

УДК doi: 10.31650/2519-4208-2020-20-96-115

**БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬ  
ЗАМКУ КОРОЛЯ ДАНИЛА РОМАНОВИЧА В ХОЛМІ**

**Газда Л.**, ад'юнкт, PhD, кафедра геотехніки, Люблінська політехніка  
*e-mail: l.gazda@pollub.pl; ORCID: 0000-0003-0821-4348*

**Бевз М.**, професор, д. арх., кафедра дизайну архітектурного середовища, ОДАБА,  
кафедра консервації пам'яток, Люблінська політехніка  
*e-mail: bevmist@polynet.lviv.ua; ORCID: 0000-0003-1513-7045*

**Анотація:** Замок короля Данила у Холмі (сьогодні місто Chełm у Польщі) зберігся до нашого часу лише у формі археологічних залишків фундаментів та стін. Археологічні дослідження проводяться у Холмі спеціалістами Інституту археології та етнології Польської Академії наук, починаючи від 2010 року. Місце замку знаходиться у центрі міста на так званій Високій Гірці – Wysoka Góra. Результати археологічних досліджень дають унікальну можливість зорієнтуватися у характері архітектури та матеріальної культури двору Данила Романовича середини та другої половини XIII століття. Здобуті археологічні матеріали також дають можливість ідентифікувати тогочасні будівлі з позиції використаних матеріалів та застосованих будівельних технологій. Частину з них піддано лабораторним дослідженням. Основним будівельним матеріалом у замку виступав натуральний камінь. Проте знайдено також вироби з штучного каменю. Саме вироби зі штучного каменю стали предметом дослідження даної статті.

Виконано рентгено-фазові дослідження цих матеріалів за допомогою електронного мікроскопа SEM та рентгенівської дифракції. Хімічний мікрорівневий аналіз також проводився за допомогою електронного мікроскопа SEM з прибудовою EDS. Випробування показали, що ці матеріали були отримані іншими технологічними операціями, ніж продукція кераміки. Вони більше подібні та аналогічні до штучних каменів, які виготовляються в даний час як силікатні матеріали. Отримання цих штучних будівельних матеріалів, без сумніву, розширювало діапазон можливостей архітектурних вирішень об'єктів резиденції. Перше зіставлення результатів аналізу дозволяє припустити правдивість літописних згадок про застосування у Холмі зеленого та білого каменів. Місцевий зелений камінь (глауконіт) не було жодної проблеми добути та застосувати у будівництві. Натомість покладів білого каменю доброї якості в околицях Холма немає (крім крейди, яка не годиться для будівництва). Отже його мусили продукувати як камінь штучний. Застосування зеленого та білого каменів у будівлях замку короля Данила дає можливість висунути ще одну гіпотезу. Можливо ідейно-образні схеми оригінальних холмських будівель реалізувалися тут під впливом стилістики італійської тосканської школи XII-XIV століть, де співставлення зеленої та білої барви на фасадах сакральних будівель було елементом ідейним та архітектурно-стильовим.

Публікація підготована в рамках проекту «Північна частина княжого резиденційного комплексу в Холмі» («Północna część książęcego zespołu rezydencjonalnego w Chełmie») за номером 2014/13/B/HS3/04930, що фінансується польським Національним центром науки та реалізується через Інститут археології та етнології Польської Академії наук у Варшаві під керівництвом проф. А. Буко.

**Ключові слова:** крейда, алхімія, штучний камінь, місто Холм, XIII ст.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ЗДАНИЙ ЗАМКА КОРОЛЯ ДАНИЛА РОМАНОВИЧА В ХОЛМЕ**

Газда Л., ад'юнкт, PhD, кафедра геотехники, Люблинская политехника  
*e-mail: l.gazda@pollub.pl; ORCID: 0000-0003-0821-4348*

Бевз Н., профессор, д. арх., кафедра дизайна архитектурной среды, ОГАСА,  
кафедра консервации памятников, Люблинская политехника,  
*bevzmist@polynet.lviv.ua, ORCID: 0000-0003-1513-7045*

**Аннотация:** Замок короля Данила в Холме (сегодня город Chełm в Польше) сохранился до нашего времени только в форме археологических остатков фундаментов и стен. Археологические исследования проводятся в Холме специалистами Института археологии и этнологии Польской Академии наук, начиная с 2010 года. Место замка находится в центре города на так называемой Высокой Горке – Wysoka Górka. Результаты археологических исследований дают уникальную возможность сориентироваться в характере архитектуры и материальной культуры двора Данила Романовича середины и второй половины XIII века. Полученные археологические материалы также дают возможность идентифицировать здания того периода с позиции использованных материалов и примененных строительных технологий. Часть из них подвергнута лабораторным исследованиям. Основным строительным материалом в замке выступал натуральный камень. Однако также найдены изделия из искусственного камня. Именно изделия из искусственного камня стали предметом исследования данной статьи.

Выполнены рентгено-фазовые исследования этих материалов с помощью электронного микроскопа SEM и рентгеновской дифракции. Химический микроуровневый анализ также проводился с помощью электронного микроскопа SEM с пристройкой EDS. Испытания показали, что эти материалы были получены другими технологическими операциями, чем продукция керамики. Они больше похожи и аналогичны искусственным камням, которые изготавливаются в настоящее время как силикатные материалы. Получение этих искусственных строительных материалов, несомненно, расширяло диапазон возможностей архитектурных решений объектов резиденции. Первое сопоставление результатов анализа позволяет предполагать правдивость летописных упоминаний о применении в Холме зеленого и белого камней. Местный зеленый камень (глауконитит) не было никакой проблемы добыть и применить в строительстве. Зато залежей белого камня хорошего качества в окрестностях Холма нет (кроме мела, который не годится для строительства). Так что его должны были производить как камень искусственный. Применение зеленого и белого камней в зданиях замка короля Данила дает возможность выдвинуть еще одну гипотезу. Возможно, идейно-образные схемы оригинальных холмских зданий реализовывались здесь под влиянием стилистики итальянской тосканской школы XII-XIV веков, где сопоставление зеленой и белой краски на фасадах сакральных зданий было элементом идейным и архитектурно-стилевым.

Публикация подготовлена в рамках проекта «Північна частина княжого резиденційного комплексу в Холмі» («Północna część książęcego zespołu rezydencjonalnego w Chełmie») номер 2014/13/B/HS3/04930, который финансируется Польским национальным центром науки и реализуется через Институт археологии и этнологии Польской Академии наук в Варшаве под руководством проф. А. Буко.

**Ключевые слова:** мел, алхимия, искусственный камень, город Холм, XIII век.

**BUILD MATERIALS AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE BUILDINGS OF THE KING DANYLO ROMANOVYCH'S CASTLE IN THE CITY OF CHOLM**

**Gazda L.**, adjunct, PhD, Department of Geotechnics, Lyublinska Politechnika  
*e-mail: l.gazda@pollub.pl, ORCID: 0000-0003-0821-4348*

**Bevz M.**, professor, Doctor of Architecture, Department of Design of Architectural Center, ODABA, Department of Conservation of Memories, Lyublinska Politechnika  
*e-mail: bevzmist@polynet.lviv.ua, ORCID: 0000-0003-1513-7045*

**Abstract:** The castle of King Daniel (Danylo - in Ukrainian) in the Cholm (today the city of Chełm in Poland) has survived to this day only in the form of archaeological remains of foundations and walls. A significant archaeological layer is formed here as a result of the decline and gradual degradation of the complex. He retained a large amount of construction substance, architectural details, artifacts of the real-life of medieval times. Of particular importance to us are archaeological materials that reveal the construction and architectural features of King Daniel's residences. These materials are unique because, unfortunately, we do not have any other monuments that would show the King's construction activity. The complexes of the High and Low castles in the city of Lviv were wholly dismantled in the 19th century. In other towns laid down by King Daniel - in Kremenets, Danyliv, Dorohychyn, Kamianets, Bakota, Kalmius, studies from objective reasons are difficult or impossible. Archeological studies have been carried out in the Cholm by specialists of the Institute of Archeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences since 2010. The castle site is centrally located on the so-called High Hill - Wysoka Górka. The results of archaeological research give a unique opportunity to navigate the nature of the architecture and material culture of the court of Danylo Romanovych in the mid and second half of the 13th century. The obtained archaeological results are significant for modeling the architecture of the residence. Also, results allow identifying the buildings from the materials and construction technologies used.

Materials obtained during archaeological excavations on Wysoka Górka in Cholm in the area of Daniel Romanovych's 13th century residential-sacral complex have been subject to examination. They come in the forms of bricks and glazed tiles, as well as sizeable shapeless and purposeless accumulations indicating post-manufacturing remains. The materials are white, green and multi-coloured. They refer to Halytsian alabasters and green glauconite from Cholm which were originally used there (before the fire of 1256) – the fact mentioned in the Halych–Volhynia Chronicle. The white materials examination was performed. They were diagnosed by means of a SEM microscope and x-ray diffraction. Furthermore, a micro area chemical analysis was conducted by means of SEM microscope with EDS module. The conducted examination indicated that the materials in question were manufactured using other than ceramic technologies, but similar to the ones used to produce silicate materials nowadays. As raw materials chalk and biogenic silica obtained from horsetail were used. The petrification procedure was conducted in hydrothermal conditions. As a result of this alchemical experiment, a material structurally similar to marble or massive limestone was obtained. The successful production of the materials translated into the possibility of the implementation of the ideological assumptions of the structures constructed under the explicit influence of the style of the 12-14 century Tuscan School.

