

DOI: <https://doi.org/.....>

УДК 691.53(477.411)

**Логвин Наталія Григорівна,**

*кандидат архітектури, доцент*

*Міжнародний Європейський університет*

*October152020@ukr.net*

<https://orcid.org/0000-0003-4648-6213>

## **ПРО ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПАМ'ЯТОК СТАРОДАВНЬОГО КИЄВА X – XII ст.**

Анотація: у статті розглядаються властивості будівельних матеріалів давньоруських пам'яток Києва X-XII століть – плоского великоформатної цегли – плінфи та вапняно-цем'яночного розчину. Велику кількість різноманітних глин і суглинків, які дуже часто зустрічаються на території Києва та його околиць, зумовила розмаїття київських плінф за кольором і включеннями, від світло-жовтих і сірувато-бузкових до помаранчевих і темно-червоних. Виготовляли плінфу з очищеної сировини, а також з глиняної маси з великою кількістю вигоряючих домішок і дрівси. Заповнювач вапняного розчину – цем'янку виготовляли з слабо випаленої глиняної маси або товченого бою цегли.

Ретельне виготовлення сировини для плінфи та випал при температурі не нижче 1000-1200°C зумовили її високу міцність, яка, однак, знижувалась за рахунок горизонтальних щілиноподібних порожнин, утворених в результаті ручної формовки, а також порожнин від вигоряючих домішок.

Досліджені автором зразки плінфи київських пам'яток показали міцність в середньому від 100 до 200-300 кг/кв.см і водопоглинання від 10 до 20 % (таблиця 1). Виняток складають деякі плінфи Успенського собору Печерського монастиря, міцність яких при стисненні досягла 400-500 кг/кв.см, а водопоглинання – 5,6 %. Ці характеристики давньоруських плінфи та розчину цілком співставні з властивостями та міцністю сучасних будівельних матеріалів.

Відкрита поверхня кладки з плінфи на вапняно-цем'яночному розчині внаслідок високої пористості та водопоглинання матеріалу досить швидко починала руйнуватися під впливом атмосферних опадів і перепадів температури, як це можна бачити на відкритих зондажах кладки давньоруських пам'яток. Поверхні стін пам'яток покривалися ретельно виготовленою вапняно-цем'яночною штукатуркою як ззовні, на фасадах, так і в інтер'єрі. Фрагменти первісної стародавньої штукатурки вціліли на стінах Софійського собору та Михайлівської церкви Видубицького монастиря.

Розвиток будівельної техніки та високоякісні будівельні матеріали – вапняно-цемент'янковий розчин і плінфа – зумовили стійкість і довговічність конструкцій давньоруських пам'яток протягом століть.

Ключові слова: Київ; давньоруські пам'ятки; плінфа; вапняно-цемент'янковий розчин; міцність; водопоглинання.

**Постановка проблеми:** не зважаючи на розвиток сучасних технологій і нових будівельних матеріалів, застосування досвіду давньоруських майстрів дозволить урізноманітнити використання екологічно дружніх будівельних матеріалів – цегли-плінфи та вапняно-цемент'янкового розчину, які довели свою високу якість і довговічність.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження будівельних розчинів та плінфи давніх пам'яток Києва стосувалися виключно хімічних аналізів складових цих матеріалів, тоді як на такі властивості цегли і розчину, як міцність і водопоглинання, що є важливими для будівельної практики, не звертали уваги.

**Метою публікації** є результати натурних і лабораторних досліджень давньоруських будівельних матеріалів пам'яток Києва X – початку XII ст.

**Основна частина.** Найдавніші муровані пам'ятки стародавнього Києва, відомі нам з археологічних розвідок, датуються X століттям. Відтоді у столиці Київської держави розгортається безперервне будівництво мурованих палаців та церков. Високий рівень майстерності та розвитку давньоруського ремісничого виробництва сприяли швидкому опануванню будівельної техніки з цегли-плінфи й каменю на вапняно-цемент'янковому розчині.

