

І.А. Червко
В.О. Зайцева
Д.В. Літвінчук

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЦЕРКВИ СПАСА НА БЕРЕСТОВІ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ МОНУМЕНТАЛЬНОГО ЖИВОПИСУ ТА РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ З ЙОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

Одним із головних факторів погіршення стану монументально-живопису церкви Спаса на Берестові, що проявляється у локальних обрушеннях штукатурної основи, втраті та відшаруванні фарбового шару, утворенні наростів солей тощо, є перезволоження його штукатурної основи. Актуальним на сьогодні є визначення головних чинників впливу на стан живопису, розробка програми його реставрації. У вересні 2015 року для висушування стін в інтер'єрі церкви було встановлено електромагнітний пристрій Solumi-K-2000, який має перешкоджати каплярному підйому вологи по муруванню стін. У результаті інструментальних досліджень мікрокліматичних умов та вологості будівельних матеріалів (штукатурних розчинів і цегли), започаткованих у 2015 році, визначено можливі чинники, що призводять до перезволоження (порушення температурно-вологісного режиму, каплярне підсмоктування), надано рекомендації щодо розробки заходів зі збереження живопису. Слід відзначити, що дослідження вологості будівельних матеріалів та залежності показників вологості матеріалів від впливу на них зовнішніх кліматичних та мікрокліматичних умов не дає чіткої відповіді на питання, що ж є головним чинником впливу – прямої кореляції між значеннями вологості матеріалів та абсолютної вологості повітря (як зовні, так і в інтер'єрах пам'ятки) загалом не зафіксовано. Абсолютні значення показників вазової вологості будівельних матеріалів коливаються в межах 1–4 %, що є допустимим для збереження та нормальної експлуатації пам'ятки. Для збереження живопису рекомендовано впровадити примусове коригування показників температурно-вологісного режиму (припливно-витяжна вентиляція з підігрівом/осушенням повітря), провести комплексні консерваційно-реставраційні заходи.

Ключові слова: церква Спаса на Берестові, монументальний живопис, інструментальні вимірювання, вологість будівельних матеріалів, температурно-вологісний режим, збереження.

Церква Спаса на Берестові є різновіковою спорудою (XI–XIX ст.), частини якої виконані з різних будівельних матеріалів. Вона розташована на території з відносно рівним рельєфом; з північного та східного боків ділянка оточена земляним валом Спаського бастиону, окрім того рівень підлоги церкви знаходиться нижче, ніж рівень денної поверхні.

Найзначніша цінність пам'ятки – монументальний живопис інтер'єру, загальна площа якого складає 400 м². Розписи, що розміщені в нартексі, вівтарній частині та частково у притворі, представляють собою живописні нашарування різних періодів: давньоруського XI–XII ст. та періоду 1640–1644 рр., виконаних у техніці фрескового живопису; суцільні та локальні оновлення стародавнього стінопису XIX ст. та початку XX ст. у техніці олійного живопису; консерваційно-реставраційні роботи, що проводилися в періоди 1970–1971 рр. та 1995 року тощо.

Наприкінці XX ст. унаслідок перезволоження ґрунтової основи та каплярного підйому вологи по муруванню фундаментів та стін розпочалися процеси деструкції нижньої частини живописних композицій: локальні обрушення штукатурної основи, втрати та відшарування фарбового шару, утворення наростів солей тощо. З ме-

тою захисту живопису від перезволоження у 2004 році було накладено санувальну штукатурку по зовнішньому периметру цоколю та частково у нижній частині стін в інтер'єрі (за проектом ДНТЦ «Конрест» [1]). Однак руйнація живопису продовжувалась і надалі, санувальна штукатурка втратила своє функціональне призначення (розрахована на 7–10 років).

На сьогодні залишається актуальним визначення головних чинників впливу на стан живопису, розробка програми його реставрації. У вересні 2015 року для висушування стін в інтер'єрі церкви було встановлено електромагнітний пристрій Solumi-K-2000, який має перешкоджати каплярному підйому вологи вгору по муруванню стін. Тоді ж започатковані комплексні дослідження, які включають в себе контрольні заміри вологості будівельних розчинів, повітря зовні та в інтер'єрі церкви.

У 2017–2019 роках виконано ремонтно-реставраційні роботи, які включали в себе ремонт даху, опорядження фасадів, влаштування глиняного замка по периметру фундаментів, благоустрій території і лише часткові ремонтно-реставраційні заходи в інтер'єрі – влаштування підлоги та опорядження стін, не вкритих живописом. Проект реставрації живопису перебуває в стадії розробки. Для прийняття виважених рішень необхідно врахувати дані про склад штукатурної основи, її вологість, склад солей, мікрокліматичні умови тощо.

Мета даної роботи – дослідження вологості будівельних матеріалів (штукатурних розчинів і цегли), визначення можливих чинників, що призводять до перезволоження. Виконувались серії замірів: до початку проведення ремонтно-реставраційних робіт кожного разу у 66 точках (40 в інтер'єрі, 26 зовні); під час проведення – у доступних місцях як в інтер'єрі, так і зовні; після завершення – у визначених створах зовні та в інтер'єрах раз на тиждень (загалом 43 точки). Оскільки дослідження проводилися у три етапи (до, під час та після проведення ремонтно-реставраційних робіт), матеріали досліджень будуть викладені відповідно.

1. Дослідження до початку ремонтно-реставраційних робіт (вересень 2015 – серпень 2017 року).

