

**Спасьонова Л.М.**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## СТВОРЕННЯ ЯКІСНОЇ КЕРАМІКИ З МІСЦЕВОЇ ЛЕГКОПЛАВКОЇ СИРОВИНИ З ВИСОКОЮ ЧУТЛИВІСТЮ ДО СУШІННЯ

*Стаття присвячена дослідженню фізико-механічних властивостей виробів будівельної кераміки, виготовленої на основі легкоплавкої глини Київської області з додаванням домішок кремнеземистих порід (опок, трепелів, діатомітів), запаси яких в Україні досить значні. При виборі глинистої сировини для конкретної керамічної технології необхідно керуватися комплексною оцінкою фізико-хімічних властивостей глинистої породи – гранулометричного та речовинного складів, включаючи хімічний, мінералогічний склад глинистої та складових домішок, наявність аморфізованого матеріалу, стан упорядкованості структури глиноутворюючих мінералів, що дозволяє визначитися з шляхами регулювання основних технологічних властивостей глинистої породи з метою отримання регульованих властивостей. Застосування у складі керамічних мас на основі легкоплавких малопластичних глин кремнеземистих матеріалів в якості добавки для поліпшення фізико-механічних характеристик готової продукції показало свою ефективність. Додавання легкоплавких оксидів, які входять до складу опок, трепелів або діатомітів, сприяють утворенню легкоплавкої евтектики, знижуючи вогнетривкість аморфного кремнезему та позитивно впливають на процес спікання, утворюючи склофазу в керамічній матриці. При додаванні домішки опоковмісної породи також підвищувалася міцність готових виробів на стиск, що забезпечує бездефектне транспортування виробів на інші технологічні операції.*

*Проведені дослідження свідчать, що місцева мінеральна сировина з відпрацюванням технологічних режимів може бути використана для виробництва будівельної кераміки, яка так необхідна буде після закінчення воєнного стану і для відновлення України.*

**Ключові слова:** керамічні будівельні матеріали, легкоплавка глиниста сировина, кремнеземисті матеріали, опока, сушіння, механічна міцність.

**Постановка проблеми.** Базовою галуззю будівельної промисловості є сучасне виробництво будівельних матеріалів. У зв'язку з високою енергоємністю вона є однією з найбільш постраждалої під час воєнного стану. В даний час постає питання про гостру нестачу сучасних будівельних та оздоблювальних матеріалів та виробів. В Україні є всі можливості розвитку виробництва будівельних матеріалів. Зростання обсягів вітчизняного виробництва будівельних матеріалів та розробка нових видів кераміки є сьогодні актуальним і одним із пріоритетних напрямів виведення будівництва із кризової ситуації. Однак виснаження запасів високоякісних глин призводить до необхідності ширшого використання місцевої сировини для кераміки будівельного призначення.

Досвід роботи західних компаній із виробництва виробів будівельної кераміки показує, що для реалізації потенціалу місцевої мінеральної сировини та впливу на її властивості різних добавок необхідне вивчення фізико-хімічних процесів, що відбуваються при сушінні та випаленні глин та їх сумішей [1, 2]. Застосування природної мінераль-

ної сировини, різноманітних промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів є одним з основних напрямків зниження матеріаломісткості та енергоємності цього багатотоннажного виробництва. Відомі численні способи модифікації керамічної сировини: додавання у керамічну масу техногенних відходів, хімічних реагентів та інших добавок, при введенні яких обов'язковою умовою є нейтралізація шкідливих для здоров'я людини елементів. Добре відомо, що модифікація малоцінних полімінеральних глин дорогими каоліновими глинами покращує технологічні та експлуатаційні властивості виробів, проте застосування їх обмежене високою вартістю і значними транспортними витратами [3].

Наразі питання ресурсо- та енергозбереження в керамічному виробництві з урахуванням його матеріало- та енергоємності є актуальними для поліпшення техніко-економічних показників роботи підприємств. Поступове скорочення запасів сировини для керамічної промисловості призводить до пошуку рішень, які використовують при виробництві будівельної матеріалів. Тому

актуальним є вивчення властивостей керамічних мас на основі місцевої мінеральної сировини шляхом модифікації її домішками кремнеземистих порід (опок, трепелів, діатомітів), запаси яких в Україні досить значні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Різноманітне застосування кераміки з кожним роком вимагає розробки все нових типів керамічних мас і більш сучасних енергозберігаючих і ресурсозберігаючих способів їх виробництва. Для виготовлення будівельної кераміки необхідно реалізувати потенціал місцевої мінеральної сировини. Тому вивчення можливості використання місцевої легкоплавкої глини Київського регіону для виготовлення керамічних мас залишається актуальним і сьогодні.

