

УДК 691:72.03

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/97-3-22>**Андрій ФЕДОРИШИН,***orcid.org/0000-0003-3461-0977**аспірант кафедри архітектури та реставрації
Національного університету «Львівська політехніка»
(Львів, Україна) art.and.rest@gmail.com***Олег РИБЧИНСЬКИЙ,***orcid.org/0000-0001-9936-6122**доктор архітектури,
професор кафедри архітектури та реставрації
Національного університету «Львівська політехніка»
(Львів, Україна) zoroleh@gmail.com*

ВІДРОДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ РОМАНСЬКОГО ЦЕМЕНТУ В ЄВРОПЕЙСЬКІЙ РЕСТАВРАЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ

У статті узагальнено сучасний стан знань про романський цемент як історичний в'язучий матеріал XIX – початку XX століття, проаналізовано його походження, технологічні особливості, поширення в Європі та роль у формуванні фасадного декору й інфраструктури епохи індустріалізації. Розглянуто історію виникнення та розвитку виробництва романського цементу від патенту Джеймса Паркера до локальних європейських виробництв, зокрема у Франції, Іспанії, Польщі та на території Галичини. Окрема увага приділена технологічним аспектам: сировинній базі, швидкості схвалення, можливостям виготовлення штучного каменю та декоративних елементів, а також факторам, що призвели до поступового витіснення романського цементу портландцементом – економічним, технологічним і архітектурним змінам.

Проаналізовано наслідки застосування несумісних в'язучих у реставраційних роботах XX століття та підкреслено важливість відтворення оригінальних рецептур або використання сумісних матеріалів для збереження автентичних поверхонь. Описано внесок європейських проєктів ROCEM і ROCARE у відновлення знань про виробництво, стандартизацію та випробування романських цементів, а також створення бази даних фізичних властивостей і методичних рекомендацій для реставрації.

На прикладі України, зокрема Львова, показано практичні результати відновлення локального виробництва та застосування романського цементу в реставраційних роботах, а також виклики: відсутність нормативного визнання, нерентабельність локального виробництва при обмеженому ринку, проблеми з доступністю сертифікованих в'язучих і залежність від імпорту готових сумішей. Висловлено рекомендації щодо інтеграції знань про романські цементу в нормативні документи, підтримки локальних виробництв, підготовки реставраторів та подальших досліджень довговічності, сумісності матеріалів і економічних моделей забезпечення доступності в'язучого. Стаття підкреслює значення комплексного підходу – наукових досліджень, нормативної підтримки та практичної підготовки – для збереження автентичності архітектурної спадщини XIX – початку XX століття.

Ключові слова: романцемент, натуральний швидкий цемент, архітектурний декор XIX ст., збереження архітектурної спадщини, європейські гранди, реставраційні матеріали

Andri FEDORYSHYN,*orcid.org/0000-0003-3461-0977**Postgraduate student at the Department of Architecture and Restoration
National University "Lviv Polytechnic"
(Lviv, Ukraine) art.and.rest@gmail.com***Oleh RYBCHYNSKYI,***orcid.org/0000-0001-9936-6122**Professor at the Department of Architecture and Restoration
National University "Lviv Polytechnic"
(Lviv, Ukraine) zoroleh@gmail.com*

REVIVAL OF ROMAN CEMENT TECHNOLOGY IN EUROPEAN RESTORATION PRACTICE

The article summarizes the current state of knowledge about Roman cement as a historical binding material of the 19th and early 20th centuries, analyzes its origin, technological features, distribution in Europe, and role in shaping

facade decor and infrastructure of the industrialization era. The history of the emergence and development of Roman cement production from James Parker's patent to local European productions, in particular in France, Spain, Poland, and Galicia, is considered. Special attention is paid to technological aspects: raw material base, setting speed, possibilities for manufacturing artificial stone and decorative elements, as well as factors that led to the gradual replacement of Roman cement by Portland cement – economic, technological, and architectural changes. The consequences of using incompatible binders in restoration work of the 20th century are analyzed and the importance of reproducing original recipes or using compatible materials to preserve authentic surfaces is emphasized. The contribution of the European projects ROCEM and ROCARE to the restoration of knowledge about the production, standardization and testing of Roman cements, as well as the creation of a database of physical properties and methodological recommendations for restoration, is described.

