

УДК 691:72.03

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.36.14>

## ІСТОРІЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ РОМАНСЬКОГО ЦЕМЕНТУ В АРХІТЕКТУРІ XIX СТ.

**Федоришин Андрій Григорович<sup>1</sup>, Рибчинський Олег Валерійович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> аспірант кафедри Архітектури та реставрації,  
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,  
e-mail: art.and.rest@gmail.com, orcid: 0000-0003-3461-0977

<sup>2</sup> доктор архітектури, професор кафедри Архітектури та реставрації,  
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,  
e-mail: zoroleh@gmail.com, orcid: 0000-0001-9936-6122

**Анотація.** Відкриттю романського цементу Паркера в 1796 р. передував довгий шлях від римського бетону до «водного вапна» Смітона. Спочатку його виробляють із септаріїв, згодом – із мергелів та доломітів. У першій пол. XIX ст. поряд з Англією цемент активно виробляють у Франції та Німеччині, згодом виробництво поширюється на решту Європи та Америки. Залежно від регіону його називають романським, швидким природнім цементом або назвами, приналежними до місцевості. Він відіграє ключову роль у розбудові транспортної інфраструктури країн. Завдяки інноваціям французів та італійців він стає невід'ємною складовою частиною оздоблення будівель. Романцемент відіграє важливу роль у становленні залізобетону, проте згодом поступається портландцементу. Період застосування романського цементу характеризується переходом від традиційної архітектури з природнього каменю до штучного каменю й подальшої її трансформації в залізобетонну.

**Мета:** дослідити особливості виробництва та використання романського цементу в архітектурі XIX століття.

**Методологія:** метод систематизації та синтезу літературних джерел, контент-аналіз, інтерпретація даних, узагальнення результатів.

**Результати.** Визначено важливість пуцолани і трасу як гідралічних добавок, які відігравали ключову роль у гідротехнічному будівництві до кінця XVIII ст. Встановлено особливості виготовлення та застосування гідралічного вапна. Висвітлено чинники, що вплинули на появу романцементу в Англії, його розвитку і подальшого пошуку альтернативних в'язучих, що призвело до появи портландцементу. Розглянуто передумови, що вплинули на швидкий розвиток застосування романцементу у Франції як конструктивно-декоративного матеріалу та його поширення Європою. Визначено роль Італії в початку застосування романцементу як декоративно-опоряджувального матеріалу. Розглянуто розвиток технологій у Франції, що вплинули на перехід від штучного каменю до залізобетонних конструкцій.

**Наукова новизна.** Визначено роль і місце романського цементу в розвитку та становленні архітектури XIX століття.

**Практична значущість:** Сформовано цілісне розуміння поширення застосування романського цементу в архітектурі XIX століття. Систематизовано дані про початок використання і виробництва романських цементів у різних країнах.

*Розглянуто ключові особливості розвитку як технологій виробництва цементів, так і їх застосування в XIX ст.*

*Ключові слова:* романцемент, натуральний швидкий цемент, вапняковий цемент, гідравлічне вапно, цемент розендейл, архітектурний декор XIX ст.

## ВСТУП

Для періоду XIX ст. характерна активна розбудова й зростання міст, що пов'язано зі швидкими темпами індустріалізації. Саме в цей час формувався основний вигляд більшості історичних міст. Для архітектури цього періоду характерне використання інноваційних технологій у будівництві, до яких належить і застосування романських цементів. Проте на початку XX ст. цей матеріал було витіснено портландцементом, й до середини XX ст. він остаточно втратив позиції. Це призвело до його забуття й виключення з будівельних стандартів країн. У XX ст. основним матеріалом як для будівництва, так і для реставрації, став портландцемент, проте наприкінці століття все більше проявлялася несумісність застосування портландцементу на архітектурі попереднього століття. Це спричинило зростання інтересу до автентичних матеріалів XIX ст., і, як наслідок, Європейським союзом було профінансовано два проекти, присвячені романським цementsам: ROCEM 2003–2006 рр. та ROCARE 2009–2012 рр.

Ці проекти були зосереджені на дослідженні складу матеріалів, відтворенні їх виробництва та сприянні виходу продуктів на реставраційний ринок. Крім того, було проведено значну кількість досліджень, присвячених складу романського цементу, його характеристикам та особливостям, а також аналізу локального поширення в окремих країнах чи регіонах. Проте знання про цей матеріал залишаються обмеженими та спеціалізованими, і немає доступного вичерпного огляду романського цементу щодо його властивостей, причин виникнення, поширення Європою та Америкою, його ролі в архітектурі міст цих регіонів і причин витіснення портландцементом. Як наслідок, незважаючи на важливу роль, яку цей матеріал відігравав в оздобленні фасадів у XIX столітті, він залишається маловідомим у сфері архітектури.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Доступні матеріали, в яких розглядається питання романських цементів, можна розділити на три типи:

1. Статті, видані у 2007–2013 рр. завдяки сприянню європейських проектів ROCEM та ROCARE. У них розглянуто опис романських цементів, досліджено фізичні властивості та

хімічний склад розчинів, методи виробництва романського цементу та технологію його застосування. Координацією досліджень займався Віденський університет прикладних мистецтв, зокрема Йоганнес Вебер, чималий внесок зробили і представники Польщі, зокрема проф. Роман Козловський та представники Великобританії, зокрема Девід Хьюз. Частина досліджень було проведено у співпраці з Національним Університетом «Львівська політехніка», що відобразилося в матеріалах звіту ROCARE [22];

2. Статті, що вийшли після 2014 року, продовжують дослідження властивостей романських цементів, розглядають можливості модифікації романцементних розчинів, досліджують регіональні особливості застосування цементів. Серед них варто згадати дослідження акведуку XIX ст. у Булонь-Сюр-Мер, в яких проведено ідентифікацію застосованих бетонів та розчинів за допомогою оптичної мікроскопії (ОМ), скануючої електронної мікроскопії в поєднанні з енергодисперсійною спектроскопією (SEM-EDS) і дифракції рентгенівських променів (XRD). Вони виявили важливі відмінності в мікроструктурі між природним і портландцементом, датованим раннім періодом цементної промисловості у Франції. Також було зафіксовано одночасне використання на об'єкті натурального і портландцементу в 1860-х роках [9].

У публікації італійців пропонується експериментальний підхід для дослідження можливості використання деяких італійських вапняків для виробництва романського цементу. Вони вибрали три типи Pietra Alberese, мергельного вапняку, який використовувався з римських часів для виробництва «вапна» в Тоскані, та французький мергельний вапняк, що застосовувався для комерційного виробництва романського цементу. Випаленням цього каміння були отримані зразки в'язучих матеріалів. Усі зразки карбонатних каменів були попередньо схарактеризовані з хімічної, мінералогічної та петрографічної точок зору. Колориметричні координати виміряли як на зразках гірських порід, так і на зразках затверділого в'язучого. Проведений аналіз показує, що Pietra Alberese з високим вмістом глинистих мінералів розвиває мікроструктуру, подібну до мікроструктури французького мергелистого

вапняку, який використовується для виробництва романського цементу [6].

Ще одне дослідження зосереджено на еволюції виробництва цементу в Португалії та аналізі сучасних знань про в'язучі речовини, що використовуються в архітектурній спадщині [12]. Крім опублікованих статей, за останні 10 років є чимало опублікованих тез із конференцій, присвячених натуральним цementsам в Іспанії, Португалії, Італії.