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

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

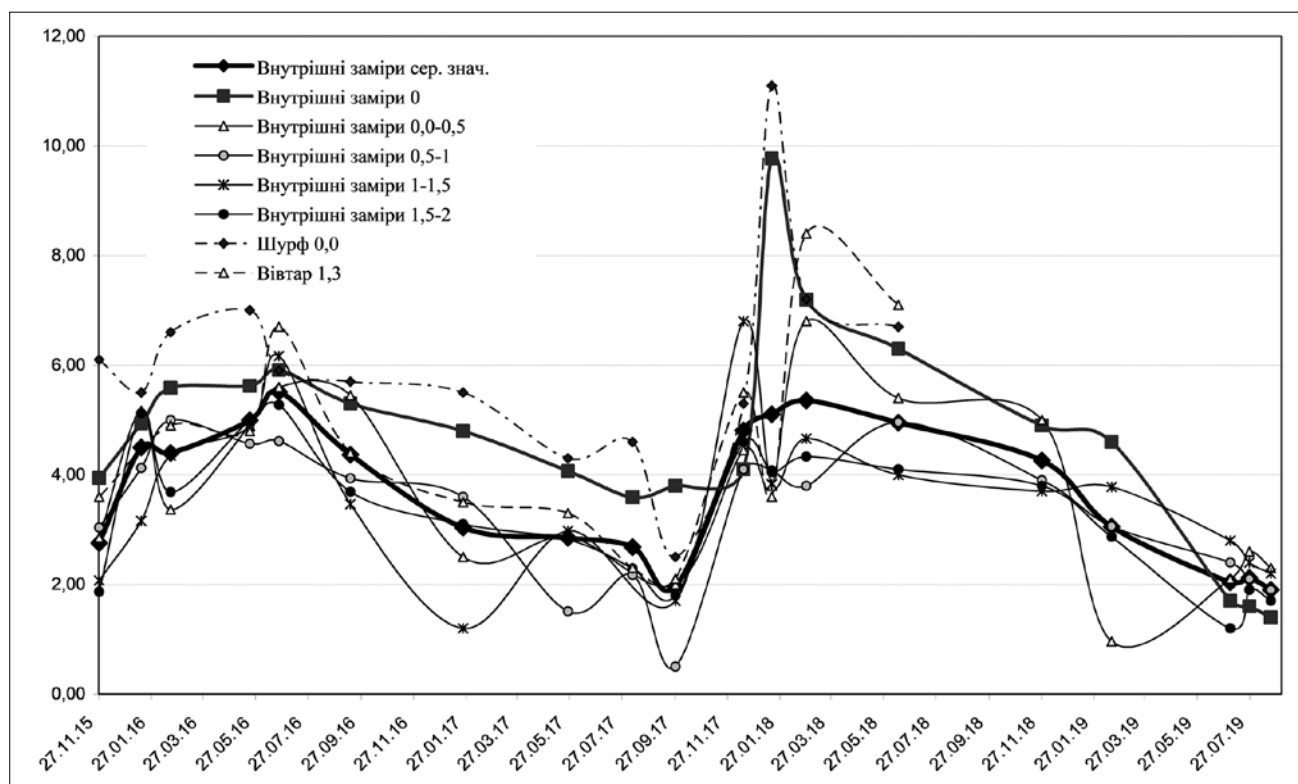


Рис. 1. Графіки коливань вологості будівельних розчинів в інтер'єрі церкви (усереднені значення по інтервалах висот від підлоги)

у вересні 2015 року (дія внутрішніх факторів).

У інтер'єрі на рівні підлоги вимірювалась вологість будівельних розчинів (розчини швів мурування, головним чином у муруванні XI–XII ст.), вище – тиньку різного віку, в т. ч. і санувальної штукатурки, та, частково, будівельних розчинів швів мурування; в екстер'єрі – головним чином санувальної штукатурки, виконано поодинокі заміри вологості цементних підмурівок та будівельних розчинів. Визначено середні значення по кожному діапазону висоти заміру та загальне середнє значення вологості тиньку для зручності аналізу.

Середні значення вологості будівельних розчинів, заміряних на рівні підлоги, є найвищими, що, вірогідно, зумовлене їх характеристиками (щільність, склад тощо). Відмічено також постійне зростання вологості (рис. 1).

Вологість тиньку, в т. ч. і санувальної штукатурки, в інтер'єрі церкви коливаються в межах 1,87–5,91 % (середні значення). До початку PPP зафіксоване зростання вологості у часовому проміжку (не явно виражене – на висоті 0,0–0,5 та 1,5–2,0 м від підлоги), для середніх значень у просторовому відношенні зафіксоване не явно виражене зростання з висотою заміру. На графіках також нанесені криві (пунктирні лінії) коливання вологості будівельного розчину XI ст., заміряного на північній стіні вівтарної частини на рівні підлоги (археологічний шурф), та тиньку XVII ст., заміряної на східній стіні вівтарної частини на висоті 1,3 м від підлоги.

Характер розповсюдження вологості зовнішніх стін протилежний: у часовому проміжку значення вологості змен-

шуються (4,23–0,82 %), у просторовому – явно виражене зменшення з висотою заміру (окрім інтервалу 1,5–2,0 м, де замірялась вологість будівельних розчинів), найвищі значення зафіксовані на рівні замощення денної поверхні.

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.

У інтер'єрі церкви відмічено зростання вологості тиньку та будівельних матеріалів зі зростанням абсолютної вологості повітря. Кореляції між кількістю опадів та вологістю матеріалів не відмічено. Однак, найвищі значення вологості будівельних розчинів на рівні підлоги, перемінний характер коливань вологості в інтервалах висот 0,0–0,5 м та 1,5–2,0 м у інтер'єрі вказує на капілярне перенесення вологи з ґрунтів (основи фундаментів та масиву зовні) у будівельні матеріали, що опосередковано свідчить про вплив зовнішніх факторів, тобто опадів або всмоктування вологи з повітря.

Зовні церкви чітко прослідковується вплив опадів на вологість санувальної штукатурки.

Таким чином, одним із факторів перезволоження стін є інфільтрація атмосферних опадів та капілярне перенесення вологи углиб стін церкви (із зовні до внутрішнього об'єму).

Одночасно виконувались візуальні обстеження стану архітектурно-конструктивних елементів та монументального живопису. У перші три місяці роботи приладу було зафіксоване збільшення інтенсивності росту голкоподібних