Using the example of Ukraine, in particular Lviv, the practical results of the restoration of local production and the use of Roman cement in restoration work are shown, as well as the challenges: lack of regulatory recognition, unprofitability of local production with a limited market, problems with the availability of certified binders and dependence on the import of ready-made mixtures. Recommendations are made for the integration of knowledge about Roman cements into regulatory documents, support for local production, training of restorers and further research into durability, material compatibility and economic models for ensuring the availability of the binder. The article emphasizes the importance of an integrated approach – scientific research, regulatory support and practical training – to preserve the authenticity of the architectural heritage of the 19th – early 20th centuries.

Key words: roman cement, natural rapid cement, 19th century architectural decor, preservation of architectural heritage, European grands, restoration materials

Постановка проблеми. Значна частина історичної забудови європейських міст представлена архітектурою XIX ст. Цей період характеризувався інтенсивною індустріалізацією, стрімкою урбанізацією та появою нових типів громадських споруд. Ключовим технологічним чинником того часу стало винайдення в Англії інноваційного в'язучого матеріалу – романцементу. Протягом століття він набув широкого розповсюдження в Європі, відігравши фундаментальну роль у розвитку будівельної справи. Застосування романцементу дозволило пришвидшити, здешевити та тиражувати виробництво архітектурного декору, що зумовило пластичне багатство фасадів у стилях історизму та сецесії. Однак із розвитком технологій, що забезпечили економічну перевагу портландцементу, та утвердженням принципів функціоналізму, романські цементи були поступово витіснені з ужитку. У другій половині XX ст., під час реставрації споруд відповідного періоду, масово використовували портландцемент, що згодом виявило проблему фізико-хімічної несумісності цих матеріалів. Це зумовило відродження наукового інтересу до романського цементу на початку XXI ст., чому сприяли два масштабні грантові проекти Європейського Союзу: ROCEM та ROCARE. У межах цих ініціатив було опубліковано численні ґрунтові дослідження, проте після їх завершення інтенсивність публікацій за даною тематикою помітно знизилася. Водночас у країнах, які були лише опосередковано залучені до згаданих проєктів, зокрема в Україні, продовжується вивчення локальних особливостей застосування романцементів. Враховуючи тривалий період забуття цієї технології, актуальним завданням є ознайомлення вітчизняної наукової спіль-

ноти із сучасним станом досліджень усіх аспектів використання романських цементів.

Аналіз досліджень. Перші публікації присвячені романському цементу належать Амандін Раєр, яка захистила в 2004 р. дисертацію «Le Ciment Romain» де дослідила його використання у реставрації історичних пам'яток у XIX столітті. Вона публікує «Le «ciment romain» en France : un matériau du XIXe siècle méconnu» (Royer, 2006), в якій описує появу романського цементу в Англії та його поширення в Франції. В статті «Les ciments prompts naturels» (Avenier, 2006a), розглянуто розвиток виробництва натурального цементу в Франції та вдосконалення технологій оздоблення будівель в Греноблі. В публікації «Entre pierre et béton, les ciments moulés dans l'architecture du XIXe siècle» (Avenier, 2006b) розглянуто перехідний період між архітектурою з вільного каменю та залізобетонною архітектурою. В статті «Roman Cement Mortars in Europe's Architectural Heritage of the 19th Century» (Weber et al., 2007) розглянуто два ключові аспекти реставрації: покращення знань про властивості матеріалів а також ключ до виробництва римських цементів та приготування якісних розчинів з них. В публікації «Natural cement and stone restoration of Bourges cathedral» (Gosselin et al., 2008) автори приділяють увагу хімічному аналізу матеріалу. В статті «Natural cement and monumental restoration», (Gosselin et al., 2009) вони розглядають мінералогію та довговічність природного цементу. В опублікованих тезах «Roman cement – key historic material to cover the exteriors of buildings» (Kozłowski et al., 2009) автори дослідили різноманітність романцементних розчинів, що використовувалися в архітектурі, та їх сумісність з новими реставраційними матеріалами.

