

УДК 069.8 (477)

кандидат геологічних наук **Черевко І.А.**
завідувач науковим сектором моніторингу нерухомих пам'яток
Котляренко І.В.
молодший науковий співробітник
Національний Києво-Печерський історико-культурний заповідник

КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦЕРКВИ СПАСА НА БЕРЕСТОВІ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА СТАН ЇЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Анотація. Стаття присвячена питанням визначення головних чинників впливу на стан збереження церкви Спаса на Берестові – унікальної пам'ятки історико-культурного надбання. На основі досліджень вологості будівельних розчинів, умов мікроклімату та складу мінеральних утворень зроблено попередні висновки, що головним чинником негативного впливу на стан збереження пам'ятки є перезволоження ґрунтів основи та будівельних конструкцій. В інтер'єрі церкви у нижній частині стін головним чинником перезволоження будівельних розчинів є капілярний підсос вологи з ґрунтів основи; на висоті 1-2 м – всмоктування будівельними розчинами вологи з повітряного простору внаслідок порушення умов мікроклімату.

Ключові слова: чинники впливу, вологість будівельних розчинів, мікроклімат, збереження.

Церква Спаса на Берестові – одна з трьох давньоруських пам'яток, що збереглися до нашого часу в складі архітектурного ансамблю Києво-Печерської Лаври. Під час монголо-татарської навали церква була майже повністю зруйнована, залишилась лише її західна частина – нартекс. У XVII ст. за часів Петра Могили до нартексу прибудовано вівтар та бокові приділи, у XIX ст. – дзвіниця. Тобто на сьогодні церква є різновіковою спорудою, частини якої виконані з різних будівельних матеріалів.

Храм розташований на території з відносно рівним рельєфом, з північного та східного боків ділянка оточена земляним валом Спаського бастіону заввишки до 6 м. Територія вимощена клінкерною цеглою, стан її наразі незадовільний (наявні щілини та просадки), окрім того рівень підлоги церкви знаходиться нижче, ніж рівень денної поверхні.

Конструктивні елементи церкви мають значні пошкодження різного характеру: тріщини, що утворилися внаслідок нерівномірного осідання частин споруди внаслідок перезволоження ґрунтової основи, тріщини зсувного

характеру, перезволоження фундаментів, деформації стиснення, руйнація живопису, утворення наростів солей (рис. 1) тощо [1]. З метою захисту живопису від перезволоження у 2004 році було накладено сануючу штукатурку по зовнішньому периметру цоколю та частково у нижній частині стін в інтер'єрі (за проектом ДНТЦ «Конрест» [2]). Однак руйнація живопису продовжується і надалі.

Актуальним на сьогодні є визначення головних чинників впливу на стан збереження пам'ятки для чого нами започатковані комплексні дослідження, які включають в себе контрольні заміри вологості будівельних розчинів, повітря зовні та в інтер'єрі церкви, аналіз сольових утворень тощо.

Інструментальні вимірювання вологості тиньку та будівельних розчинів. Контрольні інструментальні заміри рівня вологості стін (в основному – штукатурних шарів та будівельних розчинів різного віку походження) проводяться в інтер'єрі та екстер'єрі церкви раз на один-два місяці вологоміром «Testo 606-2» (Німеччина) в фіксованих точках на рівні підлоги, від підлоги до висоти 0,5м, від 0,5 до 1,0м, від 1,0м до 1,5м та від 1,5 і вище.

Дані дослідження спрямовані на визначення динаміки та напрямків руху вологи в тілі стін в залежності від сезонних кліматичних коливань (дія зовнішніх факторів), режиму примусового повітрообміну (провітрювання), впливу висушувальних властивостей електро-магнітного приладу Solumi-K 2000, встановленого в інтер'єрі церкви у вересні 2015 року (дія внутрішніх факторів).

В інтер'єрі на рівні підлоги вимірюється вологість будівельних розчинів (розчини швів мурування, головним чином у муруванні XI-XII ст.), вище – тиньку різного віку, в т.ч. і сануючої штукатурки, та, частково, будівельних розчинів швів мурування; в екстер'єрі – головним чином сануючої штукатурки, виконано поодинокі заміри вологості цементних підмурівок та будівельних розчинів.

Нами виконано сім серій замірів, кожного разу у 66 точках (40 в інтер'єрі, 26 зовні). Визначено середні значення по кожному діапазону висоти заміру (*від підлоги, де рівень підлоги позначено «0»*) та загальне середнє значення вологості тиньку для зручності аналізу. Оброблені результати наведені в таблицях 1 і 2.