This publication prepared in the framework of the project "Northern part of the princely residential complex in the Chelm" ("Północna część książęcego zespołu rezydencjonalnego w Chełmie") under the number 2014/13 / B / HS3 / 04930, funded by the National Science and Research Center and realized by the Institute of Archeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences in Warsaw under the promotion of prof. A.Buko.

**Key words:** chalk, alchemy, artificial stone, city of Cholm (Chełm), 13th century.

### Вступ. Постановка проблеми.

Замок короля Данила у Холмі (сьогодні місто Chełm у Польщі) зберігся до нашого часу лише у формі археологічних залишків фундаментів та стін. Значний археологічний шар, утворений внаслідок занепаду та поступової деградації комплексу, розпочали систематично досліджувати від 2010 року. На місці замку в археологічному виді збережено велику кількість будівельної субстанції, архітектурних деталей, артефактів матеріального життя середньовічного часу. Для нас особливо важливі археологічні матеріали, які розкривають будівельні та архітектурні особливості об'єктів резиденції короля Данила. Ці матеріали унікальні, тому що інших пам'яток, які би розкривали будівельну діяльність короля, на жаль, не маємо. Комплекси Високого та Низького замків у місті Львові було повністю розібрано у ХІХ ст. В інших містах? закладених королем Данилом? – у Кременці, Данилові, Дорогичині, Бакоті, Кальміусі дослідження з об'єктивних причин утруднені або й неможливі.

Будівництво Данилом Романовичем (1201-1264) своєї столиці у місті Холмі у 1230-ті роки, ймовірно, було реалізоване на т.зв. «новому корені» (на неосвоєному місці), під час бурхливих політичних та військових потрясінь Європи, що відбулися в першій половині ХІІІ століття. Захоплення Константинополя хрестоносцями під час Четвертого хрестового походу наблизило Галицько-Володимирське князівство до впливів латинської культури практично з усіх боків (рис. 1).



Рис. 1. Карта держави, до створення якої причетний Данило Романович (у проміжку 1245-1349 pp.) [19]



В архітектурі це був час повністю зрілого романізму і переходу до технічних і технологічних рішень у бік готики. Використання білого та зеленого каменю в архітектурному оздобленні храму Івана (Іоанна) Златоустого у межах Холмського Акрополя не було випадковим. Представляємо нижче фрагмент тексту з Галицько-Волинського літопису, що описує храм св. Іоанна (переклад за Л. Махновцем): «...Звів також [Данило Романович] церкву Святого Іоанна [Златоустого], красну і гожу. І споруда її була така: склепінь чотири; з кожного кута – склепіння, і стояли вони на чотирьох головах людських, вирізьблених одним умільцем; трое вікон прикрашені були римським склом [вітражем]; при вході до вітваря стояли два стовпи з цілого каменю, і на них – склепіння; а верх же вгорі прикрашений [був] зорями золотими на лазурі; внутрішній же поміст її був вилитий з міді і з чистого олова, так що блищав він, як дзеркало. Дверей же її двоє [були] прикрашені каменем тесаним – *галицьким білим і зеленим холмським*; різьблені одним умільцем Авдієм; горорізьби [їх були] всяких барв і золоті, – спереду ж їх [на західних дверях] був зроблений Спас, а на північних – святий Іоанн [Златоустий], так що всі, хто дивився [на них], дивувалися...» [4, с. 101-102].

Опис у літописі свідчить, що архітектурне та конструктивне рішення будівлі храму Св. Іоанна Златоустого було зроблено на найвищому для свого часу технічному та художньому рівні. Використання вітражів, кам'яної скульптури (голови на тесаних колонах з цілого каменю), поліхромії з позолотою, тесаного зеленого холмського та білого каменю з Галича в оздобленні дверних порталів, виготовлення оздоблення у всіх кольорах та у золоті, створення неповторної підлоги з плиток (?) виготовлених з міді та олова – всі ці факти показують, що тут маємо справу з архітектурною та художньою діяльністю, спрямованою на отримання ідейного результату.

Оскільки архітектурні об'єкти з XIII століття у місті Холмі не збереглися до нашого часу, їх археологічні дослідження розпочалися фактично від 2010 року. Об'єктами досліджень виступають поки що лише два місця – територія замку-резиденції Данила Романовича та місце катедральної церкви Пресвятої Богородиці. Ці об'єкти мають статус пам'яток археології і досліджуються посезонно експедицією Інституту археології та етнології Польської Академії наук за посильною участю українських вчених. Матеріали досліджень знайшли відображення у статтях учасників експедиції – А. Буко, С. Голуба, Т. Дзеньковського, Д. Домбровського, Л. Газди, Т. Родзінської-Хорунжи, М. Бевза, Ю. Лукомського, В. Петрика та інших авторів [1; 2; 10-15]. Публікації ці в загальних рисах висвітлювали об'єкти та матеріали археологічних розвідок. Перші результати археологічно-архітектурних досліджень залишків церкви Богородиці були опубліковані у 2018 році в колективній монографії польською мовою [21].

Здобуті археологічні матеріали становлять великий інтерес для побудови гіпотез про архітектуру резиденції. Ці результати також дають можливість ідентифікувати тогочасні будівлі з позиції використаних матеріалів та застосованих будівельних технологій. Взірці будівельних матеріалів з XIII ст., отримані під час археологічних досліджень замку короля Данила у місті Холмі, були ретельно систематизовані. Частину з них піддано лабораторним дослідженням. Ці будівельні матеріали були застосовані при будівництві житлових, оборонних та сакральних будівель резиденції Данила Романовича. Основним будівельним матеріалом у замку виступав натуральний камінь. Проте знайдено також вироби зі штучного каменю. Він зустрічається у вигляді цегли, глазурованої плитки та великих об'ємних скупчень без конкретної форми та призначення, що вказує на виробничі залишки його продукування. Ці штучні матеріали мають різний склад та забарвлення – білі, зелені, червоні та різнобарвні. Їх продукцію та застосування слід пов'язувати з первісно застосованими тут натуральними кам'яними матеріалами, що їх згадано у Галицько-волинському літописі, – білим галицьким алебастром та зеленим холмським глауконітом. Застосовували їх у першій фазі будівництва замкового комплексу – до пожежі 1256 р.

*Мета статті.* У статті автори висвітлюють результати аналізів будівельних матеріалів з натурального та штучного каменю, які застосовувалися при зведенні будівель замку короля Данила. Особлива увага приділена висвітленню технології продукції штучного каменю методом петрифікації сирцевої крейди. Результати досліджень обґрунтовуються матеріалами лабораторних аналізів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Можливо, що сам вибір розташування замку в місці, де зелений камінь глауконіт<sup>1</sup> зустрічається з білою крейдою, був стимулом для реалізації програми будівництва столярного міста. Зелено-білі кольори були священними та застосовувалися у королівських та репрезентативних будівлях раннього візантійського християнства, в імперії Карла Великого та, нарешті, у найбільш архітектурно досконалих романських соборах. Особливу довершеність мають святині, створені у колі тосканської романської школи, що сформувалася у другій половині XII століття (Піза, Пістоя, Прато, Ареццо, Флоренція та ін.) [20]. У цьому контексті слід звернути увагу на будівельні ініціативи та напрямок містобудівельної діяльності короля Данила Романовича, який створює ряд нових замків та міст, будує нове столичне місто (дія не має аналогій у східноєвропейській історії XIII століття) [3, с. 32]). Тільки у столичному Холмі за дуже короткий проміжок часу Данило будує чотири нові храми у та відновлює їх після руйнівної пожежі 1256 року.

Дуже важливими є професійні та ремісничі питання будівництва столярного Холма, згадані в літописі. Їх можна вважати вагомими чинниками, що спричинили бурхливий розвиток нової столиці та високий технологічний рівень будівельної справи в Холмі. Про події 1237 року у літописі зазначено: «...Коли ж побачив се князь Данило, що бог сприяє місцю тому, став він прикликати приходнів — німців і русів, іноплеменників і ляхів. Ішли вони день у день. І юнаки, і майстри всякі утікали [сюди] од татар — сидельники, і лучники, і сагайдачники, і ковалі заліза, і міді, і срібла. І настало пожвавлення, і наповнили вони дворами навколо города поле і села» [4, с. 101].

Напевно, у місті створилася атмосфера здорової ремісничої конкуренції, а реальні потреби швидкого та якісного будівництва фортифікацій, святинь, інших міських об'єктів сприяли створенню умов для технологічних експериментів та пошуків [1, с. 145]. Аргументи на підтвердження таких пошуків можемо знайти у результатах аналізів зразків будівельних матеріалів з XIII ст. з Холма. Зокрема на це вказують висновки хімічних та петрографічних досліджень заправ, які використовувались при будівництві ще однієї будівлі короля Данила в Холмі – соборного храму Богородиці [5, с. 196-206].