Стаття «Roman cements – key materials of the built heritage of the nineteenth century» (Kozłowski et al., 2010), в якій розглядається, як історія романського цементу так і технології його реставрації. В публікації «Roman Cement for the Production of Conservation Mortars» (Hughes et al., 2010) розглядаються критерії виробництва романського цементу. В статті «19th century «novel» building materials: examples of various historic mortars under the microscope» (Weber et al., 2010) розглядаються особливості визначення цементуючих матеріалів, XIX ст. В статті «Microstructure of historic and modern roman cements to understand their specific properties» (Bayer et al., 2011) представлені результати досліджень мікроструктури, проведених в рамках ROCARE та ROCEM. В цей час в Україні виходить стаття «Дослідження існуючого складу декорів та ліпнини архітектурних пам'яток міста Львова» (Котів, 2011) в якій наведено результати лабораторних досліджень оздоблювальних матеріалів з романського цементу в дзвіниці Вірменського собору в місті Львові. В статті «Hydration of roman cements used for architectural restoration» (Gosselin et al., 2012) наведено результати характеристики сировини та основних реакційних фаз романського цементу, виробленого з мергелю Лілієнфельд (Австрія), у порівнянні з комерційним натуральним цементом Prompt (Vicat, Франція). В публікації «Influence of the combination of Roman cement and lime as the binder phase in render mortars for restoration» (Starinieri et al., 2013a) розглядається вплив комбінацій гідралічного NHL5 та гідратного CL90 вапна з романським цементом у розчинах для реставрації. В «Pre-hydration as a technique for the retardation of Roman cement mortars» (Starinieri et al., 2013b) представлено підхід до уповільнення твердіння романських цементних розчинів за допомогою процесу попередньої гідратації. Публікація «European natural cements – their key technical properties under standardised conditions» (Hughes et al., 2019) є важливим дослідженням, в якому проводять порівняльний аналіз 7 комерційно доступних романських цементів:

- 1) Prompt (Vicat, Франція),
- 2) Folwark (Інститут кераміки та будівельних матеріалів, Польща),
- 3) Marfil (Cementos Collet, Іспанія),
- 4) Cemento Rapido Figueres (Ciments Figueres, Іспанія),
- 5) Tigre Rapido (Cemento Natural Tigre, Іспанія),
- 6) Cemento Mallorquin (Sa Cimentara, Іспанія),
- 7) Natural Roman Cement, скорочено NRC (Roman Products, Велика Британія).

За відсутності європейського стандарту методи випробування слідували протоколу, запропонованому проектом ROCARE. В даний час колишні учасники проекту публікують статті не пов'язані з романськими цементами і ініціативу перехопили представники України, Італії, Іспанії та Португалії. В статті «Suit ability of modified low carbon Roman cements for architectural restoration» (Sanytsky et al., 2021) досліджено придатність низьковуглецевого романського цементу для реставраційних та оздоблювальних робіт. В публікації «Mortars for Conservation of Late 19th and Early 20th Century Buildings—Combination of Natural Cements with Air Lime» (Andrejkovičová et al., 2022) презентують комплексне дослідження розчинів, виготовлених з трьох натуральних цементів, доступних на ринку: Groupe Prompt Vicat, Франція (NCPV); Cemento Collet Marfil (NCM) та Cemento Natural Tigre (NCT).

Мета дослідження Мета роботи полягає в узагальненні науково-практичних доробків щодо генезису, фізико-хімічних властивостей і технології виробництва романського цементу, а також в оцінюванні його сумісності з автентичними матеріалами під час реставрації архітектурного декору другої половини XIX – початку XX ст. Додатковим завданням є розроблення рекомендацій щодо імплементації методів реставрації таких елементів у нормативну базу України та визначення векторів подальших досліджень.

Виклад основного матеріалу. В 1796 році Джеймс Паркер запатентував в Англії виробництво природного цементу із септарію. Спочатку він назвав його «Цемент Паркера». В 1798 році даний цемент отримав торгову назву «Римський цемент». У 1810 р. після втрати чинності патенту, згідно законодавства Англії, інші виробники змогли виробляти даний цемент, використовуючи септарії з узбережжя. Виробництво тривало до 1840 року, поки запаси септаріїв на берегах Англії не вичерпались. Романцемент відіграв важливу роль у будівництві гаваней, каналів, маяків, залізниць, мостів та тунелів. Також він експортувався в значних кількостях, зокрема в Німеччину та Австрію. Виснаження септаріїв змусило виробників шукати альтернативи, що спричинило патенти на нові варіації романцементу і призвело згодом до відкриття портландцементу. Важливий вклад в варіації романських цементів вніс винахідник Джеймс Фрост, який в патенті 1822 року зазначив можливість використання мергелів та магnezіальних вапняків. Саме такого типу сировина згодом дозволила відкриттю локальних виробництв романських цементів в Європі, зокрема і на території Галичини в Україні.