Також продовжуються дослідження розчинів для реставрації будівель XIX ст., зокрема в статті «Mortars for Conservation of Late 19th and Early 20th Century Buildings – Combination of Natural Cements with Air Lime» розглядається застосування в реставрації комбінації романського цементу та гідратного вапна. У цій роботі представлено комплексне дослідження розчинів, виготовлених із трьох доступних на ринку романських цементів: Groupe Prompt Vicat, Франція (NCPV); Cemento Collet Marfil (NCM) і Cemento Natural Tigre (NCT), обидва з Іспанії. Різноманітні набори розчинів, що містять різні співвідношення зв'язуючих та наповнювачів із додаванням гідратного вапна, аналізували після 28, 60 та 90 днів твердіння з акцентом на їх мінералогічний склад (XRD), морфологію (SEM), механічні (міцність на згин і стиск) і фізичні властивості, зокрема капілярне поглинання води, паропроникність і водяна пара, опір дифузії. Розчини демонстрували відмінні фізико-механічні властивості з різним співвідношенням в'язучого та заповнювача з додаванням гідратного вапна. Це дослідження показує, що мінливість романських цементів слід брати до уваги під час вибору матеріалів для консервації та відновлення історичних штукатурок. На основі порівняння з оригінальними розчинами кілька розчинів, розроблених у цьому дослідженні, демонструють адекватні властивості для консервації будівель кінця XIX та початку XX століття з позиції міцності на стиск ( $>12$  МПа), капілярного водопоглинання ( $<20$  кг·м–2·h–0,5), паропроникності ( $<4 \times 10^{-10}$  кг·с–1·м–1·Па–1) і значення опору дифузії водяної пари ( $<28$ ).

Вартим уваги є німецьке дослідження ранніх бетонних будівель у Баден-Вюртемберзі. Розглянуто процеси застосування цементів для штампування та лиття, відзначено важливість збереження будівель цього типу, розглянуто об'єкти, побудовані до 1900 року.

3. На окрему увагу заслуговують видані в останні десять років книги: «Lea's Chemistry of Cement and Concrete» 2019 р. за редакцією Пітера Хьюлетта та Мартіна Ліска, що містить

розділ «історія вапнякових цементів»; монографія Апреа Сальваторе 2016 р. «German Concrete. The Science of Cement from Trass to Portland, 1819–1877», що описує розвиток технологій будівництва з бетону на різних німецьких територіях протягом перших трьох чвертей XIX століття; «Coade Stone. A History and Analysis» 2024 р. від авторів Хауелла Г.М. Едвардса, Крістофера Дж. Брука, присвячена історії та особливостям штучних каменів в архітектурі.

## МЕТА

Мета – розглянути передумови виникнення цементів, дослідити та систематизувати інформацію щодо розвитку і поширення Європою та Америкою технологій виробництва романських цементів, а також особливостей їх застосування в архітектурі XIX століття.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для розуміння причин винайдення романських цементів та походження назви слід спочатку розглянути передумови їх виникнення:

У II ст. до н.е. – V ст. н.е. римляни використовували суміш вапна та пуцоланових пісків для виготовлення міцних водостійких розчинів, які застигали під водою. Ці розчини використовувались різними способами. Давніший «opus incertum» представляв собою кладку з бутового каменю, а «opus reticulatum» – заливку розчину в дерев'яні форми. Від римської назви бутового каменю «saementum» згодом утворилося сучасне значення цементу як порошкоподібного гідралічного в'язучого.

Наприкінці I ст. до н.е. Марк Вітрувій у II томі праці «Десять книг про архітектуру» (*De architectura*) зробив спробу теоретичного обґрунтування процесів випалу та твердіння вапна і властивостей вапняно-пуцоланових розчинів. У книзі II детально описано цеглу, пісок, вапно, пуцолану та кам'яні кар'єри. Про пуцолану він написав: «Існує також вид порошку, який природним чином дає дивовижні результати. Його можна знайти в околицях Байє та в землях навколо гори Везувій. Ця речовина, змішана з вапном і щебенем, не лише надає міцності будівлям інших типів, але навіть коли пірси з неї побудовані в морі, вони міцніють під водою» [1].

Окрім пуцолани, римляни знали і про гідралічні властивості цем'янки (подрібненої кераміки або цегли). У 69 р. н. е. Гай Плутарх у книзі «Роботи в кераміці» докладно описує «Opus Signinum». Він пише: «Що

є такого, чого б не вигадала людська промисловість? Навіть розбита кераміка була використана; виявлено, що, потовчена на порошок і змішана з вапном, вона стає твердішою і міцнішою, ніж інші речовини подібної природи; утворюючи цемент, відомий як композиція «Signine», яка так широко використовується для виготовлення тротуарів будинків».

Цей тип розчину продовжили використовувати у Візантійській імперії та в період Ренесансу. Також є приклади застосування в цей час органічних добавок, як-от сироватка, молоко, яйця, зокрема і на Руських землях [2]. Поширений міф, що в 1414 р. у швейцарському монастирі Поджо Браччоліні знайшов рукописи Марка Вітрувія, що відродило загальний інтерес до бетону та гідравлічних розчинів. Він справді міг знайти одну з копій і популяризувати її, оскільки займався пошуком рукописів, проте подальші дослідження виявили, що цей твір було привезено з британських островів Алькуїно Йоркським до двору Карла Великого, ймовірно, в 790 р. Щодо Оксфордського рукопису, то він містить маргінал Франческо Петрарки, який жив в IV ст. Також копією володів Джованні Бокаччо [7]. Проте в епоху середньовіччя цей твір не мав впливу на архітектуру і викликав у власників рукописів більше філологічний інтерес. Фактично увага до «Архітектури» Вітрувія почала зростати в XV завдяки низці гуманістів, особливо завдяки Лоренцо Гіберті, який спирався на нього для своїх коментарів, Леону Баттісті Альберті, який зробив своєрідну критичну і творчу інтерпретацію цього твору, Франческо ді Джорджіо Мартіні, якому ми завдячуємо першим частковим перекладом на італійську мову. Велике значення мало видання Фра Джованні Джокондо, який у 1511 році опублікував у Венеції перше ілюстроване видання трактату. Перед цим він в 1499 р. використав пуццолановий розчин для опор мосту через Сену біля собору Нотр-Дам у Парижі. Це перше задокументоване використання бетону після падіння Римської імперії. Його видання мало велике значення завдяки технічній компетенції Джокондо, що втілилась в іконографічний складник, який для твору Вітрувія є основним ключем до читання. Важливим було видання 1556 року за редакцією Даніеле Барбаро з ілюстраціями Андреа Палладіо. Італійський архітектор Палладіо у 1570 р. також звернув увагу на можливості вапна, стійкого до впливу води, випаленого з вапняків з околиць Падуї. Загалом, станом на XVI століття «*De architectura*» має чотири видання латинською мовою та

дев'ять – італійською. У 1547 році було опубліковано перший французький переклад Жана Мартена.

Завдяки поширенню праць Вітрувія відновлюється інтерес до гідравлічних в'язучих. У XVI ст. у Німеччині починають активно застосовувати трас під назвою «тафштайн», місцевий різновид вулканічного туфу, що знаходиться на березі Рейну. Після подрібнення це була ідеальна пуцолана для виготовлення бетону. У суміші з вапном і піском вона широко використовується для гідравлічних робіт. Проте подрібнення каменю в той час було складним процесом, тому німці відправляли цей матеріал Рейном до Нижніх земель (теперішня територія Голландії) на перероблення. Це було пов'язано з особливостями місцевості, яка забезпечувала ефективне функціонування великої кількості водяних та вітрових млинів. Після перероблення траси продавалися в регіони Північного моря, зокрема в Англію. У XVII ст. Голландія здобула незалежність, збільшила виробництво трасу і розгорнула велику торгівлю ним.