Давньоруська плінфа являє собою великоформатну пласку цеглу зі сторонами від 26 до 40 см, найпоширеніший розмір – від 27 до 36 см, завтовшки від 2.5 – 3 см до 4.5 см. Сировиною для виготовлення плінфи і цемент'янки – наповнювача вапняного розчину – використовувалися лес та різноманітні глини, якими багата територія Києва та його ближніх і далеких околиць. Деякі родовища знаходилися поблизу річок, що полегшувало транспортування сировини та виробів з неї до міста (7; 8). Велика кількість різноманітних глин та суглинків зумовила різноманітність київської плінфи за домішками й кольором, від світло-жовтого й сірувато-бузкового до помаранчевого й темно-червоного. Виготовлялася плінфа як із порівняно очищеної однорідної сировини, так і з глинистої маси з великою кількістю вигоряючих домішок і жорстви. Остання у вигляді дрібних камінців діаметром від 2 до 6 мм може бути як природною складовою глиняної маси, так і штучною домішкою (Рис. 1, поз. 5-7).

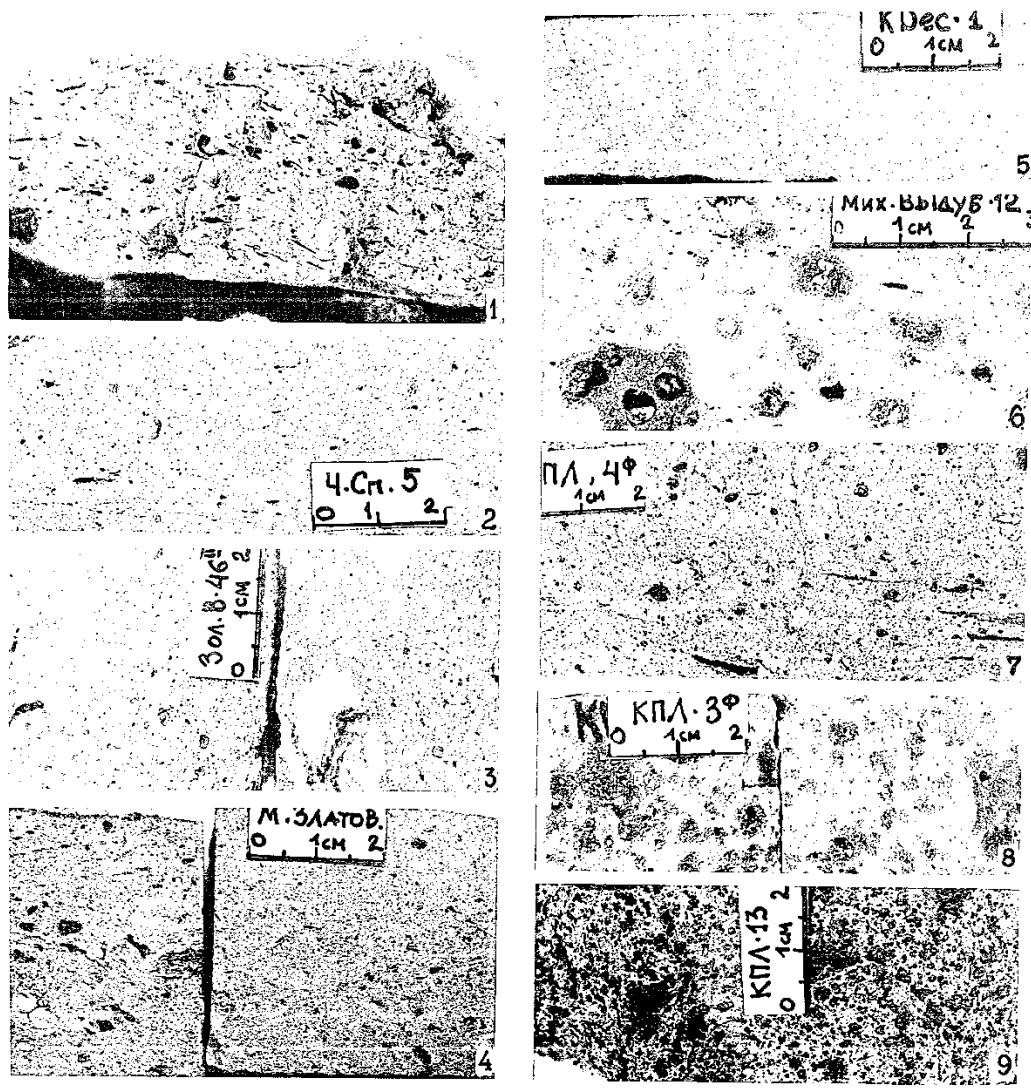


Рис. 1. Зрізи плінфи київських пам'яток X – початку XII ст.