Єдиною святинею, архітектурне вирішення якої детально описано у літописі, є храм Св. Івана Златоустого. Відомо також, що збудували цей храм безпосередньо як внутрішній об'єкт замку-резиденції. Витяги з рядків літопису про архітектуру та конструкційну схему цієї будівлі дуже конкретні: «...церква красна і гожа: склепінь чотири; троє вікон прикрашені склом римським; два стовпи з цілого каменю; верх прикрашений зорями золотими на лазурі; дверей двоє прикрашені різьбленим каменем; горорізьби всяких барв і золоті; на західних дверях рельєф Спаса, на північних — святого Іоанна» [4, с. 102]. Опис вказує на досконалу архітектуру та багатий мистецький вистрій святині, в якому

---

<sup>1</sup> Глауконіт – камінь на основі мінералу глауконіту (*англ. glauconite, celadongreen*) – мінерал, класу силікатів групи гідрослюд, до складу якого входять кремній, алюміній, калій, залізо та ін., належить до групи слюд. Стара українська назва – зеленка. В Україні зустрічається на Поділлі та на Волині [6, с. 74].

поєднувалися художня різьба в камені з поліхромією та золоченням кам'яних, тинькованих та дерев'яних деталей.

Логічно припускати, що цей храм міг бути створений в результаті поєднання будівельного, технологічного та мистецького досвіду фахівців з Русі, Польщі, Німеччини та інших частин Європи. Наявність окремих дуже специфічних архітектурних вирішень та поєднувалися художня різьба в камені з поліхромією та золоченням кам'яних, тинькованих та дерев'яних деталей.

Логічно припустити, що цей храм міг бути створений в результаті поєднання будівельного, технологічного та мистецького досвіду фахівців з Русі, Польщі, Німеччини та інших частин Європи. Наявність окремих дуже специфічних архітектурних вирішень та елементів вказує, що будівля мала риси романської стилістики. На цю думку скеровує застосування – вітражів (римське скло), рельєфів (горорізьб) поліхромованих (всяких барв), колон з капітелями у формі людських голів, різьблених дверних порталів з зеленого та білого каменів, елементами яких були різьблені зображення Спаса та Св. Іоанна.



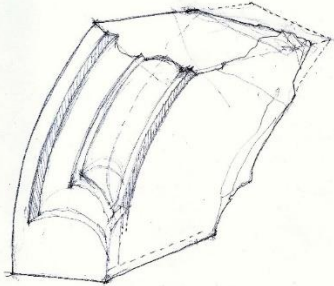
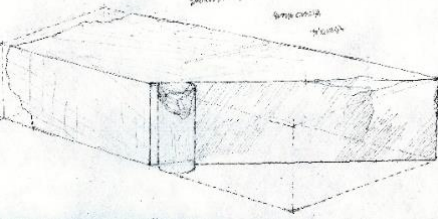
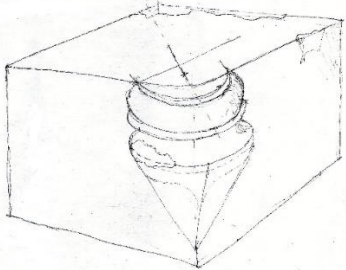
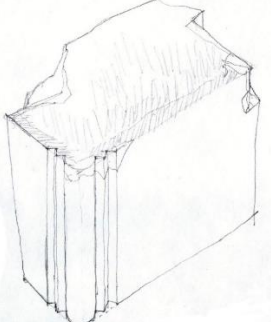
Рис. 2. Плато замкової гори у місті Холмі – місце, де стояв замок короля Данила Романовича у XIII с. Копець у центрі насипаний у XX ст. Позаду замкової гори верхи катедральної святині Різдва Богородиці, зведеної у XVIII ст. на місці старішого храму з часів Данила. Фото М. Бевз, 2016.

Архітектурне оздоблення, що поєднувало зелений колір холмського глауконітиту та білизну галицького алебастру, наближало Холм до відомих зразків візантійського та романського будівництва в Європі. Вважаємо, що ці об'єкти були відомі Данилу з прямих та непрямих контактів [10]. Однак використані у Холмі для реалізації архітектурного та будівельного комплексу природні матеріали, за нашим припущенням, виявилися нетривкими та малоприсадибними для експлуатації, як це показали результати першого періоду існування замку. Доставка білого каменю з Галича було трудомісткою, затратною та дорогою справою. У випадку з холмським глауконітитом експлуатаційні його характеристики виявилися нетривкими. Він також не витримав випробувань часом. Алебастр виявився нестійким до високих температур від вогню, який поглинув акрополь у 1256 році. Так само глауконітит виявився нестійким до атмосферних факторів і також не витримував впливу високих температур та вогню. Отож значною проблемою у повторному

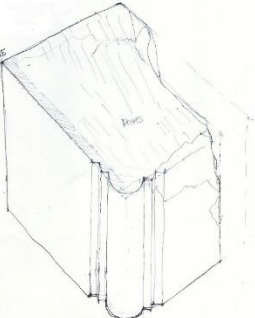
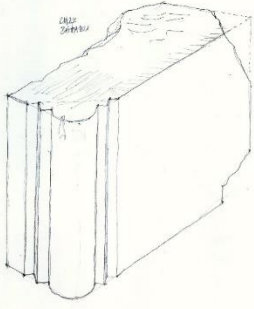
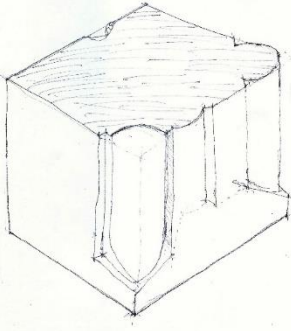
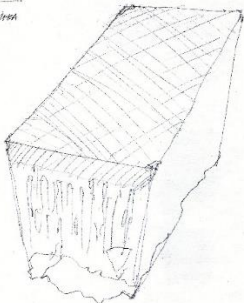
відтворенні будівель замку при старанні зберегти ідейно-образну програму цих будівель під час їх реконструкції була значна віддаленість Холма від джерел розвіданих кам'яних будівельних матеріалів. А саме в камені існувала найбільша потреба, оскільки камінь найчастіше використовувався в романських будівлях, що підтверджують збережені донині пам'ятки Тосканії чи ближчі об'єкти у Словаччині та Польщі. Якщо, наприклад, білий і зелений мармур та зелений серпентиніт у Тосканії були під рукою, то в Холмі ситуація була складнішою. І хоча в розпорядженні інвесторів ще могли бути місцеві зелені глауконітові поклади, основна проблема була з білим каменем. Найімовірніше, дороге транспортування алебастру з Галича більше не було можливості повторити. Причину можна вбачати в досвіді його експлуатації як нестійкого матеріалу перед пожежами, а, можливо, він перестав бути доступним з політичних мотивів [10].

Таблиця 1

Вибрані кам'яні архітектурні деталі замку короля Данила Романовича  
(з археологічних досліджень під керівництвом А. Буко у 2010-2019 рр.)

№	Опис деталі	Рисунок деталі	Матеріал, з якого виготовлено, призначення
1	Фрагмент архівольти арки. Профільоване лице з четвертною викружкою та півваликом		Глауконітит. Ліва база архівольти арки перспективного порталу
2	Глауконітовий блок зі шліфованими скісними лицевими поверхнями та тричетвертним наріжним		Глауконітит. Деталь-кроштейн або блок обрамування дверного чи віконного прорізу
3	Наріжний блок з базою під колонку		Глауконітит. Нижній елемент бази нервюри хрестового склепіння
4	Наріжний блок зі шліфованими лицевими поверхнями, півваликом та двома канелюрами обабіч		Глауконітит. Елемент наріжника стін в інтер'єрі



5	Наріжний блок з шліфованими лицевими поверхнями, півваликом та двома канелюрами обабіч		Глаконітит. Елемент наріжника стін в інтер'єрі.
6	Наріжний блок зі шліфованими лицевими поверхнями, півваликом та двома канелюрами обабіч		Глаконітит. Елемент наріжника стін в інтер'єрі. Зі слідами пожежі
7	Глауконітитовий блок складного профілю з четвертною викружкою на лівому крилі та півваликом на правому; лицева поверхня має також канелюру посередині та пряму і випуклу сегментні смуги		Глаконітит 425x350x350 (церква, палац?) Блок бази порталу лівий
8	Глауконітитовий блок з двома скісними тесаними поверхнями та шліфованою лицевою прямокутною поверхнею		Глаконітит. Елемент мурування тіла колони або закругленої ділянки стіни – апсиди, барабану купола та ін.

Останні археологічні дослідження залишків фундаментів собору Успіння Пресвятої Богородиці в Крилосі-Галичі також показують подібну зміну першого способу будівництва з XII ст. на іншу у XIII ст. У першій фазі споруда собору була виготовлена зі старанно тесаних великогабаритних блоків білого та сірого каменю-алебастру. Але пізніше, у другий будівельний період, собор був розширений та перебудований за допомогою застосування іншого матеріалу – білого вапняку. Технологічні зміни у будівництві відбулися ймовірно в результаті оцінки незадовільного стану споруди та відмови від першого матеріалу [17, с. 26].

Відсутність білого натурального каменю в Холмі призвела до необхідності експериментувати зі створенням штучного каменю на основі крейди, – м'якої породи, але якої є достатньо наявної на місці. Тринадцяте століття знаменує собою початок інтенсивної експлуатації крейди в Холмі. Застосування вапна для приготування заправ, отриманих з випалу крейди, давало знання, що звичайне нагрівання чи спікання не скріплює сипучу крейдову структуру, а призводить до утворення паленого вапна, повітряного в'язучого.