Бернард Форест де Белідор у 1729 р. відмітив гідравлічні властивості та особливості гасіння жовтого вапна з Мецца і Булоні. Також він зазначив «пуццоланові властивості» цем'янки у своїй книзі «Наука інженерів у проведенні фортифікаційних та архітектурних робіт цивільних». У 1737 р. він рекомендував використовувати битий доменний шлак у розчинах і бетоні. У своїй книзі «*Architecture Hydraulique*», опублікованій у чотирьох томах у 1748 році, він згадує про шлюзові роботи з використанням трасу на річці Вітем, виконані у 1743 р. Джоном Гранді старшим та його сином [19].

Тому на початку XVIII ст. у Франції здійснилася технологічна першість у гідротехнічному будівництві завдяки поставкам трасів з Італії та в Нижніх Землях – завдяки місцевим трасам. У той час Англія технологічно відставала, проте, через зростання морської торгівлі з колоніями, потребувала розбудови морської інфраструктури. Дерев'яні будівлі стали неефективними через пожежі та нашествия корабельного черв'яка, що руйнував конструкції під водою. Одним із важливих проєктів, що вплинув на розвиток технологій в Англії, стало будівництво другого мосту через Темзу в Лондоні в 1737–1750 рр. Для цього був запрошений французький інженер швейцарського походження Шарль Лабельє. Для будівництва він використовував технологію «кофердамів» – кесонних дамб для підводного будівництва. Ця технологія була апробована британцями та поширилася островом, як

наслідок, після будівництва Вестмінстерського мосту розпочалося будівництво великої кількості мостів. Для будівництва мосту планувалося використання пуцоланових піків як гідралічних добавок до вапна, та замовники надали перевагу дешевшому на той час голландському трасу, схожому за властивостями [21].

У 1755 році дерев'яний Едісонський маяк згорів, і будівництво нового маяка було доручено Джону Смітону. У 1754 році він здійснив подорож Нижніми землями (Північ Франції, Німеччина, Голландія), де ознайомився з технологіями будівництва вітряків, млинів, каналів і гаваней. Окрім цього, у своїх записах він зазначав, що був добре знайомий з працями Альберті, присвяченими Вітрувію, а також із працями Белідора. Усі ці знання він використав під час будівництва Едісонського маяка в 1756–1759 роках.

Проаналізувавши наявні праці та власні спостереження, Смітон вирішив піддати сумніву двохтисячолітню традицію, започатковану римлянами, яка стверджувала, що для вапна найкраще підходить лише міцний вапняк без домішок. Це було зумовлено вимогами будівництва маяка, де необхідно було забезпечити швидке схоплювання розчину між припливами, щоб запобігти його руйнуванню морською водою. Класичний вапняний розчин із пуцоланою не міг забезпечити таких властивостей.

Смітон провів дослідження покладів вапняків на придатність до виготовлення необхідного вапна. Він взяв вапно з різних покладів вапняків і змішував його з пуцоланою, утворюючи кулі, які опускав у горщик з водою, щоб визначити час затвердіння розчину у воді. Завдяки цим емпіричним дослідженням він установив, що для гідротехнічного будівництва необхідно використовувати вапно з домішками глини, яке в разі змішування

з пуцоланою або трасом дає розчини, що застигають у воді та не піддаються впливу морської води. Цей тип вапна він назвав «водним вапном».

Для будівництва маяка Смітон використовував пуцолан як гідралічну добавку, оскільки він був широко доступний на ринку Англії та дешевший за голландський трас. Його відкриття були визнані Королівським науковим товариством, і протягом другої половини XVIII століття він побудував численні мости, гавані та канали. Смітона вважають батьком цивільної інженерії. Відкриття Смітона щодо особливостей водного вапна стало доступним громадськості лише в 1791 році, коли він опублікував працю «Оповідь про будівництво та опис будівництва маяка Еддістоун з каменю». До кінця життя він прагнув знайти місцевий матеріал, який би міг працювати під водою без гідралічних добавок, щоб Англія перестала залежати від імпорту пуцоланів [10].

Незабаром після смерті Смітона, його співвітчизник Джеймс Паркер у 1796 році запатентував виробництво природного цементу із септарію (рис. 1), який твердне під водою. Спочатку він назвав його «Цемент Паркера», проте пізніше перейменував на «Римський цемент». Такий цемент виготовляли шляхом випалу септаріїв з острова Шелпі та подрібнення їх у порошок. Рекомендоване співвідношення було дві частини води до п'яти частин цементу, який твердіє за двадцять хвилин. Паркер створив завод у Нортфліті, продав патент Семуелю Уаятту і в 1797 році емігрував до Америки, де невдовзі помер. У 1798 році цемент отримав торгову назву «Римський цемент». У 1810 р. після втрати чинності патенту багато виробників почали виготовляти цемент під назвою «Романський цемент», використовуючи камені з узбережжя. Виробництво тривало до 1840 року,

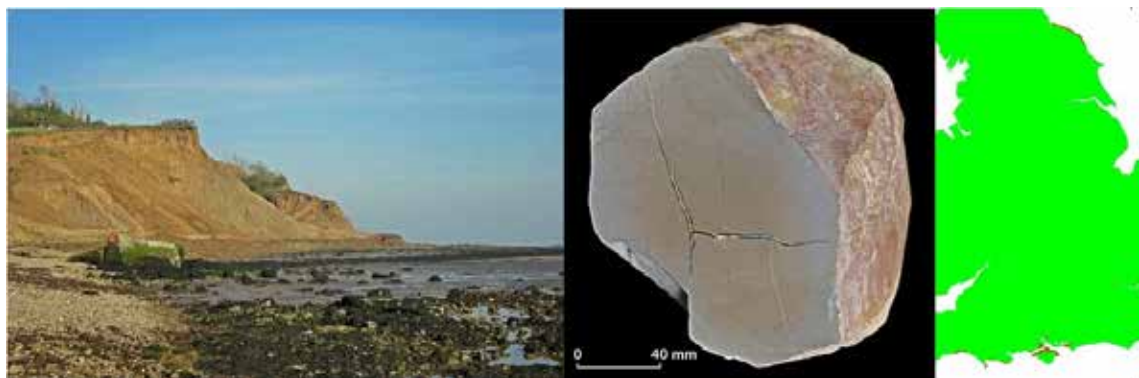


Рис. 1. Септарії на території Англії

Джерело <https://www.cementkilns.co.uk/roman.html>

коли запаси каменю значно виснажилися, і надмірний видобуток призвів навіть до обвалу гаваней. Цемент відіграв важливу роль як у будівництві залізниць, каналів, мостів та тунелів, так і в його експорті в колонії та інші країни, зокрема в Північну Америку, Індію, Німеччину, Австрію. Виснаження ресурсів змусило виробників шукати альтернативи, що спричинило патенти на нові варіації цементів і, врешті-решт, призвело до створення портландцементу [17].

У 1807 році англійський бізнесмен і винахідник Джеймс Фрост заснував підприємство для виробництва романського цементу в Гарвічі. Після цього він почав експериментувати зі складом штучного цементу, аби зробити дешевшу альтернативу римському цементу. Близько 1810 року він виготовив прототип. Протягом 1811–1822 років Д. Фрост отримав близько 20 патентів, останній з яких стосувався виготовлення британського цементу. У патенті 1822 року він зазначив можливість застосування магнезійної сировини: вапняків, мергелів та магнезійних вапняків [15].