1. Центрична споруда на Старокиївській горі, X ст.; 2. Спаський собор у Чернігові, XI ст.; 3. Золоті ворота, прикладки, XI – XII ст.; 4. Михайлівський Золотоверхий собор, поч. XII ст.; 5. Десятинна церква, кін. X ст.; 6. Михайлівська церква Видубицького монастиря, XI ст.; 7-9. Успенський собор Печерського монастиря, XI ст.

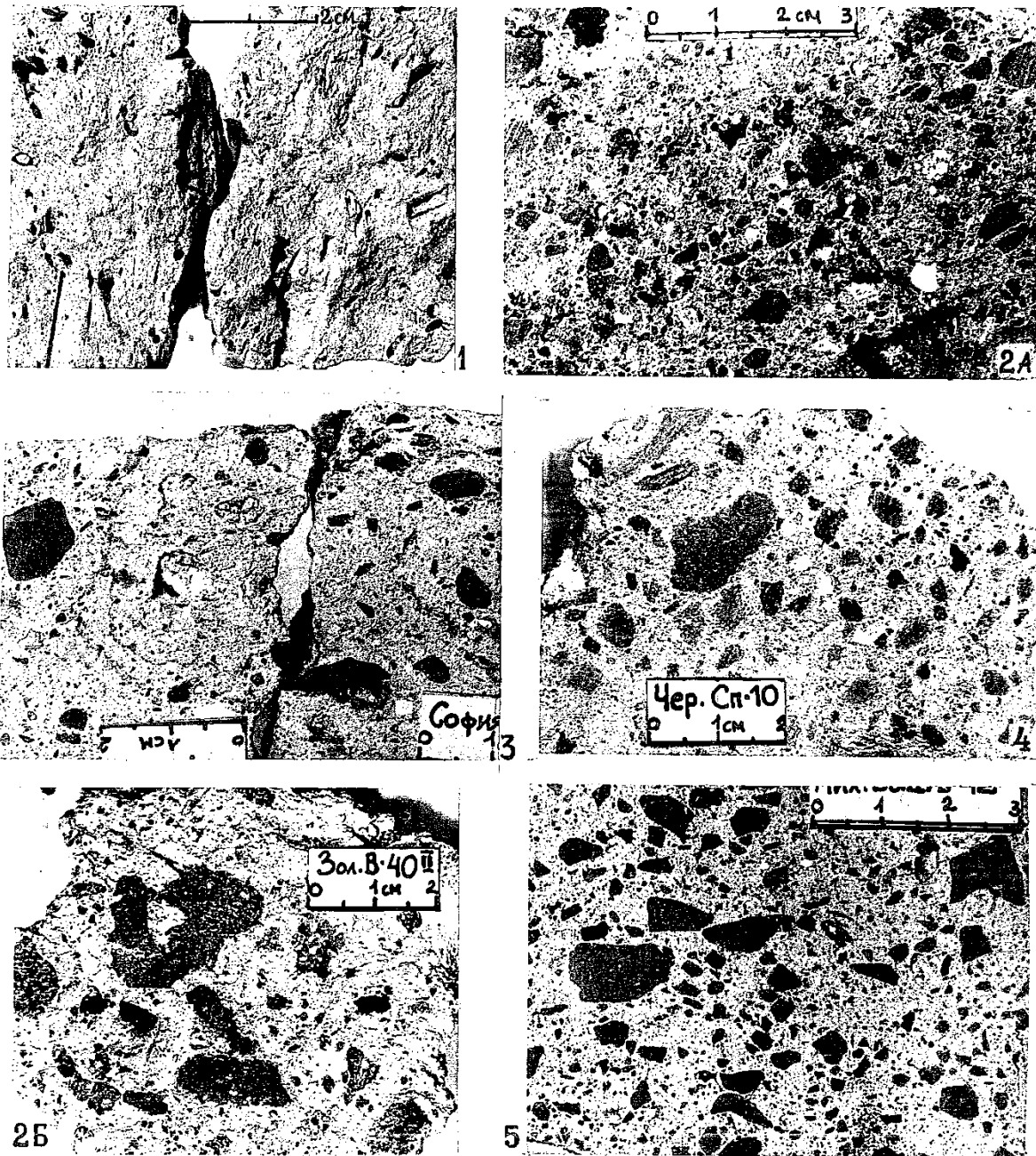


Рис.2. Зрізи будівельних розчинів пам'яток XI – XII століть.

1. Лесоподібна маса з центричної споруди на Старокиївській горі, X ст.;
2. Золоті ворота: а – 1-й будівельний період, б – прикладки, XI-XII ст.;
3. Софійський собор, XI ст.;
5. Михайлівська церква Видубицького монастиря, XI ст.;
4. Спаський собор у Чернігові, XI ст.