Середні значення вологості будівельних розчинів, заміряних на рівні підлоги, є найвищими, що, вірогідно, зумовлене їх характеристиками (щільність, склад тощо). Відмічено також неявно виражене постійне зростання вологості (рис. 2).

Вологість тиньку, в т.ч. і сануючої штукатурки, в інтер'єрі церкви коливаються в межах 1,87-5,91% (середні значення). Зафіксоване зростання вологості у часовому проміжку у весняний період (неявно виражене – на висоті 0,0-0,5 та 1,5-2,0м від підлоги), для середніх значень у просторовому відношенні

зафіксоване не явно виражене зростання з висотою заміру. Максимальне значення вологості зафіксоване влітку, що опосередковано свідчить про кореляцію відносної вологості повітря з вологістю будівельних матеріалів. На графіках також нанесені криві (*пунктирні лінії*) коливання вологості будівельного розчину XI ст., заміряної на північній стіні вівтарної частини на рівні підлоги (*археологічний шурф*), та тиньку XVII ст., заміряної на східній стіні вівтарної частини на висоті 1,3м від підлоги.

Незважаючи на занадто короткий термін спостережень та відносно значні часові проміжки між замірами попередні висновки зробити можна: вологість будівельних розчинів (головним чином тиньку) в інтер'єрі церкви у часовому проміжку зростає в теплу пору року та знижується взимку, у просторовому відношенні вологість будівельних розчинів зростає з висотою заміру. Про що це свідчить? У нижній частині стін головним вірогідним чинником перезволоження є капілярний підсос вологи з ґрунтів основи, з висотою (від рівня підлоги) домінуючим фактором стає всмоктування будівельними розчинами вологи з повітряного простору.

Характер розповсюдження вологості зовнішніх стін протилежний: у часовому проміжку значення вологості зменшуються влітку (4,23-0,82%), у просторовому – явно виражене зменшення з висотою заміру (*окрім інтервалу 1,5-2,0м, де замірялась вологість будівельних розчинів*), найвищі значення зафіксовані на рівні замощення денної поверхні (рис. 3).

Нами також проаналізовано вплив кількості атмосферних опадів та абсолютної вологості повітря на зміну вологості тиньку та будівельних розчинів, як зовні так і в інтер'єрі церкви.

В інтер'єрі церкви відмічене зростання вологості тиньку та будівельних матеріалів зі зростанням абсолютної вологості повітря (рис. 4). Кореляції між кількістю опадів та вологістю матеріалів поки що не відмічено (*незначний часовий період для аналізу*). Однак, найвищі значення вологості будівельних розчинів на рівні підлоги, перемінний характер коливань вологості в інтервалах висот 0,0-0,5м та 0,5-1,0м в інтер'єрі вказує на капілярне перенесення вологи з ґрунтів (основи фундаментів та масиву зовні (*рівень підлоги церкви знаходиться нижче, ніж рівень денної поверхні*)) у будівельні матеріали, що опосередковано свідчить про вплив зовнішніх факторів, тобто опадів або всмоктування вологи з повітря.

Зовні церкви чітко просліджується вплив опадів на вологість сануючої штукатурки.

Таким чином, одним з факторів перезволоження стін є інфільтрація атмосферних опадів та капілярне перенесення вологи вглиб стін церкви (з зовні до внутрішнього об'єму). У нижній частині стін головним чинником

перезволоження будівельних розчинів є капілярний підсос вологи з ґрунтів основи, на висоті 1,0-2,0м – всмоктування будівельними розчинами вологи з повітряного простору.

Результати відбору зразків сольових утворень. В останні декілька років, нами зафіксований інтенсивний ріст солей, головним чином на межі сануючої штукатурки та тиньку, особливо у перші три місяці роботи приладу для висушування. На замовлення реставраторів монументального живопису нами для лабораторних досліджень відібрано зразки сольових утворень вище плям замокань (на висоті 1-2м від підлоги) в різних частинах церкви та в'язучий розчин фундаментів давньоруського часу (рис. 5). Було проведено два види досліджень: рентгеноструктурний аналіз мінерального складу та хімічний аналіз солей (дослідження проведено на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка Національної Академії наук України).