У 1824 році британський муляр Джозеф Аспдін запатентував портландцемент (патент № 5022 – «Удосконалення способу виробництва штучного каменю»), який утворювався шляхом випалювання подрібненого вапняку та глини за високих температур до виділення вуглекислого газу. Назва походить від схожості кольору цементу з оолітовим вапняком, що видобувається в Портланді. Однак цей продукт належить до штучних цементів, розроблених для конкуренції з романським цементом Паркера, і був схожий на той, що раніше розробив Джеймс Фрост. Тому він не був портландцементом у сучасному значенні слова, а належав до штучних романських цементів.

Вільям Аспдін, другий син Джозефа Аспдіна, вдосконалив рецептуру свого батька, збільшивши вміст вапняку та випалюючи суміш сильніше. Новий продукт мав повільне твердіння та високу міцність, що робило його придатним для використання в бетоні. Незважаючи на мінералогічну різницю від продукту свого батька, Вільям Аспдін не отримав патенту і не дав цементу нової назви. Замість цього він намагався зберегти деталі своїх методів у таємниці, іноді заявляючи, що користується патентом свого батька. Його цемент першим постійно містив аліт, відповідальний за ранню міцність. Згодом він покинув бізнес через фінансові труднощі, спричинені успіхом кращого та дешевшого цементу Джонсона, який перебрав його завод [14].

Айзек Чарльз Джонсон, син виробника цементу Чарльза Френсіса, намагався розгадати склад портландцементу. Через сувору секретність складу це було неможливо. Коли Френсіс і Уайт розірвали партнерство, Джонсон залишився з Джоном Базелі Уайтом. Після майже дворічної роботи йому вдалося створити власну версію цементу. У 1844 році в ході експериментів він покращив властивості романського цементу, наблизивши їх до сучасного портландцементу. Він заявив, що випалив сировину до температури клінкерування. Цей матеріал зараз називають мезо-портландцементом. Завдяки високій твердості цей тип цементу почав витісняти традиційний романський цемент [16].

Щодо використання романського цементу в Англії він спочатку переважно використовувався в чистому виді для мурування та штукатурних розчинів у гідротехнічному та залізнично-дорожньому будівництві, а також для виготовлення декоративних деталей. Цемент Паркера із септаріїв сильно втрачав міцність у разі змішування з піском і був непридатний для бетонних робіт, проте з відкриттям нових різновидів цементів їх міцність уже дозволяла змішувати їх з піском та щебенем для бетонних робіт. У 1843 р. підрядники провели порівняльні випробування міцності на відрив розчинів піску з романцементом та портландцементом для кладки цегли. Результати засвідчили вдвічі більшу міцність розчину портландцементу з піском в пропорції 1 до 3 в порівнянні з аналогічним розчином романцементу.

Паралельно з англійцями французи також активно займалися розробленням цементів. У 1796 році військовий інженер Лесаж на півночі Франції створив натуральний романський цемент із місцевого септарію, який називав «булонським цементом». У 1802 році в Булонь-сюр-мер відкрили виробництво романського цементу, який називали через швидкість схвалення «гіпсовим цементом».

Французький інженер-хімік Луї Жозеф Віка провів значні дослідження гідралічного вапна, результати яких опублікував у 1817 році. Віка вперше класифікував вапно, запровадивши п'ять типів гідралічного вапна. Він установив, що в разі застосування сильногідралічного вапна можна відмовитися від пуцоланових добавок. Він розробив метод поєднання крейди або вапняку з глиною для отримання сировини для випалювання й подальшого виробництва «штучного цементу». Через високу вартість енергії та інструментів для подрібнення того часу виробництво цієї суміші було складним.

Тому перевага була надана природній суміші цих компонентів у мергелях, родовища яких були виявлені за сприяння Віка. У 1827 році в Бургундії було налагоджено промислове виробництво «Ciment Romain». У 1830 регіон Вассі стає важливим центром виробництва цементу, а з 1840 р. у Франції відкрилося безліч виробництв натуральних цементів. Завдяки цьому Франція в середині XIX століття стала одним із найбільших виробників природних цементів, експортувавши свої матеріали в Італію, Швейцарію, Південну Америку. Тоді французи стали називали свої цементи вапняними або швидкими натуральними, акцентуючи на недоречності використання назви «романцемент» англійцями. Нині французи використовують для них назву «натуральний швидкий цемент».

Щодо Луї Віка, то він також займався будівництвом. Протягом 1812–1832 років він побудував міст у Суяку, який став першим неармованим бетонним мостом. У 1840 році він відкрив клінкер, що є основою портландцементу. У 1855 році Луї Віка та його син Джозеф побудували перший у світі литий бетонний міст – міст Гренобильського саду [13].

На відміну від англійців, які в основному застосовували цемент для розбудови інфраструктури, французи успішно його використовували для реставрації старих готичних храмів, гідротехнічних виробів та декорів, у тому числі блоків зі штучного каменю (рис. 2). З нього виготовляли каналізаційні труби, вази, статуї, балюстради, наріжні камені, замкові камені, карнизи, модульйони. Потім ця практика поширюється на інші міста Європи, зокрема Мадрид, Відень, Будапешт, Братиславу, Краків, а також на північ Африки, Алжир, Туніс. У містах північної Італії також використовували цемент для литва завдяки імпорту цементу з Гренобля. Серед них найбільш відомі Мілан, Турин та Генуя, проте вони застосовували техніку ліпних декорів, що монтувалися на цегляні стіни, тоді штучне каміння в Франції було невід'ємною частиною конструкції. Саме ці типи застосування романських цементів стали популярними в Європі у II пол. XIX ст. Цьому сприяла низка передумов. Зі зростанням популярності цього матеріалу в інших країнах почали відкриватися місцеві виробництва романських цементів, зокрема в Німеччині раннє виробництво почалося у 20-х роках і набуло розквіту в 40-х. На той момент Німеччина також експортувала свої цементи до Австрії та Швейцарії. У Швейцарії власне виробництво стартувало в 1832 р., в Іспанії – у 1835 р., у Данії – у 40-х роках, в Австрії – у 1842 р.,

в Угорщині – у 1855 р., в Італії – у 1858 р., у Португалії – у 1856 р., у Польщі, Галичині та Румунії власні виробництва розпочалися з 1885 р. У той час англійці вже експортували портландцемент, проте через технологічну складність його виготовлення він вироблявся до кінця XIX ст. в невеликих масштабах і переважно використовувався на об'єктах, які потребували більшої міцності та водостійкості від цементу. У другій половині XIX ст. й інші країни починають виготовляти ранні портландцементи, проте технологія їх випалу все ще була нерівномірною, склад не був стандартизованим, у деяких регіонах усе ще використовували за сировину мергелі замість штучних сумішей, технологія помелу була грубою. Усе це робило ранні портландцементи відмінними від сучасних, тому нині до них застосовують назву мезопортландцементи. Для прикладу, в Австро-Угорській імперії, де в 1856 р. вже почали виробляти натуральний портландцемент із мергелю, його випадково відкрили, дослідивши залишки перепаленого клінкеру під час виготовлення романцементу [18]. Після цього на території Австро-Угорської імперії ще на декількох романцементних виробництвах почали також виготовляти природний портландцемент, проте станом на 1887 р. виробництво романського цементу все ще було більше в 5 разів [11]. У цей же період у Франції застосовували велику кількість різновидів романських цементів, які відрізнялися міцністю, кольором, часом схоплення і стійкістю до атмосферних впливів. Тому розробили каталоги з описом різновидів цементів, їх цінами та рекомендаціями щодо ефективності застосування. У цьому переліку вказано підприємства, які випалювали сировину у двох температурних режимах, паралельно виготовляючи з неї як швидкі романські цементи, так і повільні природні портландцементи. У кінці XIX ст. почало підніматися питання про те, що застосування портландцементу буде більш ефективним та надійним. Це пов'язували з більшою міцністю, стабільністю характеристик, можливістю додавання значно більшої кількості наповнювачів, зручністю повільного схоплення, яке дозволяло задіювати менш спеціалізованих працівників. Це призвело до поступового перепрофілювання заводів на виробництво портландцементів, яке остаточно завершилось на початку XX ст. Проте Вікат у Франції продовжував у невеликих кількостях виробляти швидкий природний цемент під маркою Promt для специфічних гідротехнічних робіт. Щодо портландцементу технологія виготовлення та шлях стандартизації тривав до початку XX ст. Протягом цього