Жорства, пісок і подрібнена солома використовувалися в гончарному виробництві в якості збіднюючих домішок глини вже з часів трипільської культури (IV – III тис. до н.е.), продовжують їх використовувати й нині (1, с. 70 – 71; 4, с. 40). Велика кількість жорстви (зерен кварциту) й рештки

випаленої соломи у плінфі однієї з найдавніших пам'яток Києва – центричній споруді середини X ст. на Старокиївській горі, а також незначна товщина плінфи (2 – 2.5 – 2.8 см) у пам'ятках X – початку XI ст. свідчить про те, що на початковому етапі розвитку мурованого будівництва виробництво плінфи було пов'язане з гончарним виробництвом. З часом товщина плінфи збільшується до 3.5 см на початку – в середині XI ст. і до 4.5 см наприкінці XI – на початку XII ст.

Найдавніші відомі нам пам'ятки Києва – вже згадана центрична споруда і Софійська брама були споруджені з плінфи на вапняному розчині з домішкою цем'янки, а їхні фундаменти – з каменю на глиняному розчині. З кінця X ст. глиняний розчин замінюється вапняно-цем'янковим розчином також і в фундаментах.

Вапняк для будівництва до Києва привозили з Чернігівської та Сіверської земель. Готували вапно на місці поблизу будівництва, кілька таких печей для випалу вапна було віднайдено під час археологічних досліджень стародавнього Києва. Наповнювачем вапняного розчину та гідравлічною домішкою слугувала цем'янка – слабко випалена та подрібнена глиняна маса, а також товчена бита цегла. У київських пам'ятках кінця X – початку XI ст. переважає цем'янка високої якості, склад якої відмінний від глиняної маси плінфи, у ній майже немає домішок і жорстви (Рис. 2, поз. 2-4). Пізніше тісто для цем'янки готується менш ретельно, його не очищають від домішок, і в одній споруді можна спостерігати цем'янку високої якості, так і з домішками. Цем'янку у вигляді товченої битої цегли використовували в будівництві Стародавнього Риму, Візантії, балканських країн та середньовічної Грузії (2, с. 109-110, 282).

Ретельне виготовлення сировини для плінфи та випалювання її за температури 1000 – 1200 градусів С забезпечили високу міцність і тривкість матеріалу. Однак щілиноподібні пори, які утворювалися в цеглі внаслідок ручного формування, порожнини від вигорілих домішок та додатки у вигляді жорстви і камінців зменшували міцність плінфи та збільшували її водопоглинання, яке сягало від 8 % до 20 %. Об'ємна маса плінфи становить від 1.65 до 2.1 г/куб. см, майже стільки ж, як у сучасній цеглі. Плінфа завтовшки 3.5 см і розміром 30 x 35 см важить близько 6 кг, а завтовшки 4 см – близько 7.5 кг. Досліджувані зразки плінфи київських пам'яток XI ст. мали міцність в середньому від 100 кг/кв.см до 200-300 кг/кв. см, а міцність окремих зразків плінфи Успенського собору Печерського монастиря сягала 400-500 кг/кв. см (Таблиця 1). Міцність вапняно-цем'янкових розчинів київських пам'яток становила 60-70 кг/кв.см, а високе водопоглинання – 26%-30 %.