Паралельно з англійцями французи також почали виробництво романських цементів. В 1796 році на півночі Франції інженер Лесаж зміг виготовити власний “булонський цемент” з місцевого септарію. В 1802 році в Булоні було відкрито виробництво романського цементу, який через швидкість схоплення назвали “гіпсовим цементом”. Важливий внесок в розвиток та поширення романських цементів та близького за характеристиками природнього гідралічного вапна, належить французькому інженеру-хіміку Луї Жозефу Віка. Він в 1817 році вперше класифікував вапно, запровадивши п’ять типів гідралічного вапна та встановив, що в разі застосування сильногідралічного вапна можна відмовитися від пуцоланових добавок. Він також розробив метод поєднання крейди з глиною для виробництва «штучного цементу», проте через високу собівартість затрат для того часу, виробництво цієї суміші було нерентабельним. Тому перевагу надали родовищам мергелів, які були виявлені за сприяння Віка. В Бургундії в 1827 році було налагоджено виробництво «Ciment Romain». Важливим центром виробництва цементу в 1830 році стає регіон Вассі. Після 1840 р. у Франції відкривалося безліч виробництв натуральних цементів, що дозволило Франції, з середини XIX століття, стати одним із найбільших виробників романських цементів, експортуючи їх в Італію, Іспанію та Швейцарію. В цей період французи стали називали свої цементи вапняними або швидкими натуральними, акцентуючи на недоречності використання назви «романцемент» англійцями. В наш час французи та іспанці застосовують для них назву «натуральний швидкий цемент» .

На відміну від англійців, які застосовували цементи переважно для розбудови інфраструктури, французи використовували романські цементи для реставрації та для виробництва гідротехнічних виробів та декорів, у тому числі блоків зі штучного каменю. Згодом ця практика поширюється на інші міста Європи. Міста північної Італії також використовували романський цемент завдяки імпорту з Гренобля, проте вони застосовували його для штукатурних та ліпних робіт при декорування фасадів. Ця техніка дозволяла відливати романцементні декори аналогічно гіпсовим, та монтувати їх на цегляні стіни, або одразу на стінах витягувати профілі та карнизи з розчину. В той час штучне каміння в Франції було невід’ємною частиною конструкції. Ці два типи застосування романських цементів стали популярними в Європі у II пол. XIX ст. Цьому сприяло відкриватися місцевих виробництв романських

цементів, зокрема в Галичині власне виробництво розпочалося з 1885 р. У цей час англійці вже експортували портландцемент, проте через складність виробництва він вироблявся до кінця XIX ст. в невеликих масштабах і мав значно більшу вартість. В Австро-Угорській імперії, до складу якої входила Галичина, в 1856 р. вже почали виробляти натуральний портландцемент із мергелю, який використовували для виробництва романцементу. Виробництво раннього портландцементу випадково відкрили, проаналізувавши залишки перепаленого клінкеру під час виготовлення романського цементу. Це дозволило на території Австро-Угорської імперії на декількох виробництвах романського цементу почати паралельно виготовляти в невеликих кількостях природній портландцемент, проте станом на 1887 р. виробництво романцементу все ще було більшим в 5 разів. Проте в кінці XIX ст. почало підніматися питання про те, що застосування портландцементу буде більш раціональним. Цьому сприяла його більша міцність, стабільність характеристик, можливість використання більшої кількості наповнювачів, зручність повільного схоплення, яке дозволило задіяти менш спеціалізованих майстрів. Це призвело до поступового процесу перепрофілювання виробництв на портландцемент, яке остаточно завершилось протягом першої половини XX ст. Цьому також сприяв перехід архітектури до функціоналізму та модернізму, які змістили акцент з декоративного оздоблення будівель на їх раціональність форм. Враховуючи, що перевагою романцементу була можливість швидкого виготовлення великої кількості декорів через велику швидкість схоплення розчинів, та легкість їх монтажу через меншу вагу виробів, відсутність потреби в виготовленні фасадної ліпнини призвела до втрати потреби в романських цементах. (Федоришин, Рибчинський, 2025)