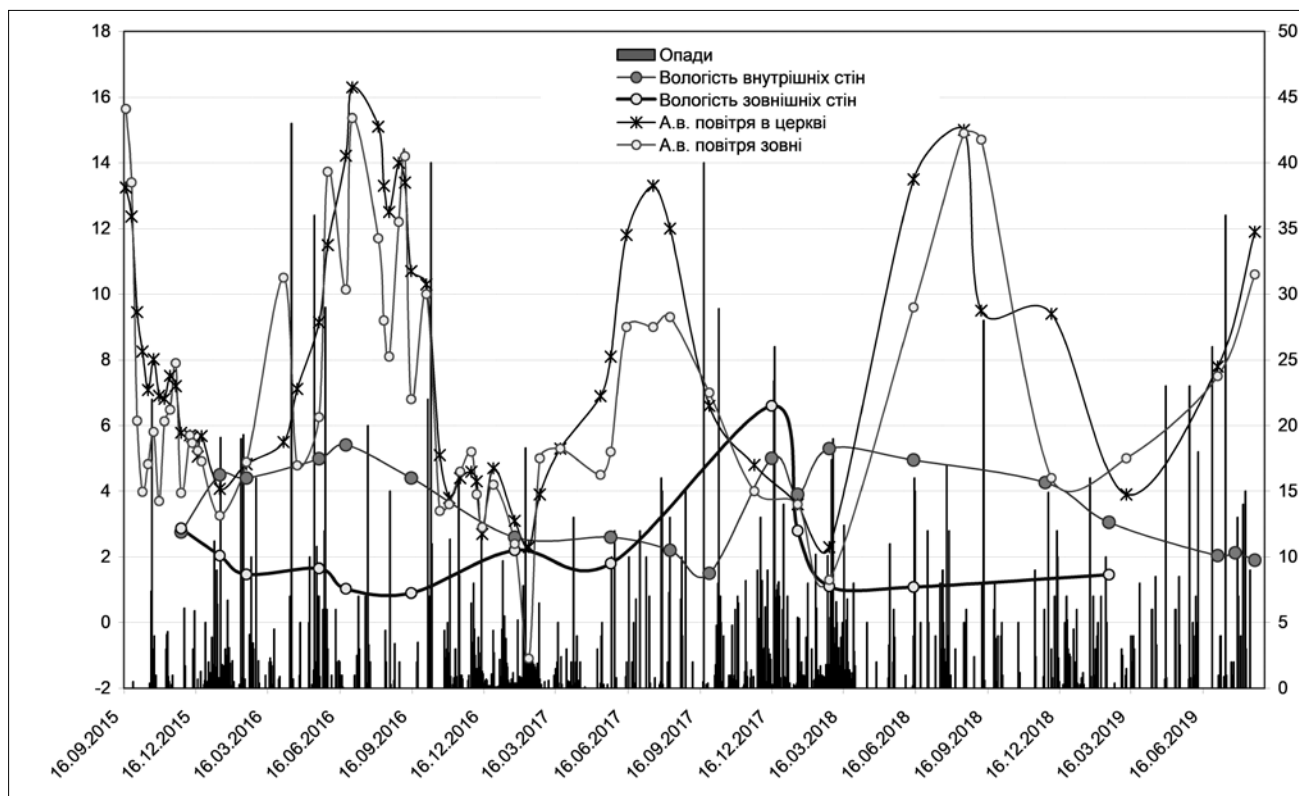


Рис. 2. Порівняльні графіки залежності вологості поверхні стін церкви (середні значення) від абсолютної вологості повітря та кількості і періоду випадіння атмосферних опадів

та мучнистих сольових утворень (тенардит, кальцит [2]) навколо плям замокання та по кромці санувальної штукатурки з одночасним збільшенням площі їх поширення. Надалі швидкість росту солей стабілізувалась. На багатьох ділянках живописної поверхні спостерігались рецидиви у вигляді повторного відшарування штукатурного (в т. ч. реставраційного) та фарбового шарів.

У зимовий період 2016–2017 років зафіксоване незначне збільшення площі відшарувань ґрунту з фарбовим шаром (настінні розписи) у вівтарній частині, особливо на північній стіні (вище санувальної штукатурки і до 2,0–2,5 м вище рівня підлоги). На поверхні в'язучого розчину мурування давньоруської кладки фундаментів (шов, на рівні підлоги) та частково на відновлених ділянках мурування XIX ст. зафіксоване утворення льодяних наростів та грибів у місцях постійного перезволоження (чинники їхнього утворення детально проаналізовані у [2]). Вірогідним чинником замокання північної стіни нартексу та апсид є акумуляція та інфільтрація атмосферних опадів, тотальне перезволоження ґрунтового масиву (в т. ч. і внаслідок суцільного замощення території клінкером на цементному розчині, який перешкоджає природному процесу випаровування вологи [3]).

Монументальний живопис пам'ятки у середині 2017 року загалом знаходиться у незадовільному, місцями в аварійному стані; були свіжі втрати штукатурного та фарбового шару на північній стіні вівтарної частини. Фіксувалося подальше пересихання поверхневого шару

штукатурного та живописного шарів, що створювало додатковий поверхневий натяг та ініціювало процес активного тріщиноутворення, розшарування фарбового шару, кракелюр та осипання тиньку. Збільшення інтенсивності росту мінеральних утворень (солі) на верхній межі плям замокання (утворених як внаслідок капілярного підняття вологи знизу, так і внаслідок замокання атмосферними опадами зверху) та верхній межі санувальної штукатурки негативно впливало на стан структури живопису та штукатурного оздоблення. Сама санувальна штукатурка в інтер'єрі церкви не виконує свого прямого функціонального призначення – рівномірного розподілу солей при виході їх на поверхню стіни та попередження накопичення їх на межі стіна-штукатурка, тобто не дає стіні дихати та випаровувати вологу, створюючи паронепроникний бар'єр (солі утворюються на межі санувальної штукатурки з настінним розписом).

2. Спостереження під час ремонтно-реставраційних робіт (вересень 2017 – серпень 2019 року).

У другій половині 2017 року розпочалися комплексні ремонтно-реставраційні роботи, що включали реставрацію покриття даху, екстер'єрів та інтер'єрів (окрім живопису), благоустрій навколишньої території.

Інструментальні вимірювання вологості тиньку та будівельних розчинів. Реставрація фасадів розпочалась у вересні 2017 року зі зняття шару санувальної штукатурки та нанесення у трьох місцях інших експериментальних зразків санувальних штукатурок. Показники воло-

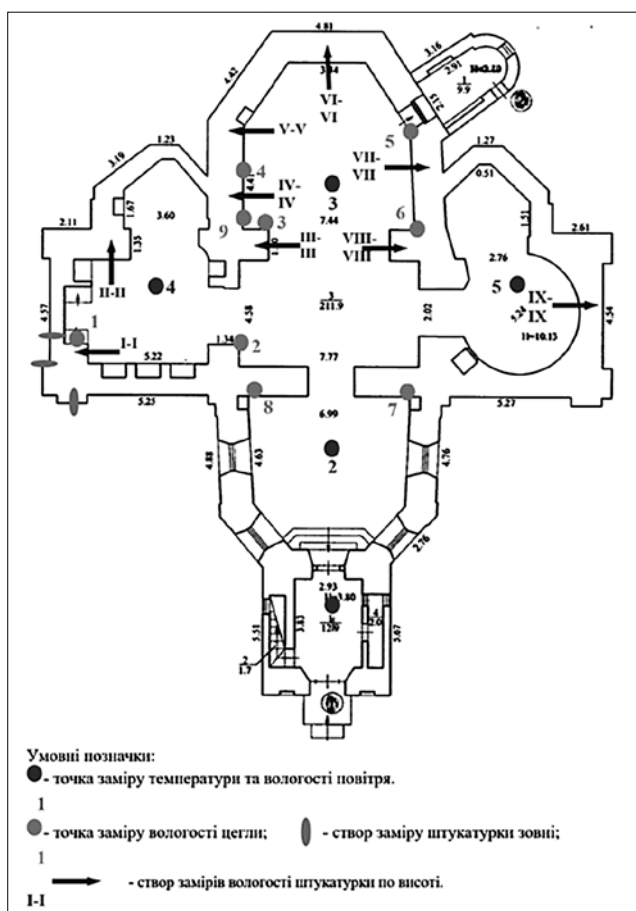


Рис. 3. План-схема розташування точок замірів вмісту вологи (вагової вологості) у будівельних матеріалах (цегла, будівельні розчинні) у церкві Спаса на Берестові.

