прямо на схил, але з вересня 2015, водовідвід відновлений, вся вода з паперті

відводиться організовано в зливову каналізацію, а РГВ на схилі так і не знизилася до тих відміток, що спостерігалися до проведення РРР.

С) Андріївська церква і пагорб, на якому вона розташована, оточені штольневими прохідними дренажами показано на Рис.4 спеціалізованого управління проти-зсувних підземних робіт (СУППР) (Молочкова та ін, 2017). Із заходу і півночі проходить дренажна штольнева система ДШС-3, побудована в 1923-26 рр. З півдня знаходиться ДШС-40, побудована в 1969 р., її відгалуження від ДШС-3 знаходиться поблизу нижнього майданчика сходів, що ведуть на паперть.

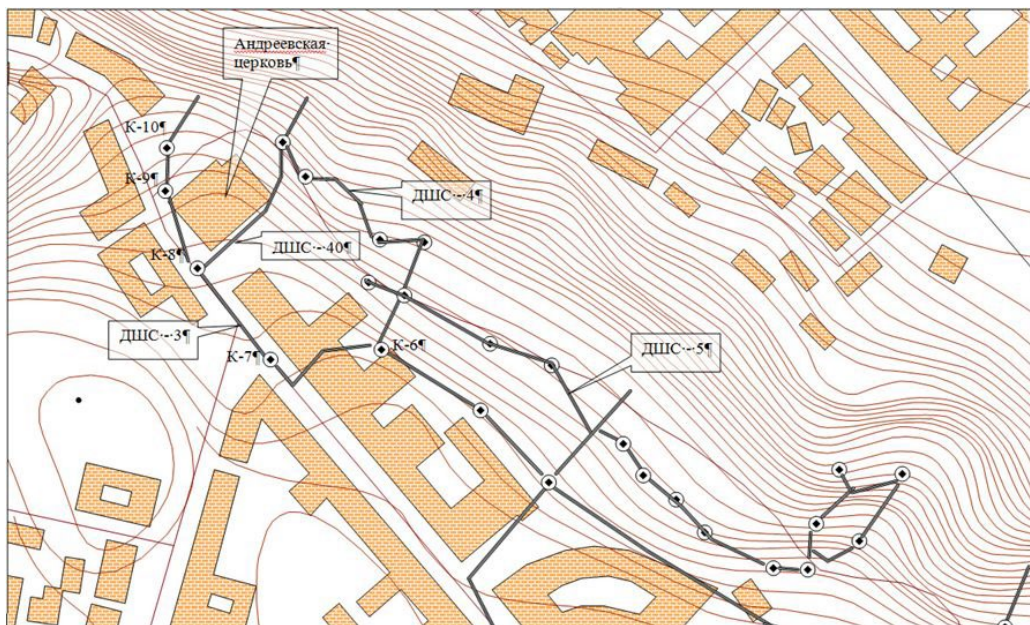


Рис.4. Схема розміщення дренажних штольневих систем від фунікулера до Андріївської церкви  
Fig.4. Layout of drainage adit systems from the funicular to St. Andrew's Church

З архівних матеріалів відомо, що на початковому етапі свого функціонування ДШС-3 мала трапецієвидну форму, кріплення штольні було сосновим, колодязів – переважно дубовим (Рибін та ін., 2003). Дерев'яне кріплення ДШС-3, яка місцями проходила на відстані 2,5-3 м від фундаменту Андріївської церкви і на глибині 8-10 м від поверхні, доводилося, внаслідок виходу з ладу, постійно замінювати новим. Було відмічено, що осідання Андріївської церкви зростали при заміні кріплення в штольні і колодязях, яку проводили кожні 4-6 роки.

Так, не зважаючи на черговий ремонт церкви в 1936 р., постійні руйнування кріплення ДШС-3 в роки війни 1941-45 (штольні залишилась в цей період без догляду) зумовили появу нових тріщин в будівлі Андріївської церкви. Гниле дерев'яне кріплення штольні обрушилося і на проїжджій частині Андріївського спуску утворилися провальні воронки, які досягали 3 м глибини і 7 м в діаметрі. Під час переукріплення штольні в 1948-49 роках відбувалися багаточисельні вивали ґрунту і обвалення його у бік виробки. У перші роки після

цього спостерігалися максимальні осідання цокольного спорудження церкви.