часу були приклади виготовлення близьких за властивостями до портландцементу природних цементів, зокрема у Франції на деяких виробництвах було два температурних режими випалу сировини, що дозволяло виготовляти як романцемент, так і близький до портландцементу за характеристиками натуральний цемент.

Для розуміння ролі романського цементу в архітектурі Європи та Америки XIX ст. слід детальніше розглянути розвиток технологій його застосування. Для цього необхідно зосередитись на Франції й розглянути два основних напрями розвитку технологій:

1. Розвиток технологій виготовлення та застосування романцементу як заміни натурального каменю.

Важливу роль тут відіграв у XVIII ст. французький винахідник та архітектор Франсуа Куінтеро, спеціаліст із глинобитного будівництва. Він є винахідником крецису – машини для виробництва саману. До 1786 р. працював у Греноблі, після цього переїхав до Парижу. Його напрацювання з опалубками і формами для глинобитної архітектури згодом надихнули в 1830-х роках французьких підприємців та архітекторів до використання литого цементу [8].

Архітектор Франсуа-Мартен Лебрен був піонером у застосуванні цементу в будівництві. Напрацювання Луї Віка про гідравлічне вапно та спостереження за місцевими глинобитними конструкціями і римськими будівлями спрямували його інтерес до використання

цементу. Разом зі своїм братом він побудував два заводи гідравлічного вапна, потім завод гідропластичного цементу, що спеціалізувався на формуванні збірних цементних деталей. У 1828 році він побудував будинок свого брата в Марссак-сюр-Тарн із цього матеріалу.

Разом зі своїм братом вони розробили орнаменти з гідропластичного цементу. Цементні вироби виготовляли в чавунних формах. Брати Лебрен провели багато випробувань своїх продуктів, намагаючись їх покращити. Наприклад, помітивши, що покриття потріскалося через три роки, вони винайшли пристрій для стиснення шарів цементу й оформили патент на винахід 13 листопада 1844 р., до якого до 1861 року було додано 9 додатків.

У 1832 році Лебрен побудував ратушу Гайяк, де використав свій метод будівництва для створення склепінь. Це перше використання бетону в цивільному будівництві. У 1834–1835 роках він побудував дві початкові школи з бетонними стінами в Сент-Еньян і Кастельфєррус. У 1835 році він опублікував брошуру «Практичний метод використання бетону для заміни будь-якого іншого типу кладки в будівництві взагалі як заміну для будь-якого іншого використання матеріалу в конструкціях». У 1836 році його успіхи у використанні бетону в будівництві привели його до будівництва протестантського храму Корбар'є з неармованого бетону. У 1840 р. Лебрен завершує з дозволу міністра громадських робіт побудову бетонного



Рис. 2. Виготовлення блоків із романцементу у Франції XIX ст.  
Джерело <https://hal.science/hal-01872660v1/document>

монолітного мосту за власний кошт у Грізолі. Разом з Еженом Віолле-ле-Дюком і Теодором Олів'є він відповідав за реставрацію консульського будинку Сен-Антонен-Нобль-Валь між 1845 і 1851 роками [3].

Франсуа Куаньє є піонером у розробленні бетону, він першим почав використовувати цей матеріал для будівництва будівель. У 1854 році він запатентував «економічний бетон» і відкрив фабрику в Сен-Дені в районі Парижа. Йому належить винайдення агломерованого бетону. Спільно з архітектором Теодором Лечезом експериментує з бутовим каменем із цементу. З рекламною метою в 1855 р. він задумав разом із цим архітектором побудувати в Парижі будинок зі штучного цементного каменю. Це перший будинок, побудований у Франції з використанням саманного бетону, залитого в опалубку, і перший будинок у Франції з агломерованого бетону.

Приблизно в 1860 році цей новий процес було використано у Великій Британії підприємцем Джозефом Таллом. У 1865 році він подав патент, який дозволяв стандартизувати стіни та підлогу за допомогою знімної опалубки. Використовуючи цей процес, він зробив кілька будинків, які існують досі.

З 1862 по 1865 рік він постачав збірними бетонними елементами будівельний майданчик церкви Сент-Маргеріт дю Везіне, архітектором якої був Луї-Огюст Буало. Ця церква вважається першою непромисловою будівлею з бетону, що імітує штучний камінь.

2. Поява армованого цементу та вдосконалення технологій залізобетонного будівництва.

Наступним великим внеском французів є формування основ залізобетонного виробництва, спочатку з використанням романських цементів, яке згодом стало невід'ємною частиною портландцементного бетону.

У 1845 р. садівник Джозеф Луї Ламброт у Мірвалі виготовив ящики і резервуари для дерев із залізного дроту та розчину, застосувавши техніку скульптурного лиття. У 1855 р. він подав патент на поєднання заліза та розчину для суднобудування і горщиків.

Жозеф Моньє, французький садівник, став одним із винахідників ферроцементу, попередника залізобетону. Він назвав його «армований цемент». У 1846 році його призначають садівником Лувру, а згодом, у 1852 році імператор доручає йому розвивати Булонський ліс подібно до Гайд-парку в Лондоні. Там вдається застосувати техніку рокарію з використанням цементу, нанесеного на каркаси з металевої сітки. Ці напрацювання та, можливо, знайомство з винаходом Ламброта на

виставці дозволяє йому розробити технологію армованих горщиків. Свій винахід Моньє виставив на Паризькій виставці в 1867 р., тоді ж отримав свій перший патент на армовані залізом корита для садівництва. Він продовжував знаходити нові способи використання матеріалу й отримав більше патентів: армовані залізом бетонні труби та басейни (1868); залізобетонні панелі для фасадів будівель (1869); мости із залізобетону (1873); залізобетонні балки (1878). У 1875 році в замку Шазеле за його дизайном було побудовано перший в історії залізобетонний міст. Моньє отримав патенти в багатьох країнах, по всій Європі та за кордоном і згодом вирішив продати свої права за межами Франції місцевим бізнесменам та інженерам за одноразову оплату [5]. Ім'я Моньє було широко розголошено завдяки роботам Густава Адольфа Вайса. Вайс отримав контроль над патентами Monier по всій Німеччині та Австрії шляхом купівлі та злиття і просував технологію як «Das System Monier» або «Monierbau». У 1887 році Вайс опублікував результати своїх досліджень у книзі «Система Моньє, залізний скелет із цементним покриттям».