гості будівельних матеріалів станом на лютий 2018 року знизились до 0,8–1,1 %, вологість експериментальних штукатурок становила 2,2–2,5 %, що свідчить про їхню хорошу осушувальну здатність. Окрім того, непоганий результат дало природне осушення мурування стін (без будь-яких штукатурок).

Із серпня 2018 року у церкві розпочалися роботи з влаштування гідроізоляції фундаментів (глиняний замок), для чого по периметру церкви було влаштовано траншею шириною до 1,0 м і глибиною 1–2,5 м (в залежності від глибини закладання фундаментів). «Оголені» фундаменти залишені для повітряного природного висушування на 2–3 місяці, потім траншею засипано глинистим ґрунтом із пошаровим ущільненням. Показники вологості матеріалів фундаментної кладки різних часів, заміряні на початку та наприкінці періоду висушування (з різницею у 1,5–2,0 місяці), знизились від 5–8 % до 3–4 %. Тобто, повітряне висушування фундаментів ефективно вплинуло на вологісний стан конструкцій фундаментів пам'ятки.

У інтер'єрах церкви ремонт розпочався у серпні 2018 року, тоді ж знято електромагнітний прилад Solumi-K 2000. Замірами вологості будівельних матеріалів, особливо у нижній частині стін, зафіксовано зростання показників на

початку 2018 року (див. рис. 1), зумовлені, на нашу думку, підсмоктуванням вологи з ґрунтів основи унаслідок пролонгованої інфільтрації атмосферних опадів (аномально сніжна зима) та відсутністю евапотранспірації (затруджене випаровування через клінкерне покриття [3]).

Подальші заміри вологості будівельних матеріалів зафіксували поступове зниження показників: у липні 2019 року показники становили 1,0–1,5 % на рівні підлоги та інтервалі висот до 1,3 м. Тобто, повітряне висушування фундаментів та влаштування глиняного замка поки що ефективно впливає на збереженість пам'ятки. Ефективність роботи електромагнітного приладу Solumi K-2000 не доведено. За чотири роки спостережень відмічено кореляцію між кількістю опадів та вологістю матеріалів. Після виконання робіт із гідроізоляції фундаментів намітилася картина зниження значень вологості будівельних розчинів на рівні підлоги та в інтервалах висот 0,0–0,5 м.

3. Спостереження після проведення ремонтно-реставраційних робіт (листопад 2019 – лютий 2020 року).

28 вересня 2019 року церкву Спаса на Берестові відкрили для відвідувань. Одночасне скупчення значної кількості відвідувачів в обмеженому просторі церкви призвело до збільшення відносної вологості повітря в інтер'єрах та осідання зайвої вологи у вигляді конденсату на поверхні стін.

Уже через кілька днів після відкриття церкви на поверхні ніші північної стіни у північній частині нартексу спостерігалось осідання та всмоктування конденсату (пляма розміром близько 1 м²). Під вікном західної стіни зафіксоване утворення голкоподібних мінеральних утворень (солей). Окрім того, на цій ділянці утворився осередок незначного відшарування штукатурки та пофарбування.

Аналіз вологісного стану штукатурного шару з пофарбуванням на цій ділянці дав наступні показники вологості: на поверхні плями всмоктування конденсату – 3,3–3,9 %; суха ділянка поверхні арки – 0,5 %. При цьому вологість штукатурного шару на інших ділянках на висоті 0,5–2,0 м від денної поверхні знаходиться у межах 1,65–2,38 %. Там само зафіксовано найбільші показники відносної вологості повітря – 68,5 %.

Утворення голкоподібних мінеральних наростів (солей) на окремих ділянках може бути наслідком недотримання технології проведення ремонтно-реставраційних робіт в інтер'єрі. За кристалічною структурою утворені солі можуть бути солями тенардиту (сульфату натрію), які виникають в результаті вилугування їх зі штукатурок гіпсового складу.

Враховуючи, що церква Спаса на Берестові історично не опалювалась, проектом реставрації не було передбачене кондиціонування повітря, вентиляційну систему поки що не налагоджено. Церкву закрили для відвідування з 1 листопада 2019 року.

Інструментальні вимірювання вологості будівельних матеріалів. Дані дослідження знову ж таки спрямовані на визначення впливу висушувальних властивос-