В процесі дренування ґрунтових вод у штольнях має місце винесення дрібнозему через балки кріплення. Ймовірно, саме з цим явищем пов'язано відколювання західного кута стилобату від основного об'єму, зафіксованого у 1964 році. Щоб уникнути подальшого винесення ґрунту і деформацій церкви ділянка ДШС-3 між колодязем №9 та місцем з'єднання ДШС-3 і ДШС-40 на початку 70-х років була забутована, вода з цієї ділянки дренажу відводиться азбоцементною трубою  $d=200$  мм.



Обстеження ДШС-3 та ДШС-4/40 у зоні охорони Андріївської церкви виконувалися ІГН НАН України та фахівцями заповідника періодично у 1995, 1999, 2003, 2009, 2014, 2015, 2019 та 2024 роках. При цих обстеженнях увага приділялась вивалам ґрунту, замуленню дрібноземом та глинистим ґрунтом, витокам до штольні №3 води з водонесучих комунікацій та іншим відхиленням від нормальної експлуатації, замірам дебіту дренажної води та виносу з водою дрібнозема показано на Рис.5.



Рис.5. Замуленість та соляні відкладення в штольні №40  
Fig.5. Siltage and salt deposits in adit No. 40

За даними цих замірів дебети води в період з 2003 по 2024 рік коливалися від 0,32 до 5,0 м<sup>3</sup>/доб, а винос дрібнозему – від 0,03 до 1 кг/доб в ДШС-3 (для порівняння: за даними інституту «Київпроект» у 1986 році дебет води із забутованої ділянки ДШС-3 складав 45-47 м<sup>3</sup>/доб, а винос дрібнозему – 6,67 кг/доб). У 2024 році спільний дебет води у штольнях №4-№40 склав 21,6 м<sup>3</sup>/доб. за багаторічними дослідженнями змінюється в межах 8,64-27,7 м<sup>3</sup>/доб. Таким чином, дебет води в штольневих системах протягом багатьох років залишається

практично незмінним і не може суттєво вплинути на підйом рівня ґрунтових вод.

С) На першому етапі в період проведення останніх ремонтно-реставраційних робіт на пам'ятці з метою укріплення пагорба по лінії нижньої його межі була побудована підпірна стінка з бурунабивних паль глибиною до 18-20 м зі стрічковим ростверком по периметру Андріївського пагорбу, що створило додаткову перешкоду на шляху руху ґрунтових вод показано на Рис.6. Передпроектні розрахунки баражного ефекту, які були виконані СП «Ос-

нова-Солсиф» (вик. д.т.н., А.І. Білеуш), вказували, що РГВ на пагорбі після спорудження перешкоди із бурунабивних паль не будуть перевищувати 0,4 м. Вважаємо, що

бражний ефект – найбільш вірогідна причина підйому РГВ, тому необхідно провести додаткові розрахунки, щоб знайти помилки в попередніх розрахунках.



Рис.6 – Оголовки бурунабивних паль по периметру Андріївського пагорбу.

Fig. 6 – Heads of bored piles along the perimeter of Andreevsky Hill.

РГВ на пагорбі Андріївської церкви в цілому нестабільний. Так з 2011 року по 2015 рік на пагорбі Андріївської церкви загалом спостерігалось повільне стабільне зниження щорічних РГВ в межах 0,3-0,6 м на рік показано на Рис.3. В 2013 році частково спостерігалось підвищення РГВ через великі опади та сніготанення навесні. З 2015 року після завершення одернування пагорбу та підключенням системи поливу спостерігається підвищення РГВ до 1,3 м на спостережних свердловинах унизу пагорба. Іншу ситуацію ми спостерігаємо по верхніх свердловинах на пагорбі, пробурених у стилісатній частині будівлі та на початку вулиці Десятинної. Тут бачимо явний підйом РГВ з 2020 року на 2,5-4 м. Причиною підвищення РГВ можуть бути втрати з водогінних комунікацій вище по потоку (на південь) та захід від церкви та підвищена інфільтрація води при заміні асфальтового покриття на бруківку на прилеглих територіях.

Крім того на пагорбі Андріївської церкви є порожнини, які схильні до ерозії.