Дослідження науки і математики залізобетонних конструкцій швидко прогресували в останнє десятиліття XIX століття. Основними учасниками, які працювали під прапором Monierbau, були Маттіас Коєнен і Еміль Мерш. Спочатку робота була зосереджена на аровних мостах і лише пізніше поширилася на будівлі [20].

У 1860 році Франсуа Еннебік став муляром і вирішив зайнятися реставрацією церков. У 1867 році він заснував власну будівельно-ремонтну компанію в Брюсселі. Там Франсуа Еннебік дізнався про будівництво з армованого цементу за системою Жозефа Моньє. У 1879 році Еннебік вперше застосував залізобетон у будівництві. Система «Армованого бетону» розпочалася з використання бетону як протипожежного захисту для балок із кованих заліза. Однак він зрозумів, що система підлоги була б економічнішою, якби залізо використовувалося лише там, де плита працює на розтяг. Його рішенням став залізобетон – бетонна плита зі сталевими прутами в нижній частині. У 1892 році він заснував міжнародне інжинірингове агентство в Парижі і зареєстрував свій перший патент на використання залізобетону під назвою «Особлива комбінація металу та цементу». Він також розробив свою концепцію, яка згодом стала системою Еннебіка: набір армуючих скоб із плоского заліза шириною від 25 до 30 мм, призначених для з'єднання та гомогенізації мас, які стали

попередниками арматури. Між 1895 і 1910 роками міжнародний успіх агентства дозволив йому здійснити фактичну монополію в галузі залізобетонного будівництва, і його технологія стала конкурувати з металом у будівництві інженерних споруд [4].

На окрему увагу заслуговує застосування романських цементів у США. Канвас Уайт запатентував «цемент Розендейл», провідний цемент у Сполучених Штатах до 1900 року. Навесні 1816 року він приєднався до корпусу інженерів каналу Ері під керівництвом Бенджаміна Райта. Комісари каналів зіткнулися зі значними труднощами в закупівлі цементу, придатного для використання в будівництві шлюзів, і нарешті було запропоновано імпортувати необхідний товар з Англії за значні кошти. Однак містер Вайт звернув увагу на це питання, і після повторних експериментів йому вдалося виготовити з доломіту, знайденого в 1818 р. в окрузі Медісон, природний гідралічний цемент, який точно відповідав меті, не потребував хімічних добавок, був міцніший за романський цемент Паркера і на який він отримав патент у 1820 році. У Розендейлі цементний камінь було відкрито в 1825 р., через що він отримав назву «розендейл». Невдовзі було засновано декілька заводів. Завдяки близькості регіону Розендейл до Делаверського та Гудзонового каналів цей цемент із легкістю поширився на все східне узбережжя Америки та острови Вест-Індії. З початком американської промислової революції попит на цемент зріс. Протягом XIX ст. цемент використовувався для будівництва доріг, дамб, електростанцій, мостів, урядових будівель, цистерн, підвалів, системи Кротонського акведуку. Крім цього, такий цемент використовувався для будівельних розчинів і штукатурок [23]. Найвизначнішими пам'ятками, побудованими з використанням цього цементу, є Бруклінський міст, п'єдестал Статуї Свободи, крила Капітолію США, нижня частина монументу Вашингтона.

У той же період в Англії відбулось декілька важливих відкриттів. У 1880 р. Джордж Грант з Англії показав важливість використання найбільш твердих і щільних частин клінкеру. Ключові інгредієнти пройшли хімічний аналіз. У 1887 р. Анрі Ле Шательє з Франції встановив співвідношення оксидів вапна для виробництва портландцементу. У 1885 році Фредерік Ренсон запатентував (№ 5442) злегка нахилену горизонтальну піч для виробництва цементу (покращена версія печі Крамптона), яку можна було обертати, щоб матеріал поступово переміщався з одного

кінця до іншого. Хоча експерименти із цим не мали комерційного успіху, його проекти забезпечили основу для успішних печей у США з 1891 року, які згодом наслідували в усьому світі. Саме цей процес зміг значно здешевити виробництво портландцементу, що дозволило йому витіснити романські цементи.

До 1910 року через поширення портландцементу та його здешевлення завдяки горизонтальним ротаційним циліндричним печам, зміні стандартів інженерного товариства на користь портландцементу попит на натуральний цемент впав з 8,5 млн барелів на рік до 1 млн барелів на рік. До 1920 року працював лише один завод AJ Snyder. Проте на початку 1930-х років американські будівельники виявили, що хоч портландцемент і схоплюється швидше, він не такий міцний і довговічний, як натуральний цемент, що критично для шосейних доріг, тому деякі штати навіть перестали будувати дороги з цементу. Проте Бертейн Вейт, знаючи про довговічність цементу розендейл, запропонував суміш цементів, яка мала би переваги їх обох. Він переконав побудувати експериментальну ділянку шосе поблизу Нью-Пальца, штат Нью-Йорк, використовуючи пропорцію 1 до 6 відносно розендейла та портландцементу. Це був успіх, який забезпечив застосування суміші протягом десятиліть. Далі експерименти продовжив А. Дж. Снайдер, після чого довговічність гібриду цементів оцінили інженери штату Нью-Йорк. Завдяки цьому цей гібрид застосовувався під час будівництва Рокфелерівського центру та морського шляху Святого Лаврентія. Проте занепад галузі був неминучим, і в 1970 році була закрита остання шахта в Розендейлі. У 1978 році скасовано стандартну специфікацію ASTM C10 для природного цементу через припинення його застосування.

## ВИСНОВКИ

Використання суміші вапна та пуцоланових пісків римлянами сприяло розвитку гідралічних в'язучих матеріалів та технологій будівництва. Після падіння Римської імперії більшість технологій було втрачено. Проте у Візантійській імперії та європейських королівствах романського та готичного періоду все ще продовжували використовувати цем'янку як гідралічну добавку для розчинів. На початку Нового Часу віднайдення праць Вітрувія вплинуло на активізацію застосування гідралічних в'язучих матеріалів із пуцолановими добавками.

Для періоду XV – I пол. XVIII ст. власним є розвиток та поширення Європою

технологій застосування розчинів гідратного вапна з гідралічними добавками в гідротехнічному будівництві: італійськими пуцоланами та німецько-голландськими трасами. Ці розчини були стійкими у прісній воді, але не стійкими – у морській.

У середині XVIII ст. Джон Смітон змінив ситуацію, завдяки дослідам встановивши, що застосування вапна із глинистих вапняків у поєднанні з пуцоланою чи трасом дає кращі гідралічні властивості розчинам, що дозволяє застосовувати їх і в морській воді. Це відкриття сприяло активній розбудові гідротехнічних споруд в Англії у II пол. XVIII ст.

У кінці XVIII ст. Джеймс Паркер запатентував «Цемент Паркера», який пізніше отримав назву «Римський цемент». Це стало революційним відкриттям, оскільки дозволило відмовитися від імпортованих гідралічних добавок і використовувати місцеву сировину – септарії. Цей цемент відіграв важливу роль у будівництві залізниць, каналів, мостів та тунелів на початку XIX століття. Але через його інтенсивне виробництво вже до середини XIX ст. запаси септаріїв майже вичерпалися. Проте завдяки особливостям економічно-правової системи Англії та великому попиту на цементі протягом XIX ст. ціла плеяда винахідників і промисловців займалась пошуком альтернативної сировини та вдосконаленням процесів виробництва цементів, що в кінцевому результаті призвело до появи портландцементу.