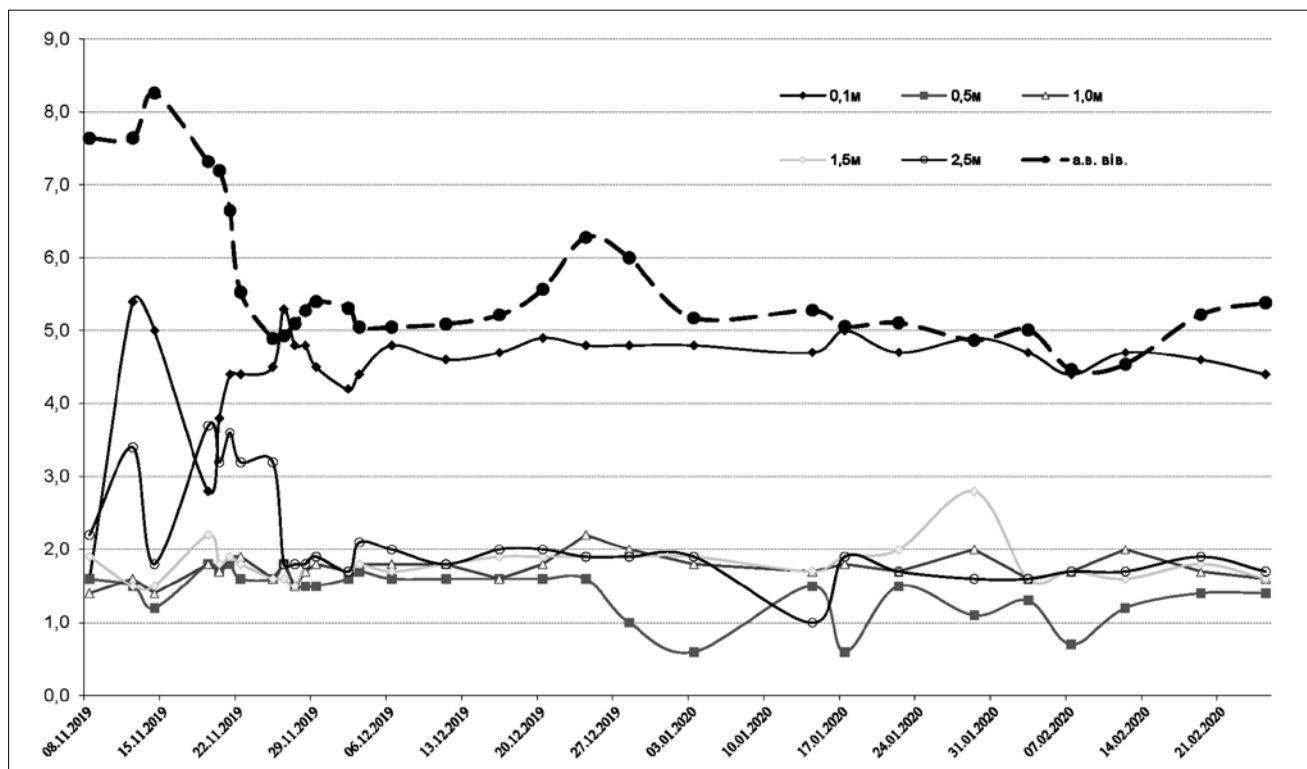


Рис. 4. Графіки коливань вагової вологості штукатурного шару по створу I-I та абсолютної вологості повітря в інтер'єрі церкви, листопад 2019 – лютий 2020

тей електромагнітного приладу Solumi K-2000, повторно встановленого в інтер'єрі церкви 5 листопада 2019 року (демтований у серпні 2018 року після трьох років безперервної роботи).

На рис. 2 представлені графіки зміни показників середніх значень (40 замірів на різній висоті та різних площинах в інтер'єрі та 26 замірів зовні) вагової вологості будівельних матеріалів стін церкви в залежності від абсолютної вологості повітря та кількості і періоду випадіння атмосферних опадів із вересня 2017 року. Як видно з графіків, вологість будівельних розчинів у інтер'єрах коливалась у часі, «незважаючи» на постійну і стабільну роботу приладу Solumi K-2000, на їхнє коливання опосередковано впливала кількість атмосферних опадів.

Із 8 листопада 2019 року проводяться вимірювання мікрокліматичних показників (6 точок) і вологості штукатурних розчинів по 9 створах (24 точки) та цегли по 9 точках, три створи замірів (9 точок) штукатурки цокольної частини на північно-західному куті північного нартексу (рис. 3). Заміри виконувалися один раз у 5 днів, що є абсолютно достатньою кількістю для такого роду досліджень: визначена експериментальним шляхом швидкість перенесення вологи з повітряного середовища у пружне (в нашому випадку – штукатурку) складає близько $6 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$ м/доб [4; 5; 6] або 0,006–0,2 мм/доб – тобто, верхній шар штукатурки «промокає» на 1 мм в глиб у «найкращому» випадку через 5 днів.

Окрім того, чітких нормативів для вологості штукатурних розчинів на сьогодні взагалі не існує через їх

перемінний склад (вапняно-піщана, вапняно-цементна, гіпсова тощо), характеристики основи, на яку накладається тиньк (різні цегли на різних будівельних в'язучих розчинах), умови експлуатації. Існують лише зроблені на основі експериментальних досліджень рекомендаційні висновки, та й то лише для конструктивної субстанції під назвою «стіна». Зокрема стіну класифікують як суху, якщо значення вологості складає 3–5 %, як вологу – 5–10 %, перезволожену, якщо вологість становить понад 10 %. Для гарантованого успіху реставрації потрібний також аналіз стану вологої ділянки стіни, визначення складу й кількості солей, що містяться у кладці [7]. Щодо штукатурних сумішей – єдина рекомендація стосується сучасних гіпсових штукатурок для внутрішніх приміщень, де зазначено, що їхня вологість під час експлуатації не повинна бути меншою від 5 % [8].

Стосовно нормативних показників вологості цегли, то і вони існують лише для умов її виробництва. Щодо цегли історичних пам'яток – думки дослідників розрізняються: Є.В. Караулов [9] вважає, що цегляна кладка фасадів споруди упродовж 150 років втрачає приблизно 1/3 своєї міцності, тому стіни історичних пам'яток потребують особливого захисту від зволоження, вологість не повинна перевищувати 1,5–3,0 %; А.Г. Ройтман допускає вологість мурування на рівні 5–8 % [10].

За результатами вимірювання вологості штукатурних розчинів за період спостережень із листопада 2019 до лютого 2020 року можна зробити наступні висновки:
- майже у всіх точках замірів показники вологості