Для ефективного застосування місцевої легкоплавкої сировини виникає потреба в розробці шляхів та способів покращення якості будівельної кераміки, виготовленої на її основі. Якість готових виробів в значній мірі залежить від процесів, які відбуваються при сушінні, що складає 10–12% від загальної собівартості готових виробів. Тому актуальним є питання дослідження властивостей мас на основі місцевої легкоплавкої глини з високою чутливістю до сушіння, та в якості домішки застосування кремнеземистої мінеральної породи.

Кремнеземисті мінеральні породи мають осадкове та вулканічно-осадкове походження. В загальному вигляді осадкові мікропористі породи складаються з опалу (діатомітів, спонголітів тощо), опоки та трепелу. Ці мінерали складаються з кремнезему від 60 до 90% та глинистого мінералу від 10 до 40%. Зустрічаються такі різновиди, в яких вміст глинистого мінералу збільшується до 30–60%.

Опоки являють собою легкі мікропористі породи, складені переважно найдрібнішими частинками опалового кремнезему. У різній кількості в опоках присутні глинистий матеріал, у вигляді гідрослюд та монтморилоніту, тонкодисперсний кальцит, цеоліти, теригенні домішки. Колір від жовтого до темно-сірого. Середня густина 1100–1600 кг/м<sup>3</sup>, а пористість сягає 50%. Хімічний та мінералогічний склад опок дуже різноманітний. За хімічним складом вони близькі до суглинків, льосів, але за мінералогічним складом вони мають значні відмінності. Наприклад, для суглинків основна частина кремнезему представлена кварцем, а для опок – опалом. Родовища опок відрізняються великою потужністю та розповсюджені в багатьох областях України. Для зменшення чутливості до сушіння керамічного

матеріалу з місцевої легкоплавкої сировини застосовували додавання домішки опоки.

Значна частина тріщин, деформацій виникають при сушінні виробів. Дефекти, які утворюються при термообробці, виникають в період усадки, коли в одній частині виробу утворюється тверда структура, а в іншій частині ще продовжується зміна розмірів. Як наслідок виникають напруження, короблення, тріщини. Сушильні властивості відображають зміни, які відбуваються в керамічній масі при її сушінні. До них належить повітряна усадка, чутливість до сушіння та водопоглинання керамічної маси.

Важливою особливістю зволжених глин, що перебувають у стані пластичного тіста, є усадкові процеси при видаленні вологи. Значення лінійної усадки при сушінні становить, зазвичай, від 6 до 10%, що відповідає зменшенню об'єму на 17–26%. Об'єм тіла зменшується при зближенні глинистих частинок по мірі видалення розташованих між ними водних прошарків, а також за рахунок зниження власного об'єму частинок тих глинистих мінералів (групи монтморилоніту), які можуть містити міжплощинну воду. Однак усадкові явища супроводжують видалення далеко не всього об'єму води, що випаровується, так як частина її видалається з капілярів і проміжків, які не можуть бути заповнені контактуючими твердими частинками.

Спіснення глин непластичними матеріалами призводить до зменшення робочої вологості та зниження повітряної усадки. Особливо падає вміст усадкової води, тоді як частка води пор збільшується. У процесі сушіння керамічного напівфабрикату вода з нього видалається переважно шляхом випаровування із зовнішньої поверхні, до якої вона підводиться з внутрішніх шарів в результаті перепаду вологості і явища вологопровідності. В основному періоді сушіння, що починається після прогріву маси до заданої температури, волога видалається з постійною швидкістю. Так як видалення вологи супроводжується зменшенням об'єму, то зовнішні шари повинні в цей період давати усадку більше, ніж внутрішні. Однак внутрішні шари перешкоджають усадці зовнішніх. В результаті створюється складний напружений стан, що характеризується розтягуванням зовнішніх та стисненням внутрішніх шарів. Більша частина тріщин, деформація виробів виникають при сушінні керамічної маси [4–7].

**Мета дослідження** – одержання керамічного матеріалу на основі місцевої легкоплавкої глини з використанням як недефіцитної природної добавки

опоки, яка сприятиме зменшенню повітряної усадки та чутливості до сушіння керамічної маси.

**Виклад основного матеріалу.** Предметом дослідження є комплексне вивчення легкоплавкої глини Київської області, недоліком якої є висока чутливість до сушіння. Додавання опоки до складу керамічної маси на основі легкоплавкої глини дозволить оптимізувати її сушильні властивості, сприяючи формуванню структури з покращеними експлуатаційними властивостями будівельної кераміки.