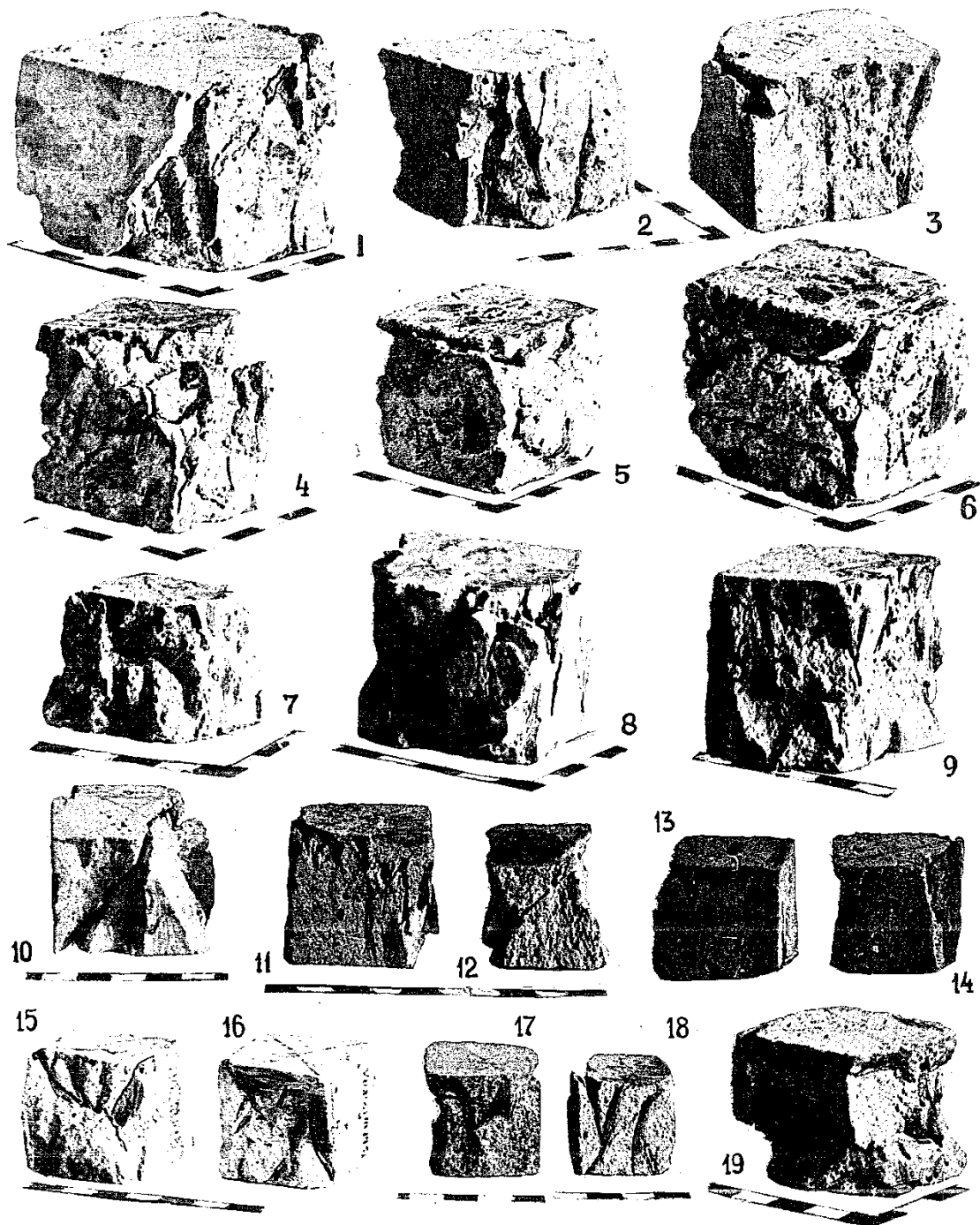


Рис.3. Зразки розчинів та плінф давньоруських пам'яток XI-XII ст. після випробувань.

Розчини: 1-4. Михайлівська церква Видубицького монастиря; 5, 6, 8. Спаський собор у Чернігові; 7. Успенський собор Печерського монастиря; Плінфа: 9. Борисоглібський храм у Чернігові; 10-12. Михайлівська церква Видубицького монастиря; 13-14. Успенський собор; 15, 16. Борисоглібський храм у Вишгороді; 17-19. Золоті ворота, Київ.

При цьому необхідно зазначити, що зразки плінфи і розчину з пам'яток були взяті автором з розкопок або з розвалів під час ремонтів будівель, таким чином досліджуваний матеріал певною мірою втратив свою первісну якість. Зразки плінфи і розчинів з підшліфованими площинами випробовувались автором на ручному 5-тонному пресі та пресі ПСУ-10 при лабораторії кераміки НДІ будівельних матеріалів та виробів у Києві 1981 р.

Таблиця 1. Результати досліджень зразків плінфи пам'яток XI ст.