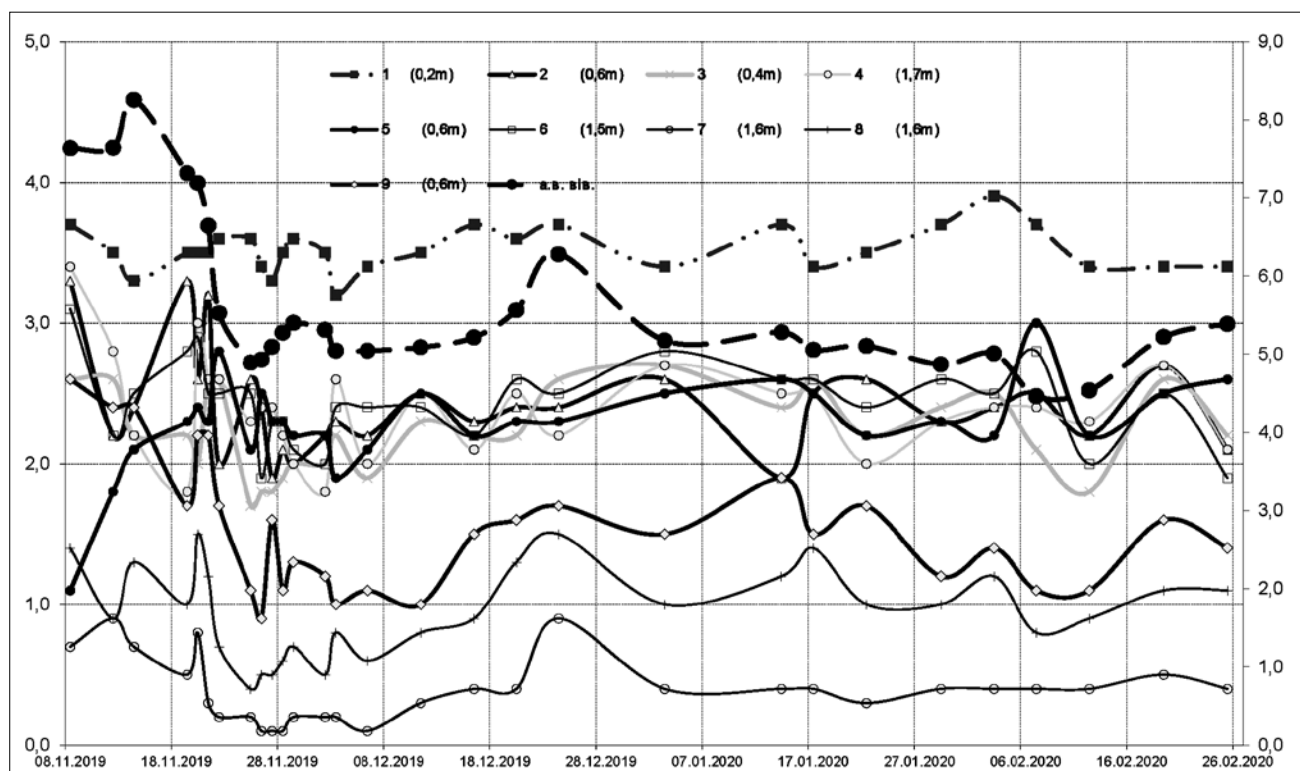


Рис. 5. Графіки коливань вагової вологості цегли та абсолютної вологості повітря в інтер'єрі церкви (у % по правій шкалі), листопад 2019 – лютий 2020

штукатурних розчинів коливаються у межах 1–3 %, деякі показники досягають 5 %, що вкладається в класифікацію «суха стіна» за [7];

- будь-яких суттєвих коливань показників вологості за такий короткий проміжок часу не зафіксовано. Незначні збільшення показників вологості у деяких точках корелюються зі збільшенням вмісту абсолютної вологи у повітряному просторі (з відставанням у 5–7 днів). Найвищі показники зафіксовані по одній єдиній точці на висоті 0,1 м від підлоги на північній стіні північного нартексу (створ І–І, рис. 4) – до 5,4 %, показник не катастрофічний, однак майже постійне абсолютне значення вологості протягом усього періоду спостережень вказує на наявність іншого джерела зволоження (можливе капілярне підняття вологи з мурування фундаментів);

- відмінним за складом вапняно-піщаним штукатуркам (мається на увазі, що до складу сумішей входять різні за хімічним та мінералогічним складом компоненти) притаманні різні природні вологості за одних і тих же зовнішніх умов (відносній вологості повітря тощо).

За результатами вимірювання вологості цегли можна зробити наступні висновки:

- вологість цегли у всіх точках замірів не перевищує 4 %, що не виходить за межі поняття «суха стіна» за [7]; найвища вологість на рівні 3,9 % притаманна цеглі у північній стіні північного нартексу (точка 1);

- зафіксовано розподіл вологості по висоті замірів, а саме її зниження з висотою: найбільші значення зафіксовані у найнижчих точках, з висотою показники

зменшуються (рис. 5), що опосередковано вказує на капілярне підняття вологи з мурування фундаментів та їх ґрунтової основи;

- по декількох точках замірів зафіксована кореляція між показниками вологості цегли та показниками абсолютної вологості повітря, що вказує на вплив мікрокліматичних умов на вміст вологи у конструкціях.

За результатами вимірювання вологості штукатурного шару з зовнішньої сторони (північно-західний кут північного нартексу) можна зробити наступні висновки:

- по всіх точках замірів зафіксована кореляція між показниками вологості штукатурки та показниками абсолютної вологості атмосферного повітря, що вказує на вплив кліматичних умов на вміст вологи у будівельних розчинах;

- періодичні високі показники вологості по точці 0,1 кут (рис. 6) вказують на наявність вірогідного джерела зволоження (наприклад, зосереджене потрапляння поверхневого стоку та перезволоження глиняного замка. Слід відзначити, що в інтер'єрах саме північно-західний кут північного нартексу на сьогодні має сліди замочання на висоті близько 1,5–3,0 м від підлоги. Однак, на нашу думку, процеси перезволоження зовнішнього нижнього кута нартексу та внутрішньої стіни не пов'язані між собою).

Спостереження за температурно-вологісним режимом повітря. Інструментальні вимірювання температури, відносної та абсолютної вологості повітря зовні та всередині церкви запроваджене нами з вересня 2015 р. Заміри виконуються аспіраційним психрометром МВ-4М.