За результатами рентгеноструктурного аналізу мінерального складу отримано наступні результати:

- у південній апсиді по межі плям замокання (внаслідок капілярного підйому вологи) у складі голкоподібних мінеральних утворень зафіксовані наступні мінерали: пікромерит ($MgK_2 [SO_4]_2 (H_2O)_6$), кварц (Q), кальцит ($CaCO_3$);
- у північній апсиді та південній стіні вівтаря зафіксоване утворення тенардиту (Na_2SO_4), кальциту ($CaCO_3$) та кварцу (Q);
- у північній стіні нартексу на висоті близько 2м від підлоги зафіксоване утворення тенардиту (Na_2SO_4), кальциту ($CaCO_3$) та кварцу (Q).

Всі утворені мінерали – вторинні, тобто виникли під час геохімічних процесів, зумовлених надходженням вологи у конструкції. Утворення кварцу та кальциту обумовлене наявністю відповідних елементів у складі тиньку або будівельних розчинів (вапно, пісок). Утворення тенардиту зумовлене, вірогідно, наявністю у складі сануючої штукатурки гіпсу (*утворився з обох боків однієї стіни, низ якої «захищено» сануючою штукатуркою*). Генезис утворення вторинного пікромериту потребує детального дослідження, оскільки навіть в природних умовах цей мінерал доволі рідкісний (*в межах України зустрічається лише на Прикарпатті у сольових родовищах, утворюється в результаті хімічного осідання в морських басейнах*). Лише як припущення утворення цього мінералу на стіні саме давньоруської частини церкви може бути зумовлене додаванням у будівельний розчин т.зв. «білого каменя» – але не вапняку ($CaCO_3$), а доломіту ($Ca Mg(CO_3)_2$).

За результатами хімічного аналізу методом визначення стандартного кількісного складу (визначення оксидного складу скануючим електронним мікроскопом):

- у південній апсиді зафіксовані наступні мінерали: лайгбейніт ($K_2Mg_2[SO_4]_3$: K_2O – 18-22%, MgO – 20-34%, SO_3 – 13-48%); глазерит ($K_3Na[SO_4]_2$: K_2O – 73%, Na_2O – 14%, SO_3 – 13%); калій (K);
- у північній апсиді та південній стіні вітваря зафіксоване утворення тенардиту (Na_2SO_4 : Na_2O – 51%, SO_3 – 49%) та глазериту ($K_3Na[SO_4]_2$: K_2O – 27%, Na_2O – 24%, SO_3 – 49%).
- у складі в'язучого розчину давньоруських фундаментів виявлено доломіт ($CaMg(CO_3)_2$: MgO – 22%, CaO – 15%, CO_2 – 73%); хлорит (шаруватий алюмосилікат складного хімічного складу), кварц.

Хімічним аналізом підтверджено генезис вторинних пікромериту та його «родича» лайгбейніту: утворення даних мінералів зумовлене наявністю у будівельному розчині доломіту ($CaMg(CO_3)_2$).

Візуальні обстеження стану архітектурно-конструктивних елементів та монументального живопису. Слід відмітити, що церква Спаса на Берестові наразі закрита для доступу через її аварійний стан. Наявні тріщини з розкриттям до 2-3см у склепінні нартексу, системи вертикальних тріщин у несучих стінах давньоруської та середньовічної частин будівлі, фіксується надмірна зволоженість ґрунтів, фундаментів, ділянок цокольної частини церкви та карнизів, що створює загрозу цілісності конструктивних елементів та унікальному монументальному живопису в інтер'єрі храму. Детально про технічний стан церкви автори повідомляли у попередніх виданнях [1], в даній роботі зупинимось лише на змінах, що сталися протягом останнього періоду. Впродовж півтора річного періоду нами зафіксовано:

- незначне збільшення площі відшарувань ґрунту з фарбовим шаром (настінні розписи, так звана панель) у вітварній частині, особливо на північній стіні (вище сануючої штукатурки і до 2,0-2,5 м вище рівня підлоги);
- у північній частині нартексу та північній апсиді (від підлоги до 2,2м та вище) незначне збільшення площі розтріскування, відокремлення та осипання ремонтної штукатурки рожевого кольору, що нанесено на плінфу;
- в перші три місяці роботи приладу – збільшення (*що є допустимим*) інтенсивності росту голкоподібних та мучнистих сольових утворень навколо плям замокання та по кромці сануючої штукатурки з одночасним збільшенням площі їх поширення. Надалі швидкість росту солей стабілізувалась;
- змін щодо наявних конструктивних тріщин у стінах та склепіннях не відмічено.