Вони утворились в наслідок неефективної точкової роботи системи поливу, схильною до проривів і великих втрат воді. Порожнини вертикально та горизонтально йдуть у схил до 0,6 м. Такий стан крутого пагорбу загрозливий, існує вірогідність локальних зсувів, оскільки схил ослаблений наявністю порожнин і вологість ґрунтів на ньому висока (до 40-50% об'ємного вологовмісту). Слід зазначити, що подальше будівництво на найближчій території може негативно вплинути на гідрогеологічний режим і загальну стійкість схилу (перепад висот до Поштової площі – понад 75 м).

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Багаторічний геотехнічний моніторинг на пам'ятці показав наступне:

1. Проведення комплексу протиаварійних РРР помітно відбилося на осіданні будівлі Андріївської церкви, але збільшення осідання споруди (до 80%) носило практично рівномірний характер і не привело до

збільшення деформацій споруди. Після завершення будівельних робіт швидкість осідань значно зменшилася і стабілізувалася.

2. В період проведення протиаварійних РРР не відмічалось різких змін ширини розкриття тріщин на церкві. За останні роки, зміна ширини розкриття тріщин за рік (холодна пору року) стабільна, знаходиться в невеликому інтервалі  $-0,23 \dots +0,3$  мм.

3. Режим ґрунтових вод на пагорбі Андріївської церкви нестабільний. Істотна зміна РГВ (підйом на 3-4 м) відбулася переважно за рахунок баражного ефекту створеного буронабивними палями по периметру пагорба в період проведення першого етапу РРР. Існуючий РГВ перебуває під впливом природних та техногенних факторів (втратами з водогінних комунікацій, роботою системи поливу, особливостями будови дренажної системи та навколишнього дорожнього покриття – бруківкою).

4. Подальше будівництво на найближчій території може негативно вплинути на гідрогеологічний режим і загальну стійкість схилу (перепад висот до Поштової площі – понад 75 м).

5. Рекомендується провести інженерно-геологічну оцінку вірогідності проходження зсувів на пагорбі Андріївської церкви в умовах високих РГВ і підвищеної вологості ґрунтів, роботи системи поливу, та наявності порожнин в пагорбі.

6. З метою запобігання на майбутнє перезволоженню та вимиванню ґрунту на пагорбі бажано полив трави зменшити до мінімально можливого, а траву підібрати стійку до посушливого клімату.

7. Для забезпечення стійкості ґрунту до сповзання на таких крутих схилах рекомендується засадити їх кущовою рослинністю, що в'ється.

8. На пагорбі Андріївської церкви рекомендується спорудження спостережних свердловин діаметром не менше 10 см для забезпечення можливості прокачки свердловин, відбору проб води для дослідження хімічного складу та температури ґрунтових вод.

9. Необхідно продовжити комплексний геотехнічний моніторинг Андріївської церкви, стилобату і пагорба.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Куковальська, Н.М., Молочкова, Н.М., (2016) Комплексні геотехнічні дослідження Андріївської церкви і пагорбу в процесі ремонтно-реставраційних робіт. *Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування. Будівельні конструкції*, 83, кн. 2, 347–358.
2. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. ДБН В.1.1-46:2017 (2018) К.: Мінрегіонбуд України
3. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід об'єктів. ДБН В.1.2-5:2007 (2008). К.: Мінрегіонбуд України
4. ДП НДІБК. (2011). *Програма науково-технічного супроводу проектування та виконання ремонтно-реставраційних робіт на об'єкті «Противаварійні та ремонтно-реставраційні роботи по Андріївській церкві у Подільському районі м. Києва»*. Архів НЗСК.
5. Саприкін, В. Ю., Руденко, Ю. Ф., Молочкова, Н.М., Ніщук, Л. О. (2023) Багаторічні спостереження за рівнем ґрунтових вод на пагорбі Андріївської церкви *Софійський часопис*, 7, 327-335. К: НЗСК.
6. Молочкова, Н. М., Саприкін, В. Ю., Ніщук, Л. О., & Остапенко, В. В. (2017). Штольневі системи на Андріївській церкві. *Софійський часопис*, 1, 490–496. Харків: «ФОП Дюнова».
7. Рыбин, В. Ф., Демчишин, М. Г., Сахно, А. П., Куцыба, В. А., & Черевко, И. А. (2003). *Гидрогеологический мониторинг историко-архитектурных памятников заповедника «София Киевская»*. Отчет ИГН НАН Украины, 94. Архів НЗСК.