Як наслідок, протягом XX століття романські цементи були повністю витіснені з ужитку портландцементом. Відсутність автентичних в’язучих матеріалів, доступних майстрам XIX століття, тривалий час обмежувала можливості архітекторів і реставраторів у питаннях фахового відновлення та консервації об’єктів того періоду. Ситуація змінилася завдяки програмі RAPHAEŁ (1997–2000 рр.) – культурній ініціативі Європейського Союзу, спрямованій на захист і просування європейської спадщини. Саме в межах цієї програми відродився інтерес до використання романських цементів. Згодом ця зацікавленість трансформувалася у проєкт ROCEM (2003–2006 рр.), що реалізовувався у межах 5-ї Рамкової програми

ЄС. Під час його виконання було отримано дані про технологію виробництва романського цементу в лабораторних умовах, що зрештою дозволило відтворити матеріал для апробації. Незважаючи на значний інтерес фахівців, виведення технології на промисловий рівень і вихід на загальноєвропейський ринок потребували додаткових зусиль з оптимізації виробництва та маркетингу. Ці завдання стали пріоритетними для наступного проєкту – ROCARE (2009–2012 рр.), що діяв у межах 7-ї Рамкової програми ЄС. Консорціум ROCARE, до складу якого увійшли 14 партнерів із семи європейських країн, зосередився на масштабуванні виробництва, розвитку ринку збуту та дослідженні параметрів, необхідних для вдосконалення технології застосування матеріалу. Результатом проєкту ROCARE став вагомий внесок у поширення романських цементів на європейському будівельному ринку. Створена масштабна база даних фізичних властивостей розчинів дозволила провести коректне порівняння з іншими реставраційними матеріалами, зокрема з натуральним гідралічним вапном та портландцементом. Отримані результати, що підтвердили унікальні характеристики романських цементів, були систематизовані у формі зручного для користувачів посібника. Крім того, значну роботу було проведено у сфері стандартизації: розроблені методи виробництва лягли в основу впровадження нового європейського стандарту на романські цементы.

Після завершення зазначених програм на європейському ринку стали загальнодоступними французькі та польські романські цементы; крім того, в Іспанії діють локальні виробництва, що задовольняють потреби внутрішнього ринку. В Україні у період реалізації проєкту ROCARE (2009–2012 рр.) європейські фахівці активно співпрацювали з кафедрами архітектури та реставрації, а також хімічної технології силікатів Національного університету «Львівська політехніка». Цей етап збігся з діяльністю німецької програми GIZ «Муніципальний розвиток та оновлення старої частини міста Львова» (2009–2017 рр.). Завдяки синергії цих ініціатив у Львові було відновлено виробництво романського цементу з місцевої сировини, що дало змогу провести масштабну реставрацію фасадів, балконів (Рис. 1, 2) та скульптурного декору (Рис. 3, 4). Під час робіт використовували як традиційні розчини, так і спеціалізовані суміші на основі локального в'язучого, а також доступні на той час польські (фірма Remmers) та французькі (КЕМА) аналоги. Однак ближче до завершення програми GIZ місцевий виробник згорнув потужності через

нерентабельність, зумовлену обмеженим обсягом замовлень, локалізованих лише у межах Львова. Ситуація ускладнюється тим, що на державному рівні у чинних будівельних нормах України відсутні згадки про романцемент та гідралічне вапно. Як наслідок, під час розроблення проєктів реставрації в інших містах архітектори закладають стандартні матеріали, що часто призводить до фізико-хімічної деструкції автентичних поверхонь будівель другої половини XIX – початку XX ст. На сьогодні доступ до професійних матеріалів в Україні суттєво обмежений: компанія КЕМА залишила ринок, а асортимент фірми Remmers представлений переважно готовими сумішами. Останні не завжди відповідають специфічним реставраційним завданням, на відміну від чистого в'язучого, яке дозволяє варіювати склад наповнювачів. У таких умовах українські реставратори змушені або використовувати менш ефективні замінники, або брати на себе значні логістичні витрати для імпорту романцементів із Франції, Іспанії чи Польщі. Попри ці труднощі, значна частина історичної забудови потребує термінового фахового втручання, особливо в частині аварійних балконів та аттиків. Наразі кафедра архітектури та реставрації НУ «Львівська політехніка» продовжує розробку технологій відновлення фасадів із використанням як оригінальних в'язучих, так і їхніх аналогів. Водночас у загальноєвропейському контексті ініціативу з подальшого вивчення романських цементів перейняли наукові центри Італії, Іспанії та Португалії.