Натомість був потрібний «філософський камінь», необхідний для «трансмутації». Від одинадцятого століття в Європі через контакти з ісламським світом вже була відома біла порцеляна. Вона повинна була додатково надихати на створення штучних білих каменів. Білі матеріали, виявлені під час археологічних досліджень у Холмі [15, с. 2013], які раніше вважалися керамічними, при більш ретельному аналізі виявилися некерамічними матеріалами, отриманими з крейди, а не з білих глин.

Нижче розкриваємо результати петрографічних та мінералогічних досліджень матеріалу, що заповнював виявлену археологами «алхімічну» реторту (залишки ємності, печі?) для продукування маси штучного каменю ймовірно гідротермальним способом у східній частині двору замку короля Данила Романовича. Отримані результати дозволяють стверджувати, що в рамках технологічних експериментів, які проводилися тут у XIII ст., здійснювалася петрифікація крейди із застосуванням активного, біогенного кремнезему, що міститься в хвощі (рослині, заростей якої багато в багнистих долинах довкола Холма), проводячи процес в апробованих гідротермальних умовах.

**Об'єкт лабораторного дослідження.** Матеріал, який було взято для лабораторних тестувань, це виявлена у східній стіні розкопу №23 біла скам'яніла речовина. Вона була заповненням задокументованого розкопками об'єкта (реторти) із чітко окресленими прямокутними формами (рис. 2, ліворуч, позначення А). З результатів археологічних досліджень було незрозуміле призначення цього об'єкта. Допомогу в його ідентифікації надала наступна знахідка. Цей об'єкт супроводжувався на невеликій віддалі місцем зі спеціальним накопиченням сирцевої крейди (рис. 2, праворуч, позначення Б). Ці два об'єкти були первісно розташовані приблизно на однаковому рівні і знаходилися поза житловими будівлями, на східному краї замкової гори. Археологічно вони можуть бути віднесені до 2-ї або 3-ї фази розбудови житлово-сакрального комплексу Данила Романовича. Їх поява пов'язується із періодом, що настав після руйнування оборонної стіни південної частини замку та підвищення рівня його денної поверхні, – тобто після пожежі 1256 року. Про ці особливості фаз зведення та розбудови замку детально писав А. Буко [8]. Перші гіпотези з інтерпретацією виявлених об'єктів вже були висвітлені нами у попередніх публікаціях польською та англійською мовами, де наводилися аргументи про ймовірність проведення в XIII ст. технологічних експериментів у Холмі з метою отримати штучні матеріали для їх використання у будівництві королівської резиденції [12, с. 14-15; 14, с. 85-86].



Рис. 2. Східна стіна розкопу № 23 в межах житлово-сакрального комплексу на Високій Гірці в м. Холмі (фото С. Голуба). Реторта синтезованого вапняку з крейди (зліва, А) та складу крейдової сировини (справа, Б)

Для лабораторних досліджень були взяті три зразки речовини з об'єкта, який умовно було названо ретортою (рис. 2, зліва, А). У верхній частині реторти виявилася трохи змінена крейда сіро-білого кольору (рис. 3 а). Внизу реторти був світлий сіро-білий матеріал, більш

твердий і міцніший, ніж крейда, з чіткими репліками стебел рослин із сегментованою структурою та поздовжнім ребром. Ці репліки мають характер поздовжніх негативів, а також поздовжніх та поперечних перерізів стебел та листя рослин, морфологічно відповідних до хвоща (*Equisetum* L.) (рис. 3 б). Сама органічна речовина не збереглася. Середня і нижня частини реторти була заповнена твердим, структурно однорідним (мікрокристалічним) світлим сіро-білим матеріалом, спеченим з вираженим мушлеподібним і нерегулярним, з гострими краями переломом (Рис. 3 в).

Цей матеріал при макроскопічному дослідженні (структура, звук при вдарянні, ударна міцність і твердість) може бути віднесений до добре спеченої білої кераміки. Однак реакція з соляною кислотою чітко вказує на цю речовину як на майже чистий карбонатний матеріал. Таким чином, цей матеріал більше схожий на скалистий вапняк, і оскільки він, безперечно, отриманий в технологічному процесі, це не гірська порода, а штучний камінь. Послідовність цих матеріалів у межах одного об'єкта (реторти), швидше за все, є відображенням, «записом» технології петрифікації локального крейдового сирцю, непридатного для використання в якості будівельного каменю, у напрямку отримання твердого кам'яного матеріалу, наближеного за властивостями до скельного вапняку, який використовувався у різновікових будівлях, наприклад, Кракова, чи до відомого імпортного мармуру. Безперечно, що представлений у реторті штучний білий камінь вироблявся зі спеціально метою – щоб можна було замінити ним білі галицькі камені (алебастр), які були знищені під час пожежі першої групи будівель замку у 1256 р. [11, с. 230-233].

Цей новий матеріал був використаний холмськими будівничими для виготовлення формованих білих будівельних та архітектурних виробів. Їх у значній кількості виявлено в археологічних залишках будівель Високої Гірки (рис. 3). Зокрема матеріал використовувався для виготовлення білої підлогової (а можливо, облицювальної) глазурованої плитки (рис. 4 та 5), знайденої у Холмі, а також у Столп'ї та Беявіні – місцевостях поблизу Холма, де також знайдено залишки будівель з часів Данила Романовича.

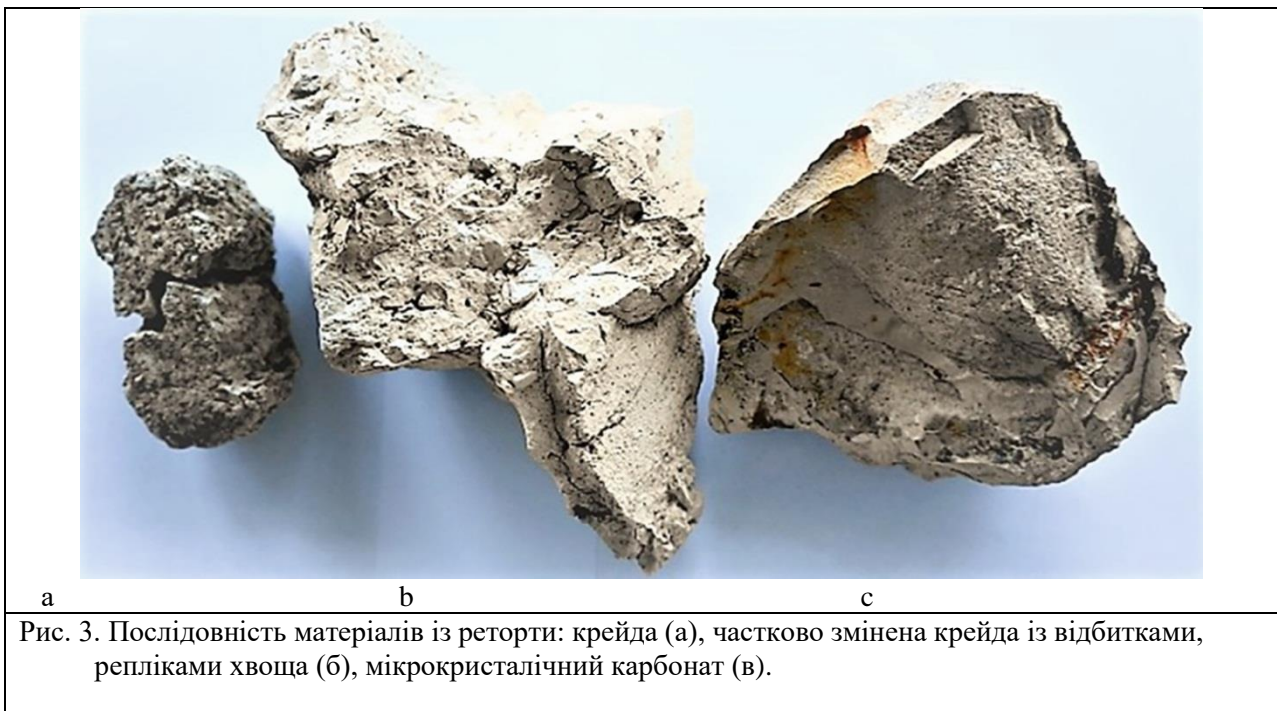


Рис. 3. Послідовність матеріалів із реторти: крейда (а), частково змінена крейда із відбитками, репліками хвоща (б), мікрокристалічний карбонат (в).