#### REFERENCES

1. Kukovalska, N. M., & Molochkova, N. M. (2016). Kompleksni heotekhnichni doslidzhennia Andriivskoi tserkvy i pahorbu v protsesi re-montno-restavratsiinykh robit. [Comprehensive geotechnical studies of St. Andrew's Church and the hill during repair and restoration works]. *Mekhanika gruntiv, geotekhnika ta fundamentobuduvannia*.

- Budivelni konstruksii*, 83, kn. 2, 347–358 (in Ukrainian).
2. Inzhenernyi zakhyst terytorii, budivel i sporud vid zsuiv ta obvaliv. Osnovni polozhennia. DBN V.1.1-46:2017 (2018). Kyiv: MinRegionBud Ukrainy (in Ukrainian).
  3. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bez-peky budivelnykh ob'ektiv. Naukovo-tekhichniy suprovid ob'ektiv. DBN V.1.2-5:2007 (2007), Kyiv: MinRegionBud Ukrainy (in Ukrainian).
  4. DP NDIBK. (2011). *Prohrama naukovo-tekhnichnoho suprovodu proektuvannia ta vykonannia remontno-restavratsiinykh robit na ob'ekti "Prot'yavarini ta remontno-restavratsiini roboty po Andriivskii tserkvi u Podil'skomu raioni m. Kyieva"*. [Scientific and Technical Support Program for the Design and Execution of Repair and Restoration Works on the Object "Emergency and Repair and Restoration Works on St. Andrew's Church in the Podil District of Kyiv"]. Arkhiv NZSK (in Ukrainian).
  5. Saprykin, V. Yu., Rudenko, Yu. F., Molochkova, N. M., & Nishchuk, L. O. (2023). Bahatorichni sposterezhennia za rivnem gruntovykh vod na pahorbi Andriivskoi tserkvy. [Long-term observations of groundwater levels on St. Andrew's Church Hill]. *Sofiiskyi chasopys*, 7, 327–335. K.: NZSK (in Ukrainian).
  6. Molochkova, N. M., Saprykin, V. Yu., Nishchuk, L. O., & Ostapenko, V. V. (2017). Shtolnevi systemy na Andriivskii tserkvi [Gallery (adit) systems at St. Andrew's Church]. *Sofiiskyi chasopys*, 1, 490–496. Kharkiv: "FOP Dyunova (in Ukrainian).
  7. Rybin, V. F., Demchysyn, M. H., Sakhno, A. P., Kutsyba, V. A., & Cherevko, I. A. (2003). *Hidroheolohichniy monitoring istoryko-arkhitekturnykh pamiatok zapovidnyka "Sofia Kyivs'ka"*. [Hydrogeological monitoring of historical and architectural monuments of the "Sophia of Kyiv" reserve]. Zvit IGN NAN Ukrainy, 94. Arkhiv NZSK (in Ukrainian).

### Geotechnical surveys of the hill of St. Andrew's Church after repair and restoration works

Nadiia MOLOCHKOVA

**Summary** St. Andrew's Church is located in the historical center of Kyiv, on the hill of the high

Starokiev'ska Mountain above the Dnieper. The location is very good from an urban planning point of view, but quite difficult in terms of engineering and geological conditions. This has caused unabated deformation processes in the structures of the monument and, as a result, numerous repairs.

In 2008-2020, a large-scale project "Emergency and repair and restoration work on St. Andrew's Church" was carried out. The goal of this project is to minimize the negative impact of natural and man-made factors on the physical preservation of the monument and its historical environment and to carry out comprehensive repair and restoration work on it, based on modern scientific and technical achievements. The following were performed within the framework of the project: unique emergency emergency works to strengthen the soil base of St. Andrew's Hill and the foundations of St. Andrew's Church, restoration of the porch, stylobate, stairs, facades, interiors and monumental painting of the church, as well as repair of utility networks and landscaping of the territory.

The article presents geotechnical studies of St. Andrew's Church after the first stage (2008-2011) of emergency repair and restoration works on the hill, which significantly changed the hydrogeological conditions at the site. Geotechnical studies have been carried out at St. Andrew's Church since the end of the 20th century. The main goal of such studies is to eliminate the influence of negative natural and man-made factors on the monument, preserve the monument and develop measures for its protection. The current method of preserving monuments is constant geotechnical monitoring. The main results of geotechnical monitoring, the reasons for the change in hydrogeological conditions on the hill are considered, recommendations for safe operation and further research at the site are given.

**Keywords.** geotechnical studies, geodetic, hydrogeological monitoring, deformations, crack opening, groundwater levels.