Тоді як англійці робили акцент на розвитку технологій виробництва цементів, французи розвивали технології їх застосування в будівництві. Цьому сприяв внесок Луї Джозефа Віка, який класифікував гідралічне вапно, розробив метод виробництва штучного цементу та сприяв пошуку кар'єрів для виробництва романських цементів. Він не патентував свої відкриття, що дало можливість французам вільно нарощувати виробництво цементу, це сприяло тому, що винахідники змогли зосередитися на розвитку технологій будівництва, а не виробництва сировини.

Завдяки цьому у Франції розробили безліч варіантів виготовлення штучних каменів, чим спричинили популярність у XIX ст. романського цементу як дешевшої та швидшої у виробництві альтернативи натурального каменю. Ще одним важливим напрямком, в якому працювали французи, став армований цемент, який згодом удосконалився до залізобетону. У цьому випадку використовувався як романцемент, так і портландцемент, проте останній набув значного поширення лише на початку XX ст. В Італії цемент використовували

в штукатурних і ліпних робах. Загалом, завдяки романському цементу для архітектури XIX ст. характерний перехід від кам'яних декорів до штучних, а згодом і перехід до залізобетонної архітектури, яка протягом першої половини XX ст. переходить від декоративної до виключно конструктивної архітектури, що спричинило витіснення романцементу портландцементом, який є більш доцільним у залізобетонному будівництві.

Отже, в дослідженні розглянуто основні чинники, які впливали на застосування романських цементів в архітектурі Європи XIX ст. Результати дослідження є підґрунтям для аналізу застосування романського цементу в архітектурі українських міст, зокрема Львова, який у той час активно розбудовувався. Це дозволить визначити вплив італійської та французької моделей оздоблення будівель і встановити час переходу від романцементного залізобетону до портландцементного.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Баранович Л., Баранович О. Бетон: історія його виникнення та шлях його прогресу як передового будівельного матеріалу. *Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія «Архітектура та будівництво»*. 2024. № 25. С. 78–84. DOI: 10.31734/architecture2024.25.078.
- [2] Дорошенко О., Дорошенко Ю. Історія розвитку і використання цементного бетону в будівництві. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. 2010. В. 7. С. 99–102.
- [3] Bezançon X., Devillebichot D. History of modern and contemporary construction in France. Paris: Eyrolles. 2013. pp. 53–54.
- [4] Bella D. François Hennebique inventeur du béton armé. *Cent ans de vie dans la région*. 1898. Т. 1, pp. 90–91.
- [5] Bosc J., Chauveau J., Clément J. Joseph Monier et la naissance du ciment armé. *Éditions du Linteau*. 2001. p. 66.
- [6] Cantisani E., Falabella A., Fratini F., Pecchioni E., Vettori S., Antonelli F., Giamello M., Lezzerini M. Production of the Roman Cement in Italy: Characterization of a Raw Material Used in Tuscany between 19th and 20th Century and Its Comparison with a Commercialized French Stone Material. *Int. J. Archit. Herit.* 2018. №12, pp. 1038–1050. DOI: 10.1080/15583058.2018.1431730.
- [7] Chelini J., Alcuin, Charlemagne et Saint-Martin de Tours. *In Revue d'histoire de l'Église de France*. 1961. pp. 19–50.
- [8] Hubert J. Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes: François Cointeraux (1740–1830) : pionnier de la construction moderne en pisé. 1994. pp. 3–12.
- [9] Jebbawy M., Thiery V., Bouichou M., Marie-Victoire E., Davy C., Izoret L., Albert-Mercier C., Moreau M. Study of the first boulogne-sur-mer cements used for a historic aqueduct from the 19th century. *Materials and Technologies*. 2022. pp. 555–561. DOI: 10.17222/mit.2022.554.

- [10] John Smeaton. *American society of civil engineers*. URL: <https://www.asce.org/about-civil-engineering/history-and-heritage/notable-civil-engineers/john-smeaton> (дата звернення: 25.04.2025).
- [11] Kozłowski R., Hughes D., Weber J. Roman cements – key materials of the built heritage of the nineteenth century. *Technologies and Practice in Historic Heritage Structures* / by the editor M. Boştenaru Dan, R. Přikryl, Á. Török, Dordrecht: Springer. 2010. pp. 1–28.
- [12] Maljaee H., Silva A., Velosa A. Characterization of Mortar from Casa Barbot (Portugal), a Case Study from the Beginning of the 20th Century. *Buildings*. 2023. Vol. 13. № 232. DOI: 10.3390/buildings13010232.
- [13] Mary L. Notice sur la vie et les travaux de M. Vicat, inspecteur général des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées. Mémoires et documents relatifs à l'art des constructions et au service de l'ingénieur*. 1862. P. 180–216.
- [14] Moore D. Aspdin's "Portland Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*. 2017. URL: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc008.html> (дата звернення: 25.04.2025).
- [15] Moore D. Frost's "British Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*. 2017. URL: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc007.html> (дата звернення: 25.04.2025).
- [16] Moore D. I. C. Johnson's experiments on Portland Cement. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*. 2025. URL: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc010.html> (дата звернення: 25.05.2025).
- [17] Moore D. Parker's "Roman Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*. 2017. URL: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc006.html> (дата звернення: 25.04.2025).
- [18] Pintér F., Gosselin C. The origin, composition and early age hydration mechanisms of Austrian natural Portland cement. *Cement and Concrete Research*. 2008. Vol.110. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.04.020.
- [19] Raczekiewicz W. Beton – materiał budowlany znany od wieków. *Konstrukcje-elementy-materialy. Przegląd budowlany*. 2012. P. 13–18.
- [20] Stegmann K., Kuban S. "Ruhelos und unsteten Sinnes" – Zur Bedeutung des Eisenbetonpioniers Gustav Adolf Wayss (1851–1917). *Beton- und Stahlbetonbau*. 2017. Vol. 8. P. 545–555.
- [21] Szelağ H., Garbacik A., Pichniarczyk P., Baran T. Cement romański i jego właściwości. *Surowce i Maszyny Budowlane*. 2008. № 1. P. 74–78.
- [22] Szelağ H., Garbacik A., Pichniarczyk P., Baran T. Współczesny cement romański i jego właściwości. *Czasopismo techniczne. Budownictwo*. 2009. № 2. P. 337–345.
- [23] Werner D., Burmeister K. An Overview of the History and Economic Geology of the Natural Cement Industry at Rosendale, Ulster County, New York. *Journal of ASTM International*. 2007. Vol. 4. № 1. P. 1–14.
- [1] Baranovych, L., & Baranovych, O. (2024). Beton: istoriia yoho vynyknennia ta shliakh yoho prohesu yak peredovoho budivel'noho materialu [Concrete: the history of its origin and its progress as an advanced building material]. *Visnyk NU "L'vivs'ka politekhnika". Serii "Arkhitektura ta budivnytstvo" – Bulletin of the NU "Lviv Polytechnic". Series "Architecture and Construction"*, 25, 78–84 DOI: 10.31734/architecture2024.25.078 [in Ukrainian].
- [2] Doroshenko, O., & Doroshenko, Yu. (2010). Istoriia rozvytku i vykorystannia tsementnoho betonu v budivnytstvi [The history of the development and use of cement concrete in construction]. *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. Tekhnichna serii – Project management, systems analysis, and logistics. Technical series*, 7, 99–102 [in Ukrainian].
- [3] Bezançon, X., & Devillebichot, D. (2013). *History of modern and contemporary construction in France*. Paris: Eyrolles. 53–54 [in English].
- [4] Bella, D. (1898). François Hennebique inventeur du béton armé [François Hennebique, inventor of reinforced concrete]. *Cent ans de vie dans la région*, 1, 90–91 [in French].
- [5] Bosc, J., Chauveau, J., & Clément, J. (2001). Joseph Monier et la naissance du ciment armé [Joseph Monier and the birth of reinforced concrete]. *Éditions du Linteau*, 66 [in French].
- [6] Cantisani, E., Falabella, A., Fratini, F., Pecchioni, E., Vettori, S., Antonelli, F., Giamello, M., & Lezzerini, M. (2018). Production of the Roman cement in Italy: Characterization of a raw material used in Tuscany between 19th and 20th century and its comparison with a commercialized French stone material. *International Journal of Architectural Heritage*, 12(6), 1038–1050, DOI: 10.1080/15583058.2018.1431730 [in English].
- [7] Chelini, J. (1961). Alcuin, Charlemagne et Saint-Martin de Tours [Alcuin, Charlemagne and Saint Martin of Tours]. *In Revue d'histoire de l'Église de France*, 144, 19–50 [in French].
- [8] Hubert, J. (1994). Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes: François Cointeraux (1740–1830) : pionnier de la construction moderne en pisé [A major figure in the Rhône-Alpes regional heritage: François Cointeraux (1740–1830): pioneer of modern rammed earth construction], 3–12 [in French].
- [9] Jebbawy, M., Thiery, V., Bouichou, M., Marie-Victoire, E., Davy, C., Izoret, L., Albert-Mercier, C., & Moreau, M. (2022). Study of the first boulogne-sur-mer cements used for a historic aqueduct from the 19th century. *Materials and Technologies*, 56(5), 555–561, DOI: 10.17222/mit.2022.554 [in English].
- [10] John Smeaton. *American society of civil engineers*. Retrieved from <https://www.asce.org/about-civil-engineering/history-and-heritage/notable-civil-engineers/john-smeaton> [in English].
- [11] Kozłowski, R., Hughes, D., & Weber, J. (2010). Roman cements – key materials of the built heritage of the nineteenth century. *Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*. M. Boştenaru Dan, R. Přikryl, Á. Török (Eds.), (pp. 1–28), Dordrecht: Springer. [in English].
- [12] Maljaee, H., Silva, A., & Velosa, A. (2023). Characterization of Mortar from Casa Barbot (Portugal), a Case Study from the Beginning of the 20th Century. *Buildings*, 13(1), 232, 1–19, DOI: 10.3390/buildings13010232 [in English].
- [13] Mary, L. (1862). Notice sur la vie et les travaux de M. Vicat, inspecteur général des ponts et chaussées