Висновки. Романський цемент був визначальним в'язучим матеріалом XIX століття, що зумовило стрімкий розвиток міської інфраструктури та пластичне багатство фасадного декору в архітектурі історизму та сецесії. Завдяки високій швидкості тужавлення, достатній міцності та атмосферній стійкості цей матеріал забезпечив ефективне тиражування складних декоративних елементів. Однак у першій половині XX століття він був витіснений портландцементом, що мав стабільніші експлуатаційні характеристики та відповідав тогочасним економічним і естетичним вимогам функціоналізму.

Досвід реставраційних робіт XX століття засвідчив фізико-хімічну несумісність портландцементу з автентичними романськими розчинами, що призводило до деструкції історичних поверхонь. Це обґрунтовує критичну необхідність використання сумісних в'язучих або відтворення оригінальних рецептур. Міжнародні проєкти ROCEM і ROCARE створили фундаментальне підґрунтя для ревіталізації цієї технології, систематизу-

вавши дані про властивості матеріалу, методики його випробувань та стандартизацію виробництва.

Практичний досвід Львова щодо відновлення локального виробництва та застосування романського цементу підтвердив доцільність такого підходу. Проте широка імплементація матеріалу в реставраційну практику України ускладнюється відсутністю згадок про нього в державних будівельних нормах (ДБН), обмеженістю ринку та дефіцитом сертифікованих в'язучих.

Для забезпечення автентичності та довговічності архітектурної спадщини XIX – початку XX століття необхідно:

- нормативна підтримка: інтегрувати відомості про романські цементи та гідралічне вапно до державних стандартів і реставраційних методик;
- технологічне забезпечення: стимулювати локальне виробництво або налагодити стабільні канали постачання сертифікованих в'язучих;
- наукові розвідки: продовжити дослідження довговічності місцевих варіантів романського цементу та їхньої взаємодії з сучасними реставраційними сумішами;
- освітня діяльність: впроваджувати спеціалізовані програми підготовки реставраторів для роботи з автентичними технологіями.

Реалізація комплексного підходу, що поєднує наукову базу, нормативне регулювання та практичний досвід, є запорукою ефективного збереження історичного архітектурного середовища.



Рис. 1. Балкон на вул. Листопадового Чину, 12 у м. Львів, Стан до реставрації, 2015 р.



Рис. 2. Балкон на вул. Листопадового Чину, 12 у м. Львів, Стан після реставрації, 2015 р.



Рис. 3. Скульптурна група на вул. Франка, 2 у м. Львів, Стан до реставрації, 2014 р.