Взимку 2016-2017 років нами вперше зафіксоване утворення льодяних наростів на поверхні в'язучого розчину мурування давньоруської кладки фундаментів (шов, на рівні підлоги) та частково на відновному муруванні XIX

ст. та паморозі на склі деяких вікон. Утворення льоду в інтер'єрі зафіксоване нами вперше за десятки років. Слід відмітити, що взимку в інтер'єрі церкви зафіксовано мінусові показники температури повітря (-3°C , які неодноразово фіксувались і в попередні роки), а власне осередки утворення льодяних кристалів зафіксовані у місцях локального перезволоження стін церкви (див. рис. 5), що фіксується постійно в одних і тих же місцях протягом декількох років.

Утворення льоду може бути зумовлене суттєвим перезволоженням локальних ділянок мурування внаслідок капілярного підсосу вологи з ґрунтів основи (інфільтрація атмосферних опадів через особливість благоустрою, в т.ч. пошкодження системи водовідведення з даху). Вихід надлишкової вологи з мурування відбувається у повітряний простір інтер'єру церкви і в умовах мінусової температури утворились кристали льоду.

Утворення паморозі на склі вікон свідчить про досягнення «точки роси» - температури, при пониженні до якої настає граничний стан насичення повітря вологою. Нами на основі замірів температури та вологості виконані розрахунки точки роси для деяких приміщень у інтер'єрі церкви (рис. 6) – різниця між температурою точки роси (T_d) та температурою повітря (T_c) доволі незначна, що вказує на необхідність коригування режиму мікроклімату у приміщенні церкви (наприклад, за допомогою провітрювання або вентиляції).

Навесні 2017 року в інтер'єрі церкви, при плюсових показниках температури повітря, зафіксоване замокання та біоураження (наростання моху, плісняви та грибів) у місцях танення утвореного взимку льоду, незначна руйнація (викришування) будівельних розчинів у місцях перезволоження.

Вірогідним чинником замокання північної стіни нартексу є акумуляція та інфільтрація атмосферних опадів, тотальне перезволоження ґрунтового масиву (в. ч. і внаслідок суцільного замощення території клінкером на цементному розчині, який перешкоджає природному процесу випаровування вологи).

Попередні висновки:

1. Головним чинником впливу на стан збереження церкви Спаса на Берестові на сьогодні є перезволоження (ґрунтів основи, будівельних конструкцій та матеріалів) через особливість благоустрою (замощення та водовідведення поверхневої води).
2. Заміри вологості будівельних матеріалів (переважно тиньку) підтверджують, що головним чинником перезволоження стін є інфільтрація атмосферних опадів та капілярне перенесення вологи вглиб стін церкви (з зовні до внутрішнього об'єму), в т.ч. і внаслідок різниці рівнів денної поверхні та підлоги церкви. У нижній частині стін головним чинником перезволоження будівельних розчинів є капілярний підсос вологи з ґрунтів основи; на висоті

1-2м – всмоктування будівельними розчинами вологи з повітряного простору внаслідок порушення умов мікроклімату. Отримані дані є попередніми, остаточні висновки робити зарано, необхідно виконати принаймні дворічний цикл замірів.

3. Структурний та хімічний склад утворених солей вказує на їх вторинний генезис – всі утворені мінерали виникли під час геохімічних процесів, зумовлених надходженням вологи у будівельні конструкції та розчини. Мінеральний склад сольових утворень залежить від хімічного та мінерального складу вихідного матеріалу. Хімічним аналізом підтверджено наявність у складі будівельних розчинів XI-XII ст. мінералу доломіту, що дасть змогу дослідникам уточнити місце видобутку матеріалу, який застосовувався для побудови церкви. Оксидний склад соляних утворень може бути використаним реставраторами для розробки заходів зі збереження живопису.
4. Монументальний живопис у нижній частині стін пам'ятки (на висоту до 2,5м від рівня підлоги) перебуває частково в незадовільному, місцями в аварійному стані, потребує проведення комплексних реставраційних робіт. Окремих досліджень потребує стан наявної сануючої штукатурки в інтер'єрі церкви – наразі всі солі утворюються на її межі з настінним розписом, що негативно впливає на стан структури живопису та штукатурного оздоблення.

Рекомендації:

1. В найближчі терміни з метою поступового природного осушення мурування стін необхідно виконати гідроізоляцію принаймні північної стіни нартексу та вівтарної апсиди, можливо, частково демонтувати кам'яне замощення контуру пам'ятки в межах давньоруської частини. Без виконання цих робіт навіть застосування спеціалізованих приладів для зменшення вологості стін не дасть необхідних результатів.
2. Мікрокліматичний режим в інтер'єрі церкви потребує нормалізації за допомогою провітрювання або вентиляції, для чого необхідно запровадити принаймні регульоване провітрювання інтер'єру (на декілька годин в день у сприятливу погоду).