Для вирішення поставлених завдань були проведені дослідження легкоплавкої глини Київської області та розробки складів мас, а також основних характеристик виготовленої продукції. Всі випробування проводили з застосуванням сучасних фізико-хімічних методів – рентгенофазового, диференційно-термічного та хімічного. При розробці керамічних мас для виготовлення будівельної кераміки необхідно враховувати чутливість їх до сушіння, зміну лінійних розмірів зразків під час сушіння, межу міцності на стиск та водопоглинання.

За результатами хімічного аналізу місцевої глини Київської області вирізняється невисоким вмістом  $\text{SiO}_2$ , – 62,95%; кількість  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , знаходиться в межах 11,5–12,1%. За вмістом  $\text{Al}_2\text{O}_3$  згідно ДСТУ Б В.2.7-60-97 глиниста сировина відповідає групі кислих глин і може використовуватися для виробництва керамічної будівельної цегли.

За кількістю  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та  $\text{TiO}_2$  глина відноситься до сировини з високим вмістом забарвлюючих оксидів, 3,1% та 0,47% відповідно. Досліджувана глина має високий вміст карбонатів – більше 5%, сума лужних оксидів перевищує 2%. Кількість вільного кварцу складає 35%. Сума водорозчинних солей у вихідній сировині складала 0,25 мг-екв/100 г глини, що відносить її до групи з низьким їх вмістом. Вміст інших оксидів відповідав складу, %:  $\text{CaO}$  – 10,96;  $\text{MgO}$  – 1,45;  $\text{SO}_3$  – 1,45;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,27;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,36. Втрати при прожарюванні (в.п.п.) становив 10,52%.

Найважливішими властивостями глин є пластичність, відношення до сушіння (повітряна усадка) і до високої температури. Ступінь пластичності залежить від мінералогічного і гранулометричного складів, форми і характеру поверхні зерен, а також від вмісту в них розчинних солей, органічних домішок і кількості зв'язаної води. До складу глин входять різні за величиною частки: від 5 до 0,14 мм – це піщані фракції; від 0,14 до 0,005 мм – пілеподібні фракції і менше 0,005 мм – глинисті фракції. Великий вплив на зв'язуючі властивості глин і їх усадку здійснюють фракції розміром менше 0,001 мм. Чим більше таких

часток міститься у складі глин, тим вище пластичність. За рахунок зміни вмісту піску гранулометричний склад зразків часто змінюється навіть в межах одного родовища. Досліджувана нами глина характеризується високим вмістом мілкодисперсних часток фракції менше 0,001 мм – 47,4%, при цьому кількість часток фракції 0,06 мм і більше складає всього 1,6%. Кількість фракції 0,06–0,01 мм складає 22,14%; 0,01–0,005 мм – 10,1%; 0,005–0,001 мм – 19%. Таким чином глина, що була досліджена, відноситься до дисперсної групи з середнім вмістом крупнозернистих включень. За пластичністю глина належить до помірно-пластичної. Встановлено також присутність карбонатних включень розміром 0,5–10 мм, залізистих – 0,5–5 мм та зерен кварцу розміром 0,5–3 мм. Загальний залишок на ситі 0,5 мм становив 0,7%, у тому числі карбонатних – 0,52%.

За результатами диференціально-термічного аналізу на кривій нагрівання досліджуваної сировини спостерігались термічні ефекти, що відносяться до процесів виділення адсорбційної води (150°C) і міжпакевної води (220°C); видалення структурної води з глинистого мінералу майже до повного руйнування решітки (560°C); поліморфного перетворення кварцу (580°C); втрати залишків гідроксильної води (700°C) і дисоціації карбонатів кальцію (820°C).

Рентгенофазовий аналіз полімінеральної глини (рис. 1) проводили на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-2,0 (Burevisnuk) з двома щілинами Соллера, з відфільтрованим  $\text{CuK}\alpha$  – випромінюванням з нікелевим фільтром. Дифракційна картина легкоплавкої глини, форма та інтенсивність піків свідчать про достатню кристалічність фаз, які містяться у матеріалі. Однак незначне гало при 20° можна пояснити тим, що разом з кристалічною речовиною в сировині присутня і дисперсна, аморфізована складова. В матеріалі присутній  $\text{SiO}_2$ , що представлений кварцем, за інтенсивністю піків можна стверджувати, що дана форма кварцу є основною фазою у матеріалі. Також присутній кварц і з дещо меншими параметрами елементарної кристалічної ґратки. У складі легкоплавкої глини присутній також  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , що існує у формі корунду. Окрім оксидів кремнію та алюмінію присутні достатньо інтенсивні піки  $\text{CaO}$ . Таким чином, можна заключити, що за наявності кристалічних речовин, легкоплавка глина має чотири основні фази [8].

Мінералогічний склад опоки представлений опалом (50–60%), глинистими мінералами (25–35%), незначною кількістю терригенних домішок. Пластичність подрібнених опок становить 10–12 одиниць.