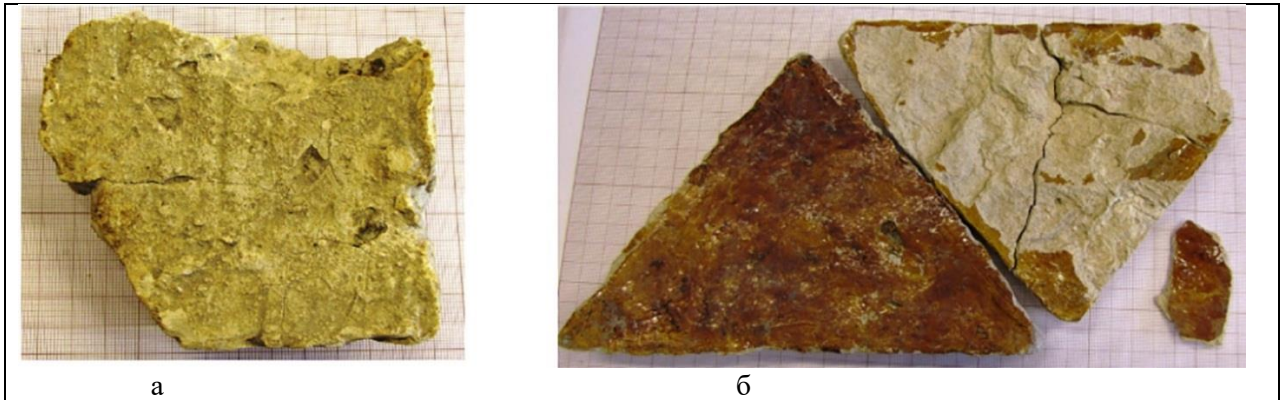


Рис. 4. Будівельні матеріали, отримані зі штучного каменю, синтезованого із холмської крейди. Фрагмент цегляного формату або архітектурної деталі (а), глазуровані плитки (б)

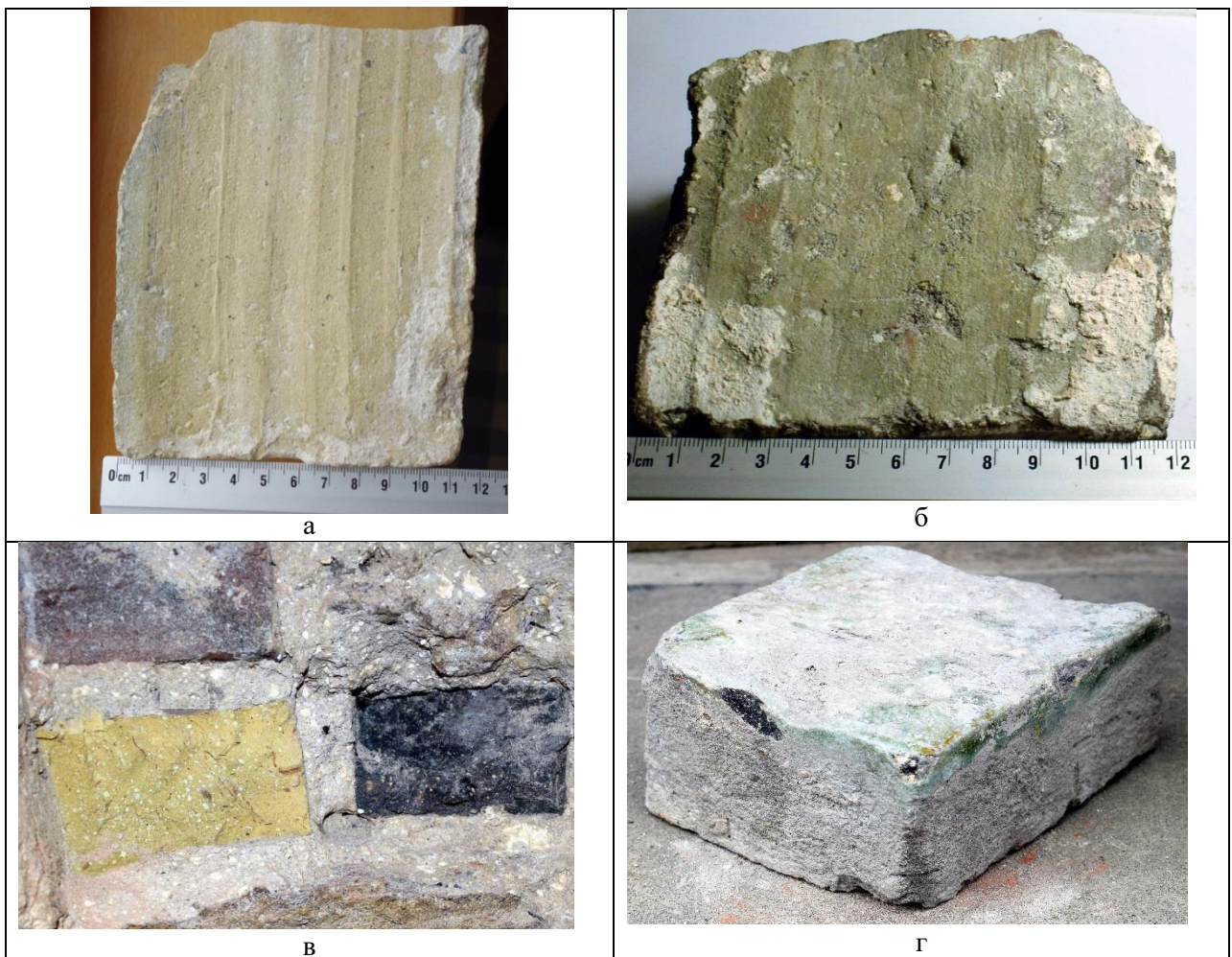


Рис. 5. Цегла (штучний камінь?) різних кольорів з розкопів у різних частинах резиденції короля Данила Романовича: а) жовтого кольору з північної частини Високої Гірки; б) зеленого кольору з північної частини Високої Гірки; в) цегли різного кольору (вишневого, жовтого, чорного) у фундаментному мурі церкви Богородиці; г) глазурована зеленою поливою цегла темно-вишневого кольору. Фото М. Бевз, 2018

**Методика та результати аналізів.** Дослідженнями було охоплено всі три матеріали, взяті з реторти: крейда сирцева, частково змінена крейда із репліками хвоща та мікрокристалічний карбонатний матеріал (рис. 3 а, б, в). Фазові випробування проводили за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа, електронного мікроскопа SEM та



рентгенівської дифракції. Хімічний аналіз також проводили в мікрзоні за допомогою електронного мікроскопа SEM з приєднанням EDS.

Холмська сирцева крейда – типовий сипучий біокалькареніт, в структурі якого домінують свердловинні біокласти (рис. 6). Мінералогічно це є пелітовий кальцит (понад 95%  $\text{CaCO}_3$ ) з невеликою домішкою глинистих мінералів, кварцу та сульфідів заліза. Це м'яка порода, яка стає плинною після змішування з водою і яка надається до формування в пластичному стані.

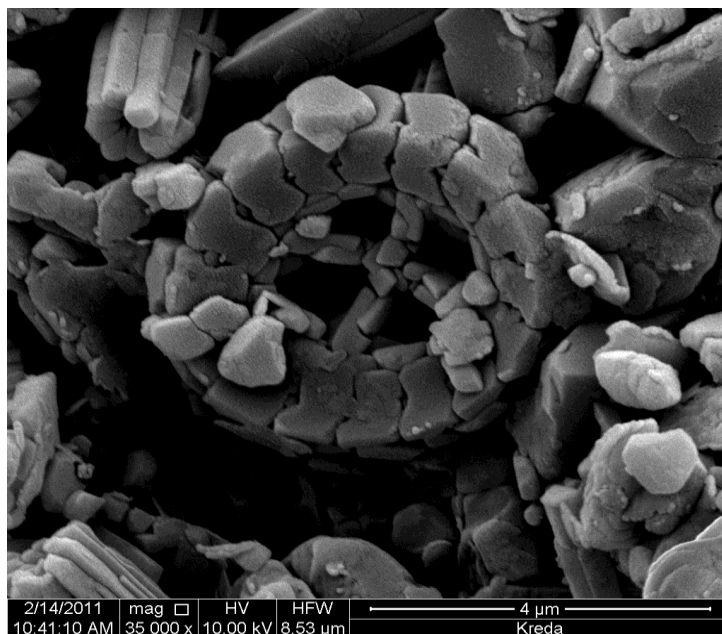


Рис. 6. Біоморфна структура холмської крейди на зображенні скануючого мікроскопа

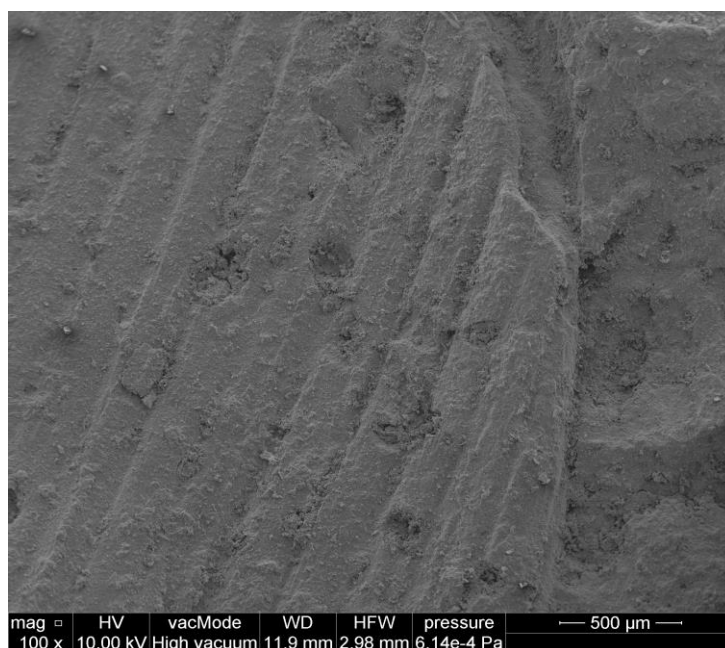


Рис. 7. Репліка поверхні хвоща у карбонатній матриці. Скануюче зображення мікроскопа

Значне збільшення частки кремнезему помітно в хімічному складі цього матеріалу (рис. 8).