Література

1. Котляренко І.В., Черевко І.А. Історико-архітектурне обґрунтування сучасного технічного стану церкви Спаса на Берестові // Матер. конф. «Церква – наука – суспільство: питання взаємодії». – НКПІКЗ, 2014. – С. 65-68.

2. Пам'ятка архітектури XI–XIX ст. «Церква Спаса на Берестові» (охоронний № 2). Проект консерваційно-реставраційних робіт. // Український Науково-Дослідний проектний інститут «УкрНДІпроектреставрація» та ДНТЦ «Конрест». – Київ, 2003р.

Аннотація: В работе поднимаются вопросы определения основных факторов влияния на сохранность церкви Спаса на Берестове – уникального памятника историко-культурного наследия. На основании изучения влажности строительных конструкций, условий микроклимата и состава солевых образований сделаны предварительные выводы о том, что главной причиной негативного воздействия на состояние церкви является переувлажнение грунтов основания и строительных конструкций. В интерьере в нижней части стен переувлажнение вызвано капиллярным подсосом влаги из грунтов основания, на высоте 1-2м – всасыванием строительными растворами влаги из воздушного пространства.

Ключевые слова: факторы влияния, влажность строительных растворов, микроклимат, сохранение.

Abstract: Questions of determining the main factors of influence on the preservation of the Church of Savior at Berestovo (the unique monument of historical and cultural heritage) are raised in the paper. Based on the study of the building structures moisture, microclimate conditions and the composition of salt formations, preliminary conclusions are drawn that the main cause of the negative impact on the state of the church is the waterlogging of the foundation soils and building structures. In the interior in the lower part of the walls, waterlogging is caused by a capillary suction of moisture from the soil of the base, at an altitude of 1-2 m by sucking humidity.

Keywords: factors of influence, building structures moisture, microclimate conditions, conservation.

Таблиця 1. Заміри вологості будівельних розчинів в інтер'єрі церкви.

Внутрішні заміри								
дата	сер. знач.	0	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	Шурф 0,0	Вітвар 1,3
27.11.15	2,5	3,9	2,9	3,0	2,1	1,9	6,1	3,6
15.01.16	4,4	4,9	5,2	4,1	3,2	5,1	5,5	
18.02.16	4,1	5,6	3,4	5,0	4,4	3,7	6,6	4,9
20.05.16	4,8	5,6	4,9	4,6	4,9	5,0	7	4,8
23.06.16	5,4	5,9	5,6	4,6	6,2	5,3	5,9	6,7
14.09.16	4,1	5,3	5,5	3,9	3,5	3,7	5,7	4,4
23.01.17	2,6	4,8	2,5	3,6	1,2	3,1	5,5	3,5

Таблиця 2. Заміри вологості тиньку на зовнішніх стінах церкви.

Зовнішні заміри						
дата	сер. знач.	0	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2
27.11.15	2,9	4,2	3,6	1,0	2,5	3,0
15.01.16	2,0	3,5	1,5	1,1		
18.02.16	1,5	3,3	1,2	0,8	0,8	1,3
20.05.16	1,6	3,3	1,1	0,6		
23.06.16	1,0	1,2	1,4		0,8	0,7
14.09.16	0,9	1,0	1,0	0,8		
23.01.17	2,2	1,5	2,1	1,3		3,8



Рис. 1. Пошкодження живопису, утворення солей по верхній кромці сануючої штукатурки.