№	Пам'ятка	Зразки, штук	Розміри граней		Міцність кг /см <sup>2</sup>	Об'ємна маса г /см <sup>3</sup>	Водопогли- нан. %
			основа, мм	висота, мм			
1.	Золоті ворота, 1-й будів. період	6	36 - 41	32 - 33	105	1.9	14
2.	Золоті ворота, 2-й будів. період	4	42 - 47	44 - 48	185	1.95	12.5
3.	Михайлівська церква Видуби- цького мон-ря	4	32 - 34	27 - 31	220	1.75	19
		4	34 - 37	36 - 41	260	1.7	12
		7	34 - 39	36 - 38	300	1.8	14
4.	Успенськ. собор	6	38 - 43	35 - 39	115	1.65	21
4а.	Печерс. мон-ря	5	30 - 33	30 - 32	<b>450</b>	<b>2.1</b>	<b>5.6</b>
5.	Спасський собор у Чернігові	3	28 - 31	26 - 27	180	1.9	14.5
		3	26 - 30	25 - 28	180	1.8	13
		4	29 - 33	29 - 31	190	1.9	10

Кількість зразків бралася з однієї цеглини з вищеназваних пам'яток. У досліджуваних зразках плінфи їх висота дорівнює товщині цегли, стискання зразків відбувалося в тому ж напрямку, що й у муруванні. Найміцнішими серед усіх виявилися зразки плінфи з Успенського собору Печерського монастиря (Рис.1, поз.9). Така плінфа мала міцність на стиснення 450 кг/кв. см, найбільшу об'ємну масу 2.1 г/куб. см та найменший відсоток водопоглинання - 5.6 % (Таблиця 1, № 4а).

Якщо досліджені автором зразки розчинів мали порівняно невисоку міцність, то зразки, взяті дослідниками з існуючого мурування київських пам'яток мали значно вищу міцність. Зразки розчину з південної схової башти Софійського собору в Києві, з розміром граней 36 – 25 см мали міцність 130-140 кг/ кв. см, зразки розчину з гранями 25 мм із Золотих воріт мали міцність на стискання близько 120 – 140 кг/ кв. см, при цьому характерним для розчинів є майже ідеальний контакт між в'язучим і керамічним наповнювачем - цем'янкою (3, с. 92 – 93). Наведені вище величини міцності при стисненні

зразків давньоруських будівельних матеріалів – плінфи та вапняно-цем'яного розчину – співставні з сучасними різноманітними цеглами і розчинами та не поступаються останнім своїми якостями.

Під час випробувань зразки плінфи і розчинів зазнали характерних руйнувань з утворенням вертикальних тріщин, пірамід і сколів вздовж площин ковзання, тобто таких саме руйнувань, які спостерігаються при дослідженнях сучасних зразків високоміцної будівельної кераміки (Рис. 3).

Відкрита поверхня мурування з плінфи на вапняно-цем'яному розчині внаслідок високої пористості й водопоглинання матеріалу доволі швидко руйнувалася під дією атмосферних опадів та перепадів температури, як це можна спостерігати на ділянках відкритого мурування (зондажах) Софійського собору, церков Спаса на Берестовому та Михайлівської на Видубичах. Таке мурування потребувало покриття тиньком для захисту від руйнування та корозії. Ретельна обробка поверхні мурування давніх київських пам'яток, з підрізанням смуг розчину вздовж рядів плінфи і фасками довкола каменів забезпечувала міцне зчеплення вапняно-цем'яного тиньку з поверхнею стіни як зовні, на фасадах, так і в інтер'єрі.

Фрагменти мурування з первісним тиньком були віднайдені під час археологічних досліджень Десятинної церкви та Успенського собору Печерського монастиря. Залишки давнього тиньку збереглися на південній стіні нартекса Михайлівської церкви Видубицького монастиря, в нішах стародавнього північного фасаду Троїцької надбрамної церкви Печерського монастиря та на східному і південному фасадах Софійського собору. В пам'ятках, у яких зовнішні стіни позбавлені тиньку, мурування потребує періодичного ремонту, як, наприклад, в церквах Михайлівській на Видубичах і Спаській на Берестовому, в зондажах на фасадах Софійського собору, і немає іншого ефективного способу захистити мурування, крім покриття його тиньком.

**Висновки.** Високий рівень майстерності давньоруських будівничих, технологія виготовлення глиняної маси та випалу цегли, а також вміння виготовляти вапняні розчини з належними пропорціями наповнювача - цем'янки забезпечили давньоруським будівельним матеріалам відмінні фізико-механічні властивості. Цем'янка надавала розчинам гідравлічності та підвищувала їх міцність. Завдяки високій пористості вапняно-цем'якових розчинів і плінфи забезпечувався міцний контакт між розчином, наповнювачем і цеглою, а також між вапняно-цем'яковим тиньком і поверхнею мурування.

Розвинута будівельна техніка та високоякісні будівельні матеріали – цегла-плінфа і вапняно-цем'яковий розчин – зумовили стійкість і тривкість конструкцій давньоруських пам'яток, які проіснували не одне століття, як



Софійський собор або Успенський собор Києво-Печерської лаври та Михайлівський Золотоверхий собор, знищені вибухами у ХХ ст.