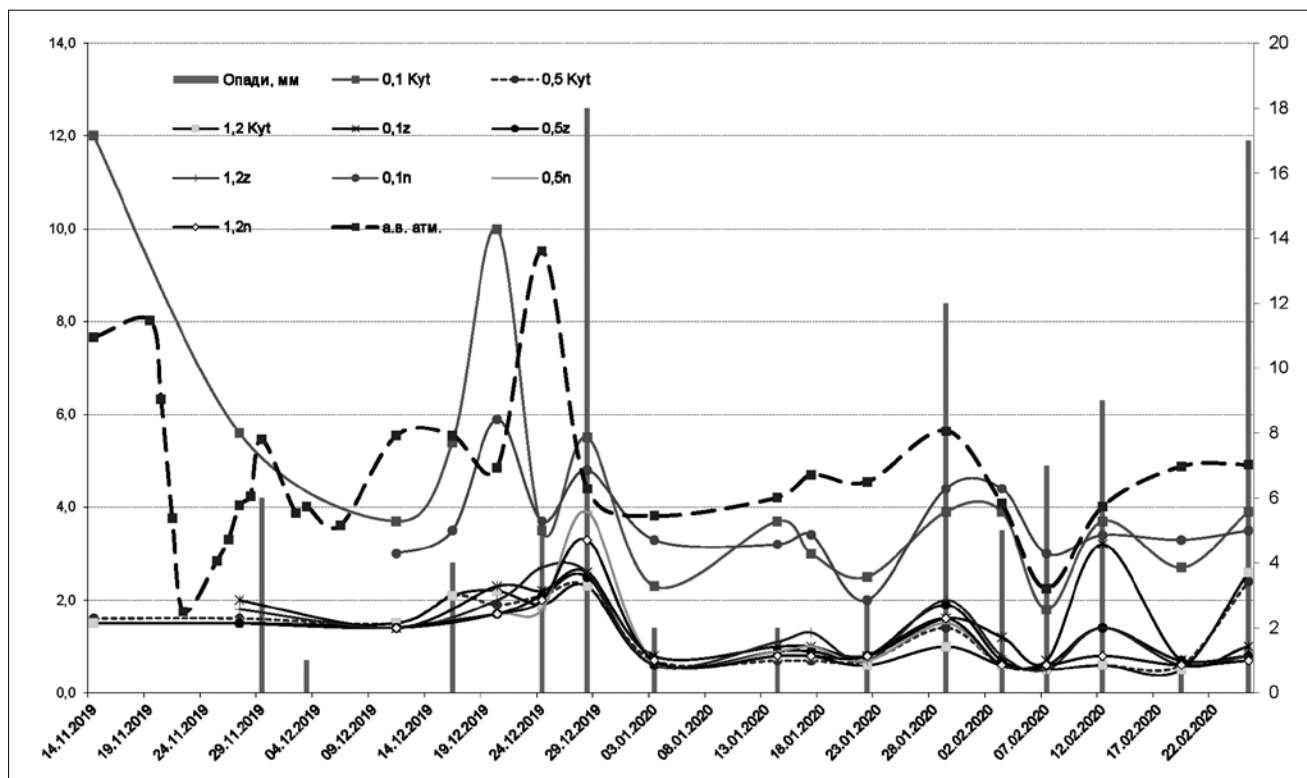


Рис. 6. Графіки коливань вагової вологості штукатурного шару на північному фасаді нартексу (0,1; 0,5 та 1,2 – висота заміру в м від денної поверхні), абсолютної вологості атмосферного повітря та кількості опадів (у мм по правій шкалі), листопад 2019 – лютий 2020

За результатами спостережень відмічено кореляцію температури повітря в інтер'єрі церкви з температурою атмосферного повітря. Дзвіниця та притвор виконують роль буферної зони. У суворі зими з температурою нижче -10°C в інтер'єрах відмічалися мінусові температури, що є несприятливими для стану збереження живопису. У дзвіниці та притворі мінусові температури досягали -5°C . Влітку температура досягає значень $+25-26^{\circ}\text{C}$, що є високим для приміщень, доступ в які відвідувачам закрито. Амплітуда коливань у екстер'єрах становить близько 30°C , що є шкідливим для збереженості монументального живопису.

Відносна вологість повітря у приміщеннях церкви залежить від відносної вологості атмосферного повітря та випаровування зайвої вологи з будівельних конструкцій – у теплі періоди становить 35–55 %, у холодні – досягає 95 %. Відмічено надзвичайно високу амплітуду коливань між максимальними та мінімальними показниками вологості, які досягають 45–55 %. Найменша амплітуда коливань зафіксована у «глухих» (без вікон) приміщеннях, найбільша – у наближених до входу.

Залежності між відносною та абсолютною вологістю зовнішнього повітря та повітря в інтер'єрі не зафіксовано. Відмічено високу амплітуду коливань між максимальними та мінімальними показниками абсолютної вологості. Також відмічено збільшення розбіжності між показниками у різних точках замірів від початку робіт із реставрації в результаті впливу людського фактору.

Загалом, температурно-вологісний режим у церкві Спаса на Берестові є несприятливим для збереження монументального живопису і потребує примусового коригування (припливно-витяжна вентиляція з підігрівом/осушенням повітря).

Висновки:

1. Загальний стан монументального живопису інтер'єру церкви Спаса на Берестові незадовільний, в окремих місцях – аварійний. На стан збереження розписів негативно впливають різкі коливання температурно-вологісного режиму, ріст солей у результаті «висушувальних» властивостей Solumi-K-2000 та подальша фізична деструкція живописних шарів, загальне пилове забруднення поверхні живопису [11, с. 116].

2. Дослідження вологості будівельних матеріалів (цегла, розчини) та залежності показників вологості матеріалів від впливу на них зовнішніх кліматичних та мікрокліматичних умов не дає чіткої відповіді на питання, що ж є головним чинником впливу – прямої кореляції між значеннями вологості матеріалів та абсолютної вологості повітря (як зовні, так і в інтер'єрах пам'ятки) загалом не зафіксовано (в силу об'єктивних причин перші три роки вимірювання проводились дуже рідко). Абсолютні значення показників вагової вологості будівельних матеріалів коливаються в межах 1–4 %, що є оптимальним для збереження та нормальної експлуатації пам'ятки.

3. Стосовно використання приладу Solumi-K-2000

протягом майже 4 років – обцяного ефекту «осушення» цегляного мурування фундаментів та нижньої частини стін спостереженнями не зафіксовано. Беручи до уваги той факт, що «видавлюючі» властивості приладу діють лише на межі умовної нульової відмітки (підлога?) і нижче, апіорі повинна була б знижуватися вологість у точках, розташованих на висоті 0,1–0,2 м від підлоги. Наразі саме на цій висоті фіксуються найвищі показники вологості як у штукатурному шарі, так і у цеглі. Окрім того, під час роботи приладу неодноразово фіксувалось збільшення показників вологості матеріалів, і фіксувалось утворення солей на кромці санувальної штукатурки (що начебто і свідчить про «видавлювання» вологи з мурування та осушення, однак замірами вологості це не підтверджено). Також зафіксоване зниження показників вологості матеріалів у період відключення приладу під час реставраційних робіт (серпень 2018 – листопад 2019 рр.).

4. Виходячи з вищенаведеного, для збереження живопису у церкві Спаса на Берестові рекомендовано впровадити примусове коригування показників температурно-вологісного режиму (припливно-витяжна вентиляція з підігрівом/осушенням повітря), провести комплексні консерваційно-реставраційні заходи.