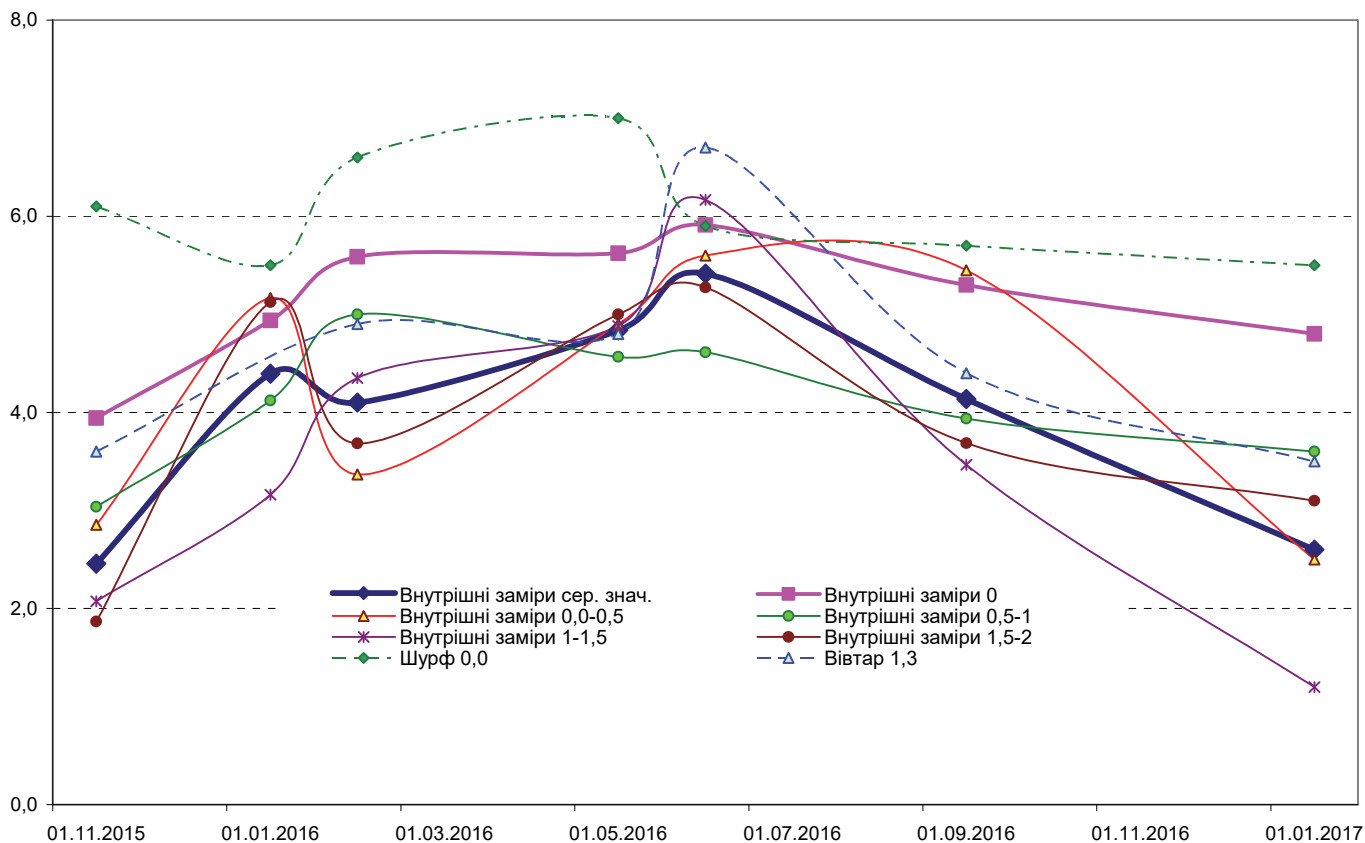


Рис. 2. Графіки коливань вологості будівельних розчинів в інтер'єрі церкви