У мікроскопічному зображенні характеризується сильною аморфізацією структурних елементів (біокластів) крейди, утворенням цементаційних зв'язків та ембріональною кристалізацією кальциту (рис. 9).

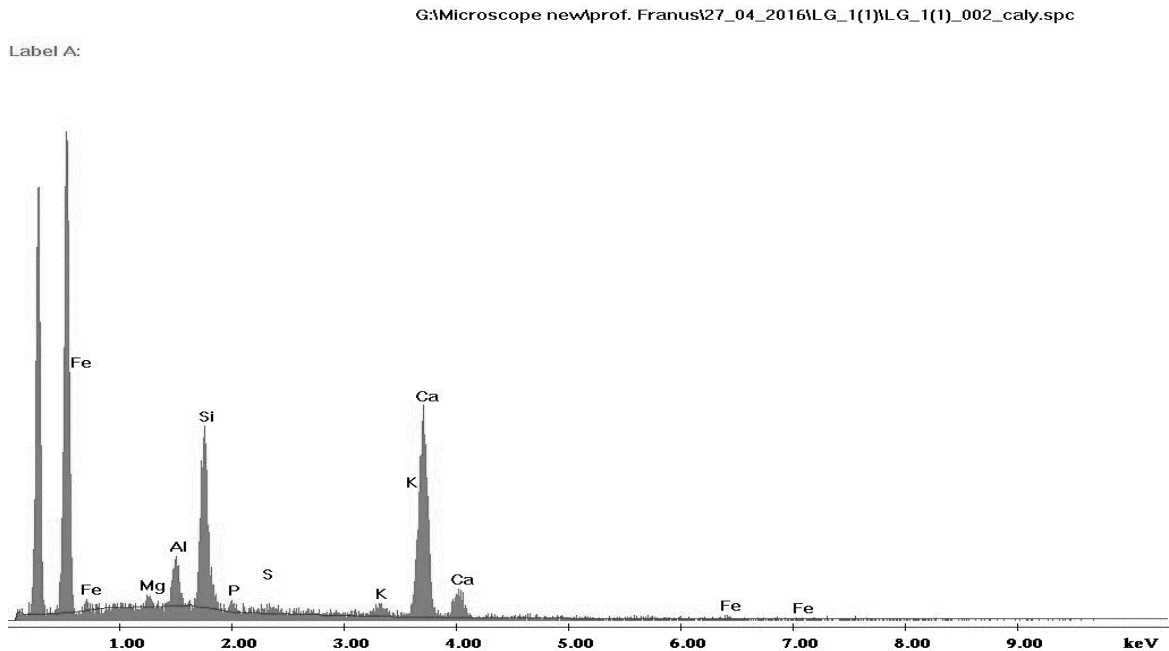


Рис. 8. Результати хімічного аналізу EDS SEM матеріалу із копіями стебел хвоща

На мікроскопічному зображенні простежується стрижнева, волосиста силікатна мінералізація, що нагадує стрижень (максимум 0,1 мкм в діаметрі і довжиною 2-3 мкм), зв'язуючи кальцитові мікрочастинки максимально до 5 мкм (рис. 9). Кремній тут є опальним і мікрочастинчастим. Петрографічно цей матеріал можна охарактеризувати як силікатний вапняк, аналогом якого слід вважати юрський скелястий вапняк.

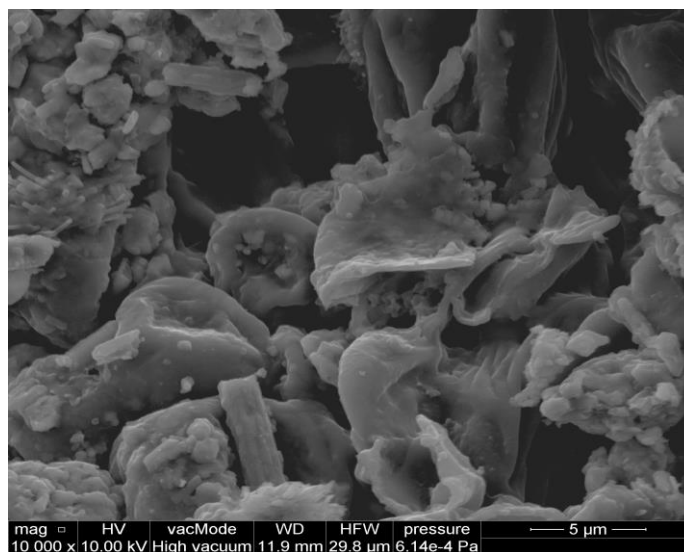


Рис. 9. Аморфізація крейди та початкова кристалізація кальциту

Матеріал з нижньої частини реторти є макроскопічно (рис. 3 в) яскраво-жовтий і білий, без чітких структурних та текстурних закономірностей. Він розтріскується вздовж оболонок поверхонь поділу. Матеріал важкий, при ударі видає звук. У воді він повністю міцний.

На зображенні скануючого мікроскопа цей матеріал структурно є повністю кристалічний (рис. 10). Кальцитні мікрочастинки розміром 5–20 мкм є автоморфічними, тісно прилягаючими.

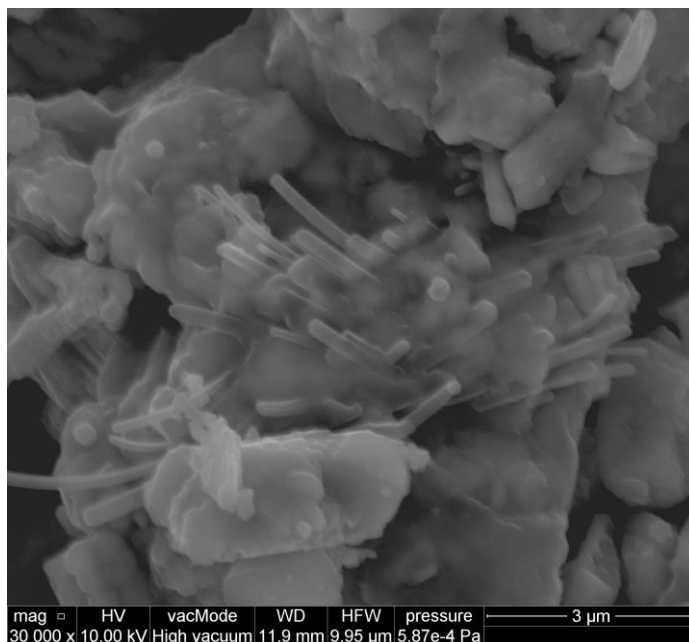


Рис. 10. Стрижнева мінералізація кремнезему на кристалах кальциту

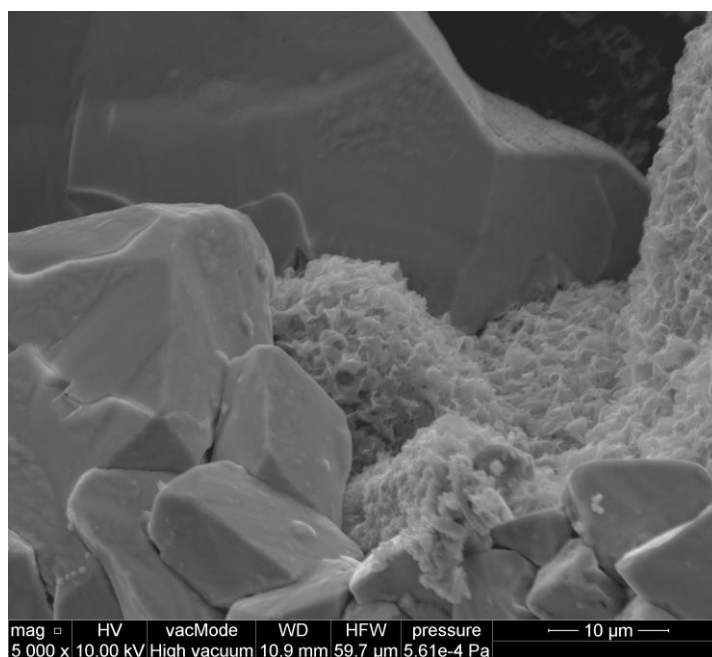


Рис.11. Кристалічна структура матеріалу, отриманого шляхом петрифікації крейди

В просторах між кристалами кальциту виступає кремнієва цементация з чіткою кристалічною структурою і комірковою текстурою. Кристалічність цього матеріалу підтверджується рентгенологічним дослідженням (рис. 12).

Кальцит має чіткі та симетричні дифракційні лінії, що свідчить про його дуже добре впорядковану структуру. Кремній в кутовому діапазоні 20-25°2 $\theta$  дає дифракційні лінії, характерні для опало-СТ (кристобали/тридиміт) [16]. Напівкількісне визначення вмісту мінеральних фаз на основі їх дифракційних ліній дозволяє визначити вміст кальциту приблизно у 90% та діоксиду кремнію приблизно у 10%. Петрографічно (мінерально і структурно) цей матеріал можна описати як силікатний тонкодисперсний мармур.