ДЖЕРЕЛА

1. Пам'ятка архітектури XI–XIX ст. «Церква Спаса на Берестові (охоронний № 2). Проект консерваційно-реставраційних робіт / ДНТЦ Конрест. Київ : 2003.
2. Черевко І.А., Котляренко І.В. Комплексні дослідження церкви Спаса на Берестові з метою визначення чинників впливу на стан її збереження. Архітектурний вісник КНУБА: Наук. вироб. зб. Київ : КНУБА, 2016. Вип. 12. С. 293–304.
3. Черевко І.А. Розвиток екогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври та їх вплив на стан пам'яток. *Сіверщина в історії України*: Зб. наук. пр. Київ : Глухів, 2018. Вип. 11. С. 31–36.
4. Ситников А.Б. Динамика вологи і солей в почвогрунтах зони аерації. Київ : Наук. думка, 1986. 151 с.
5. Ситников А.Б., Головченко Ю.Г., Ткаченко К.Д. Гидрогеологическая станция «Феопания», закономерности влагопереноса в зоне аерации. Препринт ИГН АН УССР 95–1. Київ : 1995. 48 с.
6. Рыбин В.Ф., Скальский А.С., Куцыба В.А., Черный Г.И. и др. Комплексные исследования с целью охраны Ближних пещер. Препринт ИГН АН УССР 91–8. Киев : 1991. 53 с.
7. Белановская Е.В. Материаловедческие основы реставрации каменных памятников архитектуры Вологодской области (район Волго-Балтийской системы): автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: 05.23.05. ГОУ ВПО «Череповецкий государственный университет». Санкт-Петербург, 2010.
8. СНиП 3.04.01-87. Изоляционные и отделочные покрытия. Москва : Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998.
9. Караулов Е.В. Каменные конструкции, их развитие и сохранение. Москва, 1966. 239 с.
10. Ройтман А.Г. Деформации и повреждение зданий. Москва : Стройиздат, 1987. 158 с.
11. Иванова А. Причины разрушения настенной живописи. 1(31). Москва : ГосНИИР, 1975. 116 с.

Cherevko, I.A., Zaitseva, V.O., Litvinchuk D.V. Research construction materials moisture of the Church of the Savior on Berestov in order to determine the deteriorating factors of the state of monumental painting and develop measures to preserve it

One of the main factors in the deterioration of the state of the monumental painting of the Church of the Savior on Berestov, which is manifested in the local collapse of the plaster base, the loss and peeling of the paint layer, the formation of salt deposits, etc., is the wetting of its plaster base. Today it is important to determine the main factors influencing the state of painting, to develop a program for its restoration. In

September 2015, the Solumi-K-2000 electro-magnetic device was installed to dry the walls in the interior of the church, which should prevent the capillary rise of moisture up the wall. As a result of instrumental studies of the microclimatic conditions and moisture of building materials (plaster mortars and bricks), started in 2015, possible factors leading to wetting (disturbance of temperature and humidity regime, capillary suction) were identified, recommendations were given for development of measures for conservation. It should be noted that the study of building materials moisture and the dependence of humidity indices of materials on the influence of external climatic and microclimatic conditions does not give a clear answer to the question, what is the main factor of influence - a direct correlation between the values of materials moisture and the absolute humidity (as outside so and in the interiors of the monument) is generally not recorded. The absolute values of the weight moisture of building materials range from 1-4 %, which is acceptable for the preservation and normal operation of the site. In order to preserve the painting, it is recommended to introduce a forced correction of the indicators of temperature and humidity regime (inflow and exhaust ventilation with heating / dehumidification), to carry out complex conservation and restoration measures.

Key words: Church of the Savior on Berestov, monumental painting, instrumental measurements, moisture of construction materials, temperature and humidity regime, preservation.

REFERENCES

1. Pam'iatka arkhitektury XI-XIX st. «Tserkva Spasa na Berestovi (okhoronnyj №2). Proekt konservatsijnno-restavratsijnnykh robıt (2003). [Monument of XI-XIX c. "Church of the Savior on Berestov". The project of conservation and restoration works]. State Scientific and Technological Center for the Conservation and Restoration of the Sights "Konrest". [in Ukrainian].
2. Cherevko, I.A. & Kotliarenko, I.V. (2016) Kompleksni doslidzhennia tserkvy Spasa na Berestovi z metoiu vyznachennia chynnykviv vplyvu na stan ii zberezhennia [Comprehensive studies of the Church of the Savior on Berestov in order to determine the factors influencing its conservation status] *Arkhitekturnyj visnyk*, (12), pp. 293-304. Kyiv: KNUCA. [in Ukrainian].
3. Cherevko, I.A. (2018) Rozvytok ekzohennykh heolohichnykh protsesiv na terytorii Kyievo-Pechers'koi lavry ta ikh vplyv na stan pam'iatok [Development of exogenous geological processes on the territory of the Kyiv-Pechersk Lavra and their influence on the state of the monuments] *Sivertschna v istorii Ukrainy*, (11), pp. 31-36. Kyiv: Hlukhiv. [in Ukrainian].
4. Sytnykov, A.B. (1986). *Dynamyka vlahy u soley v pochvohruntakh zony aeratsyy* [The dynamics of moisture and salts in the soil of the aeration zone]. Kyiv: Nauk. dumka. [in Russian].
5. Sytnykov, A.B. & Holovchenko, Y.H., Tkachenko, K.D. (1995). *Hydroheolohycheskaia stantsiia «Feofania», zakonovernosti vlahoperenosa v zone aeratsyy* [Hydrogeological station "Feofania", patterns of moisture transfer in the aeration zone]. *Preprynt YHN AN USSR 95-1*. Kyiv. [in Russian].
6. Rybyn, V.F. & Skal'skyj, A.S., Kutsyba, V.A., Chernyj, H.Y. (1991). *Kompleksnye yssledovaniia s tsel'iu okhrany Blyzhnykh pescher* [Comprehensive research to protect Nearby Caves] *Preprynt YHN AN USSR 91-8*. Kyiv. [in Russian].
7. Belanovskaia, E.V. (2010). *Materialovedcheskye osnovy restavratsyy kamennykh pamiatnykov arkhitektury Volohodskoj oblasti (rajon Volho-Baltyjskoj systemy)* [Material science fundamentals of restoration of stone monuments of architecture of the Vologda Oblast (area of the Volga-Baltic system)] *Extended abstract of candidate's thesis*. Saint Petersburg. Cherepovets State University. [in Russian].
8. SNyP 3.04.01-87. *Yzoliatsyonnye y otdelochnye pokrytiia* (1998). [Insulating and finishing coatings]. Moscow. Hosstroj Rossyy, HUP TsPP. [in Russian].
9. Karaulov, E.V. (1966). *Kamennye konstruksyy, ykh razvytie y sokhraneniye*. [Stone structures, their development and conservation]. Moscow. [in Russian].
10. Rojtmán, A.H. (1987). *Deformatsyy y povrezhdeniia zdaniy* [Deformation and damage to buildings]. Moscow. Strojizdat. [in Russian].
11. Ivanova, A. (1975). *Prychyny razrusheniia nastennoj zhyvopysy* [The reasons for the destruction of wall painting], 1(31). Moscow. HosNYR. [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 26.02.2020 р.
Рекомендована до друку 10.03.2020 р.