Рис. 4. Скульптурна група на вул. Франка, 2 у м. Львів, Стан після реставрації, 2015 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Котів Р. Дослідження існуючого складу декорів та ліпнини архітектурних пам'яток міста Львова. *Містобудування та територіальне планування*. 2011. Вип. 40 (1). – С. 511-518 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2011_40%281%29_72
2. Федоришин А., Рибчинський О. Історія виробництва і використання романського цементу в архітектурі XIX ст. *Теорія та практика дизайну*. 2025. Вип. 36. С. 144-157. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.36.14>
3. Andrejkovičová S., Maljaec H., Rocha D., Rocha F., Soares M., & Velosa A. Mortars for Conservation of Late 19th and Early 20th Century Buildings—Combination of Natural Cements with Air Lime. *Materials*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15103704>.
4. Avenier C. Les ciments prompts naturels. *Monumental : revue scientifique et technique*, 2006. Vol. 1, pp.100–103. URL: <https://hal.science/hal-03349065v1>
5. Avenier C. Entre pierre et béton, les ciments moulés dans l'architecture au XIX e siècle. *Congrès national des Sociétés historiques et scientifiques*. 2006. URL: <https://hal.science/hal-01872660v1>
6. Bayer, K., C. Gosselin, G. Hilbert, and J. Weber. Microstructure of historic and modern Roman cements to understand their specific properties. *13th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/263300258_Microstructure_of_historic_and_modern_Roman_cements_to_understand_their_specific_properties
7. Gosselin C., Scrivener K., & Feldman S. Hydration of roman cements used for architectural restoration. *2nd Historic Mortars Conference & Rilem TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry*. 2010. pp. 993-1004. URL: https://www.researchgate.net/publication/267559859_Hydration_of_Roman_cements_used_for_architectural_restoration
8. Gosselin C., Verges-Belmin V., Royer A., & Martinet G. Natural cement and stone restoration of Bourges Cathedral (France). *Conserv. Património*. 2008. Vol. 7. pp. 5–19. DOI: https://doi.org/10.14568/cp7_2
9. Gosselin C., Verges-Belmin V., Royer A., & Martinet G. Natural cement and monumental restoration. *Mater. Struct.* 2009. Vol. 42, pp. 749–763. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-008-9421-7>
10. Hughes D., Weber J. & Kozłowski R. Roman Cement for the Production of Conservation Mortars. *Preprints of 2nd Historic Mortars Conference & Rilem TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry Final Workshop*. 2010. pp. 22-24. URL: https://www.researchgate.net/publication/228496508_Roman_cement_for_the_production_of_conservation_mortars
11. Hughes D., Weber J., Starinieri V., Pintér F., Gosselin C., Feldman S., & Pesce C. European natural cements – their key technical properties under standardised conditions. *5th historic mortars conference*. 2019. pp. 833-847. URL: <https://shura.shu.ac.uk/24868/>
12. Kozłowski R., Hughes D., & Weber J. Roman cement – key historic material to cover the exteriors of buildings. *Workshop Repair Mortars for Historic Masonry conference*, RILEM Publications SARL. 2009. pp. 2-11. URL: https://www.academia.edu/37835668/Microstructure_of_historic_and_modern_Roman_cements_to_understand_their_specific_properties
13. Kozłowski, R., Hughes D., & Weber J. Roman Cements: Key Materials of the Built Heritage of the 19th Century. In *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*. 2010. pp. 259–277. URL: https://link.springer.com/cha/pt/10.1007/978-90-481-2684-2_14
14. Royer A. Le «ciment romain» en France : un matériau du XIXe siècle méconnu. *Monumental Semester 2*. 2006. pp. 90–95. URL: https://www.lrmh.fr/Default/doc/SYRACUSE/140080/le-ciment-romain-en-france-un-materiau-du-xixe-siecle-meconnu?_lg=en-US
15. Sanytsky M., & Kropyvnytska T., Kotiv R., Bevz M., & Fic S. Suitability of modified low carbon Roman cements for architectural restoration. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 280. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128007002>.
16. Starinieri V., Hughes, D. & Wilk D. Influence of the combination of Roman cement and lime as the binder phase in render mortars for restoration. *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 44. pp.192–199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.012>.
17. Starinieri V., Hughes, D., Gosselin C., Wilk D., & Bayer K. Pre-hydration as a technique for the retardation of Roman cement mortars. *Cement and Concrete Research*. 2013. Vol. 46. pp. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.01.004>.
18. Weber J, Gadermayr N, Bayer K, Hughes D, Kozłowski R, Stillhammerova M, Ullrich D, & Vyskocilova R. Roman cement mortars in Europe's architectural heritage of the 19th century. *J. ASTM Int*. 2007. Vol. 4 (8). pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1520/JAI100667>
19. Weber J., Bayer K. & Pint F. 19th century “novel” building materials: examples of various historic mortars under the microscope. *Materials Science, History*. 2010. pp. 1-10. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/19th-century-%E2%80%9Cnovel%E2%80%9D-building-materials%3A-examples-Weber-Bayer/23e820c856b0681708fcf6049751668cc4691a57>

REFERENCES

1. Kotiv R., (2011). Doslidzhennia isnuiochoho skladu dekoriv ta lipyny arkhitekturnykh pam'iatok mista Lvova. [Research of the existing composition of decorations and stucco of architectural monuments of the city of Lviv]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. – Vol. 40 (1). – pp. 511-518 [in Ukrainian]
2. Fedoryshyn, A., & Rybchynskiy, O. (2025). Istoriia vyrobnytstva i vykorystannia romanskoho tseментu v arkhitekturi XIX st. [History of the production and use of roman cement in architecture of the 19th century]. *Theory and Practice of Design*, Vol. 36. pp. 144–157. <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.36.14> [in Ukrainian]