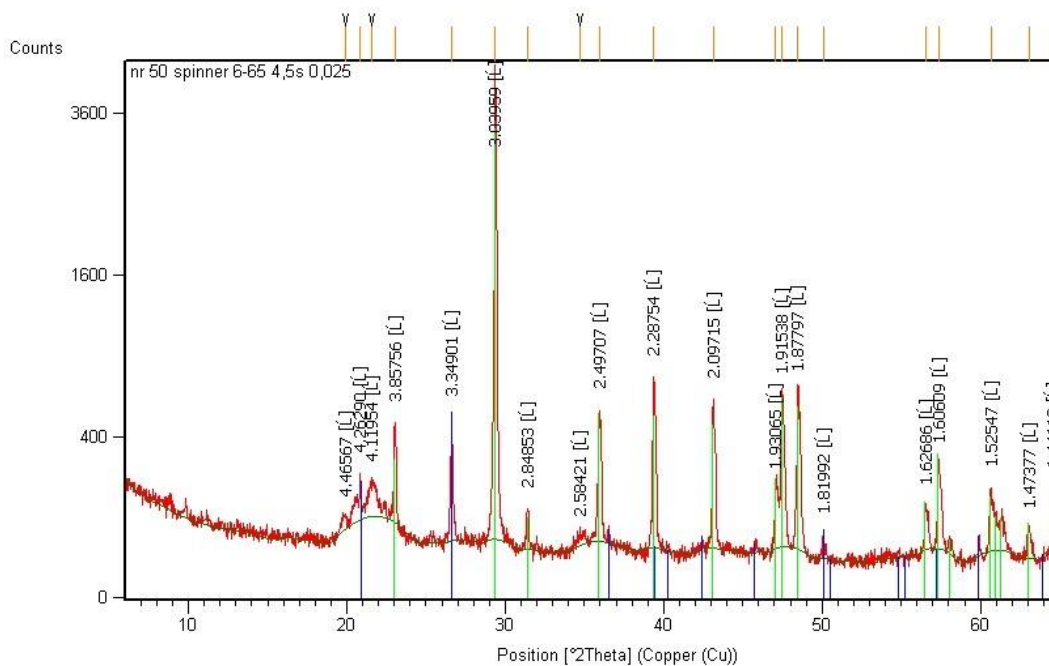


Рис. 12. Дифрактограма твердого матеріалу

**Результати та висновки.** В результаті археологічних досліджень території замкової гори у місті Холмі віднайдено специфічний об'єкт з залишками продукції будівельної маси штучного приготування. За візуальними характеристиками цей об'єкт виглядав як залишки великої ями з вапном чи будівельною заправою. Фазові лабораторні дослідження матеріалу, взятого з об'єкта, який був оперативно визначений як реторта, підтвердили його карбонатну природу. Детальні дослідження матеріалу, який виступав у трьох видах, показали, що ці види являють собою своєрідний «запис» послідовного процесу перетворення м'якого та текучого крейдяного сирцю у твердий матеріал, подібний до скельного вапняку, аж до отримання матеріалу, схожого за технічними властивостями до мармуру. Тобто цей матеріал представляв собою штучну кам'яну масу. Цей висновок свідчить, що на замку короля Данила відбувалися у XIII ст. експерименти з продукування штучного будівельного матеріалу. З археологічних даних та фазових досліджень можна зробити висновок, що метою такої алхімічної діяльності було отримання (трансмутація) штучного каменю, з м'якого білого крейдового матеріалу, який міг би бути заміною природніх білих будівельних каменів, недоступних у цій місцевості (алебастру, вапняку, мармуру).

Крейда в Холмі та в околицях, як правило, є у великій кількості та виступає білою скелею, але через її властивості (а саме брак твердості та довговічності в мінливих погодних умовах) вона абсолютно непридатна для будівельного та архітектурного використання.





Рис. 13. Баптистерій у місті Пістоія, XIII ст. Стіни та головний вхід декоровані білим та зеленим каменем



Рис. 14. Головний портал входу до катедрі з XII ст. в Прато. Ескіз – М. Бевз

Наші дослідження дозволяють висловити гіпотезу, що петрифікація крейди проводилася шляхом перекристалізації її біоморфної структури шляхом гідротермічної обробки в аморфному кремнеземному середовищі, джерелом якого був хвощ. Виходячи з вмісту кремнезему у структурі твердого штучного матеріалу та кремнезему в хвощі на рівні 6-8% у сухій речовині, можна припустити, що було використано близько 20-30% додавання хвоща до суспензії крейди. У процесі варіння діоксид кремнію виділявся і став інгібітором трансформації карбонату кальцію, який через початкову стадію аморфізації трансформувався у повністю кристалічну форму. Морфологія хвоща у проведеному таким способом термічному процесі була повністю знищена, окрім перекристалізації кальциту. Кремнезем також став структурним та цементаційним елементом отриманого матеріалу в рамках перетворення опалу в кристалічні форми кристобаліту та тридидиміту (опал СТ).

Матеріали археологічних досліджень показують, що подібний експеримент був також проведений з використанням (додаванням) іншої сировини до крейдяної суспензії, що дозволило отримати подібні штучні матеріали, але забарвлені в жовтий, зелений або червоний колір (рис. 5). Безперечно, процес здійснювався в гідротермальних умовах. Форми будівельних матеріалів (цегла, плитка) були отримані литтям або пластичним ущільненням формуванням. Технічно достатню міцність виробу отримували після повного охолодження, висушування та випаровування води. Повну міцність і довговічність вони отримували після тривалого дозрівання. Серед знайдених будівельних виробів зі штучного кам'яного матеріалу (цегла, плитка, черепиця) переважають середньотверді матеріали, тобто з аморфної стадії біогенного кальциту. Шляхом більш тривалого процесу або підвищенням параметрів (наприклад, тиску) можна було отримати більш тверді матеріали, але які легше піддавались розтріскуванню, що спостерігалось в матеріалі унизу реторти. Сам процес, швидше за все, здійснювався в незакритому чані, тобто при нормальному тиску. Однак не виключаємо, що процес міг здійснюватися в закритому автоклаві (наприклад, з міді або свинцю). Ці питання можна було б прояснити продовженням археологічних досліджень саме у цьому аспекті та більш детальними лабораторними дослідженнями більшої кількості самих матеріалів.

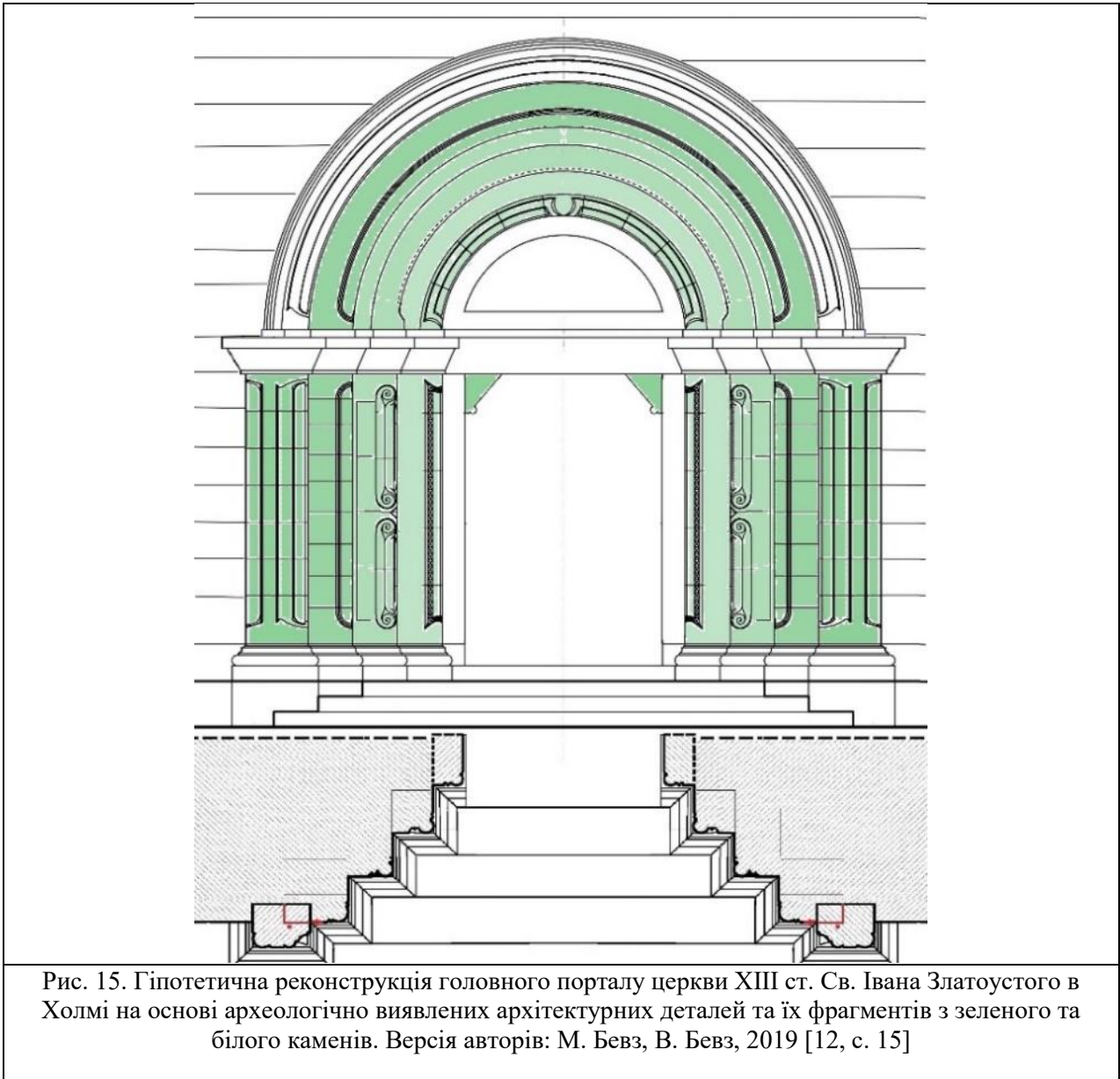


Рис. 15. Гіпотетична реконструкція головного portalу церкви XIII ст. Св. Івана Златоустого в Холмі на основі археологічно виявлених архітектурних деталей та їх фрагментів з зеленого та білого каменів. Версія авторів: М. Бевз, В. Бевз, 2019 [12, с. 15]