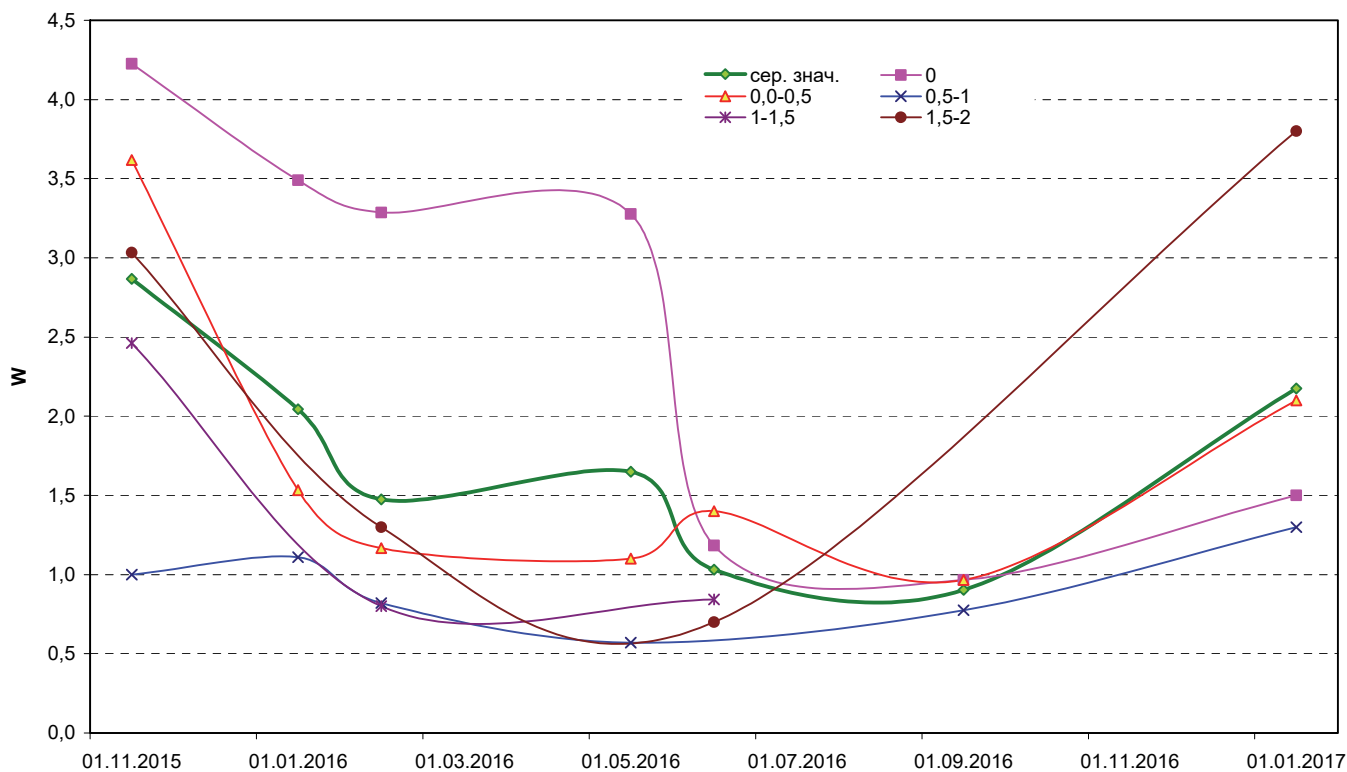


Рис. 3. Графіки коливань вологості будівельних матеріалів (сануюча штукатурка) зовнішніх стін церкви.