Досвід давньоруських будівничих може бути використаним для створення нових сучасних видів будівельних та опоряджувальних розчинів, а також нових зразків будівельної кераміки.

#### Список джерел

1. Бобринский А.А. Гончарство Восточной Европы. Москва: Наука, 1978. 272 с.
2. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX века. Ленинград, Москва: Изд. АН СССР, 1963. 496 с.
3. Лысин Б.С., Корнилович Ю.Е. Исследование древних киевских строительных растворов. *Сб. научных работ по химии и технологии силикатов*. Москва, 1958. С. 89-94.
4. Нагибин Г.В. Технология строительной керамики. Москва: Высшая школа, 1968. 360 с.
5. Пачкова С.П. Виготовлення кераміки у племен зарубинецької культури. *Археологія*. 1972. № 5. С. 30-40.
6. Рохлин И.А. Прочность материалов хрупкого разрушения с учетом влияния размеров и формы изделий. Киев: Госстройиздат УССР, 1963. 48 с.
7. Стріленко Ю.М., Нестеренко Т.Е. Дослідження будівельних розчинів і плінф пам'яток архітектури стародавнього Києва Х-ХІІ ст. *Археологія Києва. Дослідження і матеріали*. Київ: Наукова думка, 1979. С. 124 – 129.
8. Строкатобарвні глини Київської області як сировина для виробництва керамзиту / Солонінко І.С., Виходець Л.Д., Малашевський [та ін.]. Київ: Будівельник, 1972. 52 с.
9. Чирвинский В. Геологический путеводитель по Киеву. Киев: Тип.Киевского отделения Книгосоюза, 1926. 30 с.

#### References

1. Bobrinsky A. A. (1978). Pottery in Eastern Europe [Goncharstvo Vostochnoi Evropy] (in Russian).
2. Znachko-Yavorsky I.L. (1963). Essays on the history of cementing materials from Antiquity to the middle of the XIXth century [Ocherki istorii viazhushchih veshchestv ot drevneishyh vremen do serediny XIX veka]. (in Russian).
3. Lysin B.S., Kornilovich Yu.Ye. (1958). The Investigation of ancient Kyivan building mortars [Issledovanie drevnih kievskih stroitelnyh rastvorov] *Sb. nauchnyh rabot po himii i tehnologii silikatov*, pp. 89-94. ( in Russian).

4. Nagibin G.V. (1968). Technology of building ceramics. [Tehnologia stroitelnoi keramiki]. (in Russian).
5. Pachkova S.P. (1972). Ceramic manufacture of Zarubyntsi culture tribes [Vyhotovlennia keramiky u plemen zarubynetskoï kultury] *Arheologia*, 5, pp. 30-40. (in Ukrainian).
6. Rohlin I. A. (1963). Firmness of brittle destruction materials depending on dimension and form of samples [Prochnost materialov hrupkogo razrushenia s uchotom vliania razmerov i formy izdelii]. (in Russian).
7. Strilenko Yu. M., Nesterenko T.E. (1979). The investigation of building mortars and bricks of ancient Kyivan architectural monuments of the Xth – the XIIth centuries. [Doslidzhennia budivel'nyh rozchyniv i plinf pamiatok arhitektury starodavniogo Kyieva X-XII st.] *Arheologia Kyieva. Doslidzhennia i materialy*. (In Ukrainian).
8. Soloninko I.S., Vyhodets L.D. et al. (1972). Particoloured clays of Kyiv region as the raw material for claydite production. [Strokatobarvni hlyny Kyivskoi oblasti yak syrovyna dlia vyrobnytstva keramzitu]. (in Ukrainian).
9. Chirvinsky V. (1926). Geological guide to Kyiv. [Geologicheskii putevoditel' po Kiyevu]. (in Russian).

#### Аннотация

**Логвин Наталия Григорьевна**, кандидат архитектуры, доцент, Международный Европейский университет.

#### **О некоторых свойствах строительных материалов памятников древнего Киева X-XII вв.**

В статье рассматриваются свойства строительных материалов древнерусских памятников Киева X-XII вв. – плоского большеформатного кирпича – плинфы и известково-цемяночного раствора. Большое количество разнообразных глин и суглинков, в изобилии встречающихся на территории Киева и его окрестностей, обусловило разнообразие киевских плинф по цвету и включениям, от светло-желтых и серовато-сиреневых до оранжевых и темно-красных. Изготавливали плинфу из очищенного сырья, а также из глиняной массы с обилием выгорающих добавок и дресвы. Заполнитель известкового раствора – цемянку изготавливали из слабо обожженной глиняной массы либо толченого боя кирпича.