*Загальне значення результатів дослідження:*

- алхімічні пошуки способу скам'яніння крейдового сирцю в Холмі в XIII столітті були результатом ідеологічних завдань для реалізації білих архітектурних елементів сакрально-житлових будівель королівської резиденції за відсутності таких природних матеріалів у межах економічних та політичних можливостей інвестора – короля Русі Данила Романовича;

- модель декорування будівель на замку в Холмі шляхом застосування спочатку натуральних зелених і білих каменів та елементів (до пожежі 1256 р.), а згодом після пожежі застосуванням штучних зелених та білих каменів була, на наш погляд, наслідком традицій т. зв. тосканської школи романської архітектури з XII-XIII століть. Прагнення отримати доброї якості будівельний білий та зелений матеріал при відтворенні і реконструкції комплексу замкових будівель після відомої пожежі 1256 року було пов'язане з присутністю висококваліфікованих будівельників, можливо, іноземного походження (згадки у літописі про запрошення ремісників звідусіль);

- натхненням на пошуки штучного білого каменю могла стати поява білої китайської пореляни на європейському ринку, а також досягнення західноєвропейської алхімії, що набувають найвищого розвитку у цей час;

- технологія гідротермальної обробки крейди з додаванням хвоща, який виступав чинником процесу полімеризації, дозволила перетворити цю м'яку породу в матеріал, подібний за властивостями до скельного вапняку та силіконізованого мармуру;

- у зв'язку з неповним комплексом археологічних досліджень досі залишається незрозумілим, чи вдалося Данилу Романовичу розвинути виробництво цих штучних каменів у масштабі, достатньому для реставрації і відбудови хоча б лише церкви Св. Іоанна Златоустого. Поодинокі знахідки цих матеріалів показують, що вони були використані в інших будівлях замку-резиденції. Безсумнівно, цей будівельний експеримент можна вважати унікальним попередником значно молодших технологічних процесів автоклавування силікатів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бевз М., Буко А., Газда Л., Голуб С., Лукомський Ю. 2015. Матеріали і технології в архітектурній біографії міста (на прикладі міста Холм у Польщі” // Збереження історичної забудови центру Одеси шляхом включення до основного списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО: матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. 24-26 червня. Одеса: Астропринт, 2015. – С. 136-147.
2. Бевз М., Лукомський Ю. Архітектурні риси нововіднайдені катебри Богородиці, зведеної Данилом Романовичем у Холмі // Король Данило Романович: культурна та державотворча спадщина його доби. Львів: Растр-7, 2016. С. 130-150. ISBN 978-6177359-66-0.
3. Войтович Л. Король Данило Романович: давні і модерні напрямки фальсифікації портрету // Король Данило Романович: культурна та державотворча спадщина його доби. Львів: Растр-7, 2016. С. 11-32. ISBN 978-6177359-66-0.
4. Галицько-Волинський літопис, 1994 / пер. Л. Махновець. Львів: Червона калина, 1994. – С. 101-102.
5. Гуцуляк Р., Шевченко Н. Хіміко-петрографічні дослідження будівельних матеріалів з катебри Богородиці у місті Холмі (1 етап) // Король Данило Романович: культурна та державотворча спадщина його доби. Львів: Растр-7, 2016. – С. 196-206. ISBN 978-6177359-66-0.
6. Лазаренко Є. К., Винар О. М. Глауконіт // Мінералогічний словник. К.: Наукова думка, 1975. – С. 74
7. Bevz M., Lukomskiy Y., Bevz W., Petryk W. Analiza architektoniczna cerkwi katedralnej // Od cerkwi katedralnej króla Daniela Romanowicza do bazyliki pw. Narodzenia NMP w Chełmie. Wyniki badań interdyscyplinarnych sezonu 2013-2014 // red. nauk. A. Buko, S. Gołub. Chełm: Muzeum Ziemi Chełmskiej im. Wiktora Ambroziewicza w Chełmie, 2016. – S. 69-120.
8. Buko A. Źródła pisane i archeologia: przykład góry katedralnej w Chełmie // Kwartalnik Historyczny. 2016. Rocznik CXXIII, 2 PL. ISSN 0023-5903.
9. Buko A., Bevz M. Dawne latopisowe opisy katedralnej swiatyni Bogurodzicy w Chełmie w swietle wyników badań archeologicznych // Europejskie stolice kultury. Wybrane zagadnienia: monografia Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej. Wrocław: Oficyna wydawnicza ATUT, 2016. S. 231-242. ISBN 978-83-7977-274-2.
10. Dąbrowski D. Daniel Romanowicz. Król Rusi (ok. 1201-1264). Biografia polityczna: Avalon, 2012
11. Gazda L. Wyniki badań surowców i materiałów budowlanych. Od cerkwi katedralnej króla Daniela Romanowicza do bazyliki pw. Narodzenia NMP w Chełmie / [red: Buko Andrzej, Gołub Stanisław]. Chełm: Muzeum Ziemi Chełmskiej im. Wiktora Ambroziewicza w Chełmie, 2016. S. 213-234.
12. Gazda L., Bevz M. Medieval Material and Technological Experiment in the Construction of King Daniel Romanovich's Residence in Cholm // Springer Nature Switzerland AG 2020, Z. Blikharsky et al. (Eds.). CEE 2019, LNCE 47, P. 7–16, 2020 ([https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_2)) (доступ 10.01.2020).

- 
- 
13. Gazda L., Bevez M. Materials and architectural details of 13<sup>th</sup> century of king Daniel Romanovych's residence in Cholm // Architectural Studies. Lviv Polytechnic National University. Lviv, 2019. Vol. 5. N 2.
  14. Gazda L., Bevez M. Średniowieczny eksperyment materiałowo-technologiczny przy odbudowie założeń rezydencjalno-sakralnych Daniela Romanowicza w Chełmie. // Materiały Budowlane. 2017. N 11 (543). ISSN 0137-2371-2971, e-ISSN 2449-951X. S. 83-87.
  15. Gołub S. Dokumentacja z badań archeologicznych w latach 2010–2012. Projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Zespół rezydencjalno-sakralny na Górze Katedralnej w Chełmie”. Chełm, 2013.
  16. Jones J. B., Segenit E. R. The nature of opal. Nomenclature and constituent phase // J. Geol. Soc. Australia. 1971. 18.
  17. Lukomskyi Y., Bevez M. Badania archeologiczne fundamentow dawnej katedry w Krylosie-Haliczu. Problem konserwacji I muzeumfikacji // XXVIII Konferencja Sprawozdawcza “Badania archeologiczne w Polsce Srodkowo-Wschodniej, zachodniej Białorusi I Ukrainie w roku 2011”. Lublin: 29-30 marca 2012 r. Lublin, UMCS, 2012. S. 26.
  18. [https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica\\_di\\_San\\_Miniato\\_al\\_Monte#/media/File:Firenze9523.jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_di_San_Miniato_al_Monte#/media/File:Firenze9523.jpg) (доступ 10.01.2020).
  19. [https://uk.wikipedia.org/wiki/media:BB:Kingdom\\_of\\_Galicia\\_Volhynia\\_Rus'\\_Ukraine\\_1245\\_1349.jpg](https://uk.wikipedia.org/wiki/media:BB:Kingdom_of_Galicia_Volhynia_Rus'_Ukraine_1245_1349.jpg) (доступ 10.01.2020).
  20. [https://archive.org/stream/romanesquearchit00riccuoft/romanesquearchit00riccuoft\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/romanesquearchit00riccuoft/romanesquearchit00riccuoft_djvu.txt) "Romanesque architecture in Italy" by Corrado Ricci (доступ 10.01.2020).
  21. Od cerkwi katedralnej króla Daniela Romanowicza do Bazyliki pw. Narodzenia NMP w Chełmie. Wyniki badan interdyscyplinarnych sezonu 2013-2014// red. A. Buko, S. Golub. Chełm: Muzeum Ziemi Chełmskiej im. Wiktora Ambroziewicza w Chełmie, 2016.