3. Andrejkovičová S., Maljaee H., Rocha D., Rocha F., Soares M., & Velosa A. (2022). Mortars for Conservation of Late 19th and Early 20th Century Buildings—Combination of Natural Cements with Air Lime. *Materials*. Vol. 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15103704>.
4. Avenier C. (2006) Les ciments prompts naturels. *Monumental : revue scientifique et technique*, 1. pp.100–103. URL: <https://hal.science/hal-03349065v1>
5. Avenier C. (2006) Entre pierre et béton, les ciments moulés dans l'architecture au XIX e siècle. [Between stone and concrete, molded cements in 19th-century architecture.]. *Congrès national des Sociétés historiques et scientifiques*. URL: <https://hal.science/hal-01872660v1> [in French]
6. Bayer, K., C. Gosselin, G. Hilbert, and J. Weber. (2011) Microstructure of historic and modern Roman cements tounderstand their specific properties. *13th Euroseminar onMicroscopy Applied to Building Materials*. URL: https://www.researchgate.net/publication/263300258_Microstructure_of_historic_and_modern_Roman_cements_to_understand_their_specific_properties
7. Gosselin C., Scrivener K., & Feldman S. (2010) Hydration of roman cements used for architectural restoration. *2-nd Historic Mortars Conference & Rilem TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry*. pp. 993-1004. URL: https://www.researchgate.net/publication/267559859_Hydration_of_Roman_cements_used_for_architectural_restoration
8. Gosselin C., Verges-Belmin V., Royer A., & Martinet G. (2008) Natural cement and stone restoration of Bourges Cathedral (France). *Conserv. Património*. Vol. 7. pp. 5–19. DOI: https://doi.org/10.14568/cp7_2
9. Gosselin C., Verges-Belmin V., Royer A., & Martinet G. (2009) Natural cement and monumental restoration. *Mater. Struct.* Vol. 42. pp. 749–763. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-008-9421-7>
10. Hughes D., Weber J. & Kozłowski R. Roman Cement for the Production of Conservation Mortars. (2010) *Preprints of 2nd Historic Mortars Conference & Rilem TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry Final Workshop*. pp. 22-24. URL: https://www.researchgate.net/publication/228496508_Roman_cement_for_the_production_of_conservation_mortars
11. Hughes D., Weber J., Starinieri V., Pintér F., Gosselin C., Feldman S., & Pesce C. (2019). European natural cements – their key technical properties under standardised conditions. *5th historic mortars conference*. pp. 833-847. URL: <https://shura.shu.ac.uk/24868/>
12. Kozłowski R., Hughes D., & Weber J. (2009) Roman cement – key historic material to cover the exteriors of buildings. *Workshop Repair Mortars for Historic Masonry conference*. pp. 2-11. URL: https://www.academia.edu/37835668/Microstructure_of_historic_and_modern_Roman_cements_to_understand_their_specific_properties
13. Kozłowski, R., Hughes D., & Weber J. (2010) Roman Cements: Key Materials of the Built Heritage of the 19th Century. In *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*. pp. 259–277. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-2684-2_14
14. Royer, A (2006).: Le «ciment romain» en France : un matériau du XIXe siècle méconnu. [Roman cement in France: a little-known 19th-century material.]. *Monumental Semester*. pp. 90–95. URL: https://www.lrmh.fr/Default/doc/SYRACUSE/140080/le-ciment-romain-en-france-un-materiau-du-xixe-siecle-meconnu?_lg=en-US [in French]
15. Sanytsky M., & Kropyvnytska T., Kotiv R., Bezv M., & Fic S. (2021). Suitability of modified low carbon Roman cements for architectural restoration. *E3S Web of Conferences*. Vol. 280. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128007002>.
16. Starinieri V., Hughes, D. & Wilk D. (2013). Influence of the combination of Roman cement and lime as the binder phase in render mortars for restoration. *Construction and Building Materials*. Vol. 44. pp. 192–199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.012>.
17. Starinieri V., Hughes, D., Gosselin C., Wilk D., & Bayer K. (2013). Pre-hydration as a technique for the retardation of Roman cement mortars. *Cement and Concrete Research*. Vol. 46. pp. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.01.004>.
18. Weber J, Gadermayr N, Bayer K, Hughes D, Kozłowski R, Stillhammerova M, Ullrich D, & Vyskocilova R. (2007). Roman cement mortars in Europe's architectural heritage of the 19th century. *J. ASTM Int*. Vol. 4. (8). pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1520/JAI100667>
19. Weber J., Bayer K. & Pint F. (2010) 19th century “novel” building materials: examples of various historic mortars under the microscope. *Materials Science, History*. pp. 1-10. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/19th-century-%E2%80%9Cnovel%E2%80%9D-building-materials%3A-examples-Weber-Bayer/23e820c856b0681708fcf6049751668cc4691a57>

Дата першого надходження статті до видання: 04.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 19.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