Тщательное изготовление сырья для плинфы и обжиг при температуре не ниже 1000-1200°C обусловили её высокую прочность, которая, однако, снижалась за счет горизонтальных щелевидных пор, образованных в результате ручной формовки, а также пустот от выгорающих добавок.

Исследованные автором образцы плинфы киевских памятников показали прочность в среднем от 100 до 200-300 кг/кв.см и водопоглощение от 10 до 20 % (таблица 1). Исключение представляют некоторые плинфы Успенского собора Печерского монастыря, прочность которых при сжатии достигала 400-500 кг/кв.см, а водопоглощение – 5.6 %. Эти характеристики древнерусских плинфы и раствора вполне сопоставимы с качествами и прочностью современных строительных материалов.

Открытая поверхность кладки из плинфы на известково-цемяночном растворе вследствие высокой пористости и водопоглощения материала довольно быстро начинала разрушаться под воздействием атмосферных осадков и перепадов температуры, как это можно видеть на открытых зондажах кладки древнерусских памятников. Поверхности стен памятников покрывались тщательно изготовленной известково-цемяночной штукатуркой как снаружи, на фасадах, так и в интерьере. Фрагменты первоначальной древней штукатурки уцелели на стенах Софийского собора и Михайловской церкви Выдубицкого монастыря.

Развитие строительной техники и высококачественные строительные материалы – известково-цемяночный раствор и плинфа – обусловили стойкость и долговечность конструкций древнерусских памятников на протяжении столетий.

Ключевые слова: Киев; древнерусские памятники; плинфа; известково-цемяночный раствор; прочность; водопоглощение.

#### Annotation

**Natalia Logvyn**, candidate of architecture, associate professor, International European University.

#### **Some Characteristics of Building Materials of Ancient Kyivan Monuments of the X-th - the XII-th centuries.**

The development of brickwork technique in ancient Kyiv dates back to the X-th century. Old Rus' monuments' masonry was made of large thin bricks called "plynfa" and lime-and-ceramic mortar. The size of the X-th – the XII-th brick sides varies from 27 to 36 cm, its thickness – from 2.5 to 4.5 cm.

Different kinds of clay and loess extracted from the territory of Kyiv and its vicinities were used as a raw material for brick and ceramic addition to mortar. That is why bricks in Kyivan monuments differ in colour from light yellow to orange and dark red. Some grass or cut straw were used as addition to fat clay.

Limestone was brought to Kyiv from Chernihiv area and lime mortar was produced in lime kilns situated near building sites. Ceramic addition to mortar called "tsemianka" was of refined clay, and crushed brick waste was used as well.

Bricks were burnt under the temperature of 1000 – 1200 degrees C. That's why bricks were very firm regardless of chink-like pores appeared as a result of hand-moulding of brick.

The author took some investigation for the purpose to determine physical and mechanical properties of ancient bricks of Kyivan monuments. Bricks were picked out of excavations or waste after building repairs. Small cubes were cut out of bricks with the height equal to brick thickness. Those samples were examined concerning their strength by compressing them perpendicularly to the sides the bricks were bedded in mortar.

The strength of samples varied from 100 to 200-300 kg per sq.cm, water absorption was 10 % to 20 %. Some bricks taken from the Cathedral of the Assumption of Kyiv-Pechersk monastery were the most firm. The strength of those samples was about 400-500 kg per sq. cm, their water absorption was the smallest, about 5.6 %.

Because of high porosity and water absorption of building materials the surface of ancient masonry was exposed to destruction under the influence of temperature overfalls and precipitation, as it can be seen on the open parts of walls of the Old Rus' monuments. To prevent destruction of masonry, the walls of ancient monuments were covered with fine lime-and-ceramic mortar. Fragments of original plaster can be found on the walls of the XI-th century monuments St.Sophia Cathedral and St.Michael Church of Vydubychy monastery in Kyiv.

High level of well-developed building technique and high quality of building materials caused durability of ancient masonry and constructions in Kyivan monuments, which preserved until nowadays.

Keywords: Kyiv; Old Rus' monuments; brick; lime-and-ceramic mortar; strength; water absorption.