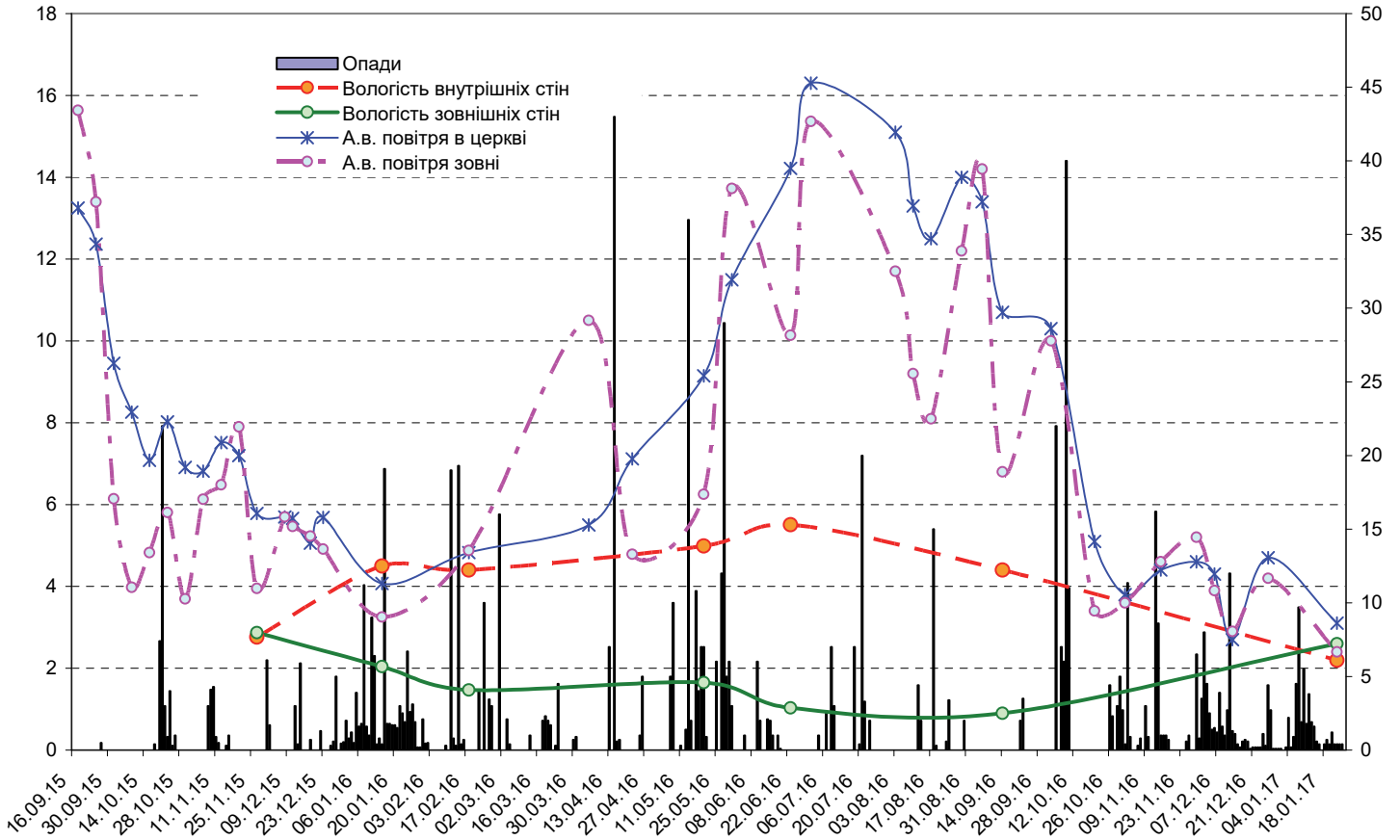


Рис. 4. Порівняльні графіки залежності вологості поверхні стін інтер'єрів церкви від абсолютної вологості повітря та кількості і періоду випадіння атмосферних опадів.

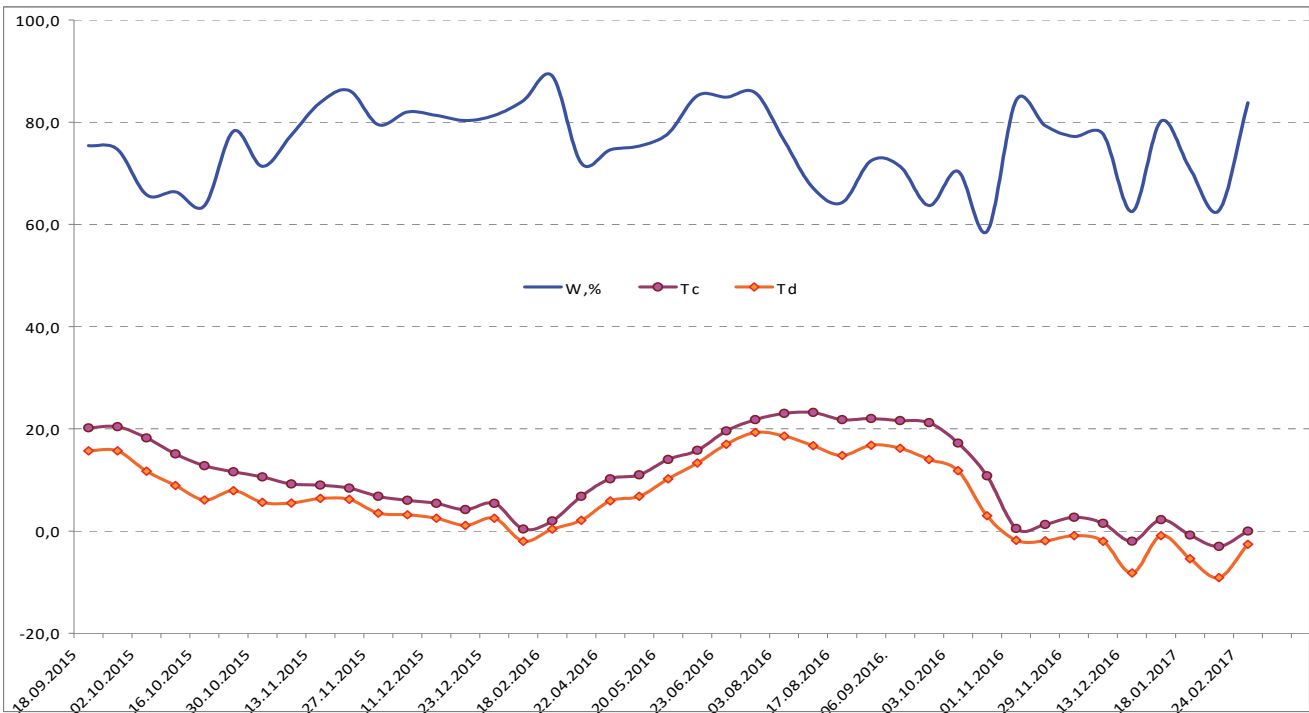


Рис. 6. Розрахунок точки роси (Td) у північній частині нартексу церкви