## REFERENCES

[Notice on the life and works of Mr. Vicat, general inspector of bridges and roads]. *Annales des ponts et chaussées. Mémoires et documents relatifs à l'art des constructions et au service de l'ingénieur*, 180–216 [in French].

[14] Moore, D. (2017). Aspdin's "Portland Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*, Retrieved from: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc008.html> [in English].

[15] Moore, D. (2017). Frost's "British Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*, Retrieved from: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc007.html> [in English].

[16] Moore, D. (2025). I. C. Johnson's experiments on Portland Cement. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*, Retrieved from: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc010.html> [in English].

[17] Moore, D. (2017). Parker's "Roman Cement" Patent. *Cement Plants and Kilns in Britain and Ireland*, Retrieved from: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc006.html> [in English].

[18] Pintér, F., & Gosselin, C. (2008). The origin, composition and early age hydration mechanisms of Austrian natural Portland cement. *Cement and Concrete Research*, 110, 1–12, DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.04.020 [in English].

[19] Raczkiewicz, W. (2012). Beton – materiał budowlany znany od wieków [Concrete – a building material known for centuries]. *Konstrukcje-elementy-materialy. Przegląd budowlany*, 13–18 [in Polish].

[20] Stegmann, K., & Kuban, S. (2017). "Ruhelos und unsteten Sinnes" – Zur Bedeutung des Eisenbetonpioniers Gustav Adolf Wayss (1851–1917) ["Restless and restless" – On the significance of the reinforced concrete pioneer Gustav Adolf Wayss (1851–1917)]. *Beton und Stahlbetonbau*, 8, 545–555 [in German].

[21] Szeląg, H., Garbacik, A., Pichniarczyk, P., & Baran, T. (2008). Cement rzymski i jego właściwości [Roman cement and its properties]. *Surowce i Maszyny Budowlane*, 1, 74–78 [in Polish].

[22] Szeląg, H., Garbacik, A., Pichniarczyk, P., & Baran, T. (2009). Współczesny cement rzymski i jego właściwości [Contemporary Romanesque cement and its properties]. *Czasopismo techniczne. Budownictwo*, 2, 337–345 [in Polish].

[23] Werner, D., & Burmeister, K. (2007). An Overview of the History and Economic Geology of the Natural Cement Industry at Rosendale, Ulster County, New York. *Journal of ASTM International*, 4(1), 1–14 [in English].

## ABSTRACT

### **Fedoryshyn A., Rybchynskiy O. History of the production and use of Roman cement in architecture of the 19th century**

*The discovery of Roman cement by Parker in 1796 was preceded by a long journey from Roman concrete to Smithon's "water lime". Initially, it was produced from septaria, later from marls and dolomites. In the first half of the 19th century, along with England, cement was actively produced in France and Germany, and later production spread to the rest of Europe and America. Depending on the region, it is called Roman cement, fast natural cement, or names belonging to the area. It plays a key role in the development of the transport infrastructure of countries. Thanks to the innovations of the French and Italians, it becomes an integral part of the decoration of buildings. It plays an important role in the formation of reinforced concrete, but later it is inferior to Portland cement. The period of use of Roman cement is characterized by the transition from traditional architecture from natural stone to artificial stone, and its further transformation into reinforced concrete.*

**Purpose:** to investigate the features of the production and use of Roman cement in the architecture of the 19th century.

**Methodology.** Method of systematization and synthesis of literary sources, content analysis, data interpretation, generalization of results

**Results.** The importance of pozzolana and trass, as hydraulic additives that played a key role in hydraulic engineering until the end of the 18th century, is determined. The features of the production and use of hydraulic lime are established. The factors that influenced the emergence of Roman cement in England, its development and the subsequent search for alternative binders, which led to the emergence of Portland cement, are highlighted. The prerequisites that influenced the rapid development of the use of Roman cement in France as a structural and decorative material and its spread throughout Europe are considered.

*The role of Italy in the beginning of the use of Roman cement as a decorative and finishing material is determined. The development of technologies in France that influenced the transition from artificial stone to reinforced concrete structures is considered.*

**Scientific novelty.** *The role and place of Roman cement in the development and formation of 19th century architecture is determined.*

**Practical relevance.** *A holistic understanding of the spread of the use of Roman cement in 19th century architecture is formed. Data on the beginning of the use and production of Romanesque cements in different countries are systematized. The key features of the development of both cement production technologies and their application in the 19th century are considered.*

**Keywords:** *Roman cement, natural quick cement, limestone cement, hydraulic lime, Rosendale cement, 19th century architectural decor.*

#### **AUTHOR'S NOTE:**

**Fedoryshyn Andriy**, *Postgraduate Student at the Department of Architecture and Restoration, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: art.and.rest@gmail.com, orcid: 0000-0003-3461-0977.*

**Rybychynskyi Oleg**, *Doctor of Architecture, Professor at the Department of Architecture and Restoration, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: zoroleh@gmail.com, orcid: 0000-0001-9936-6122.*

Стаття подана до редакції 27.05.2025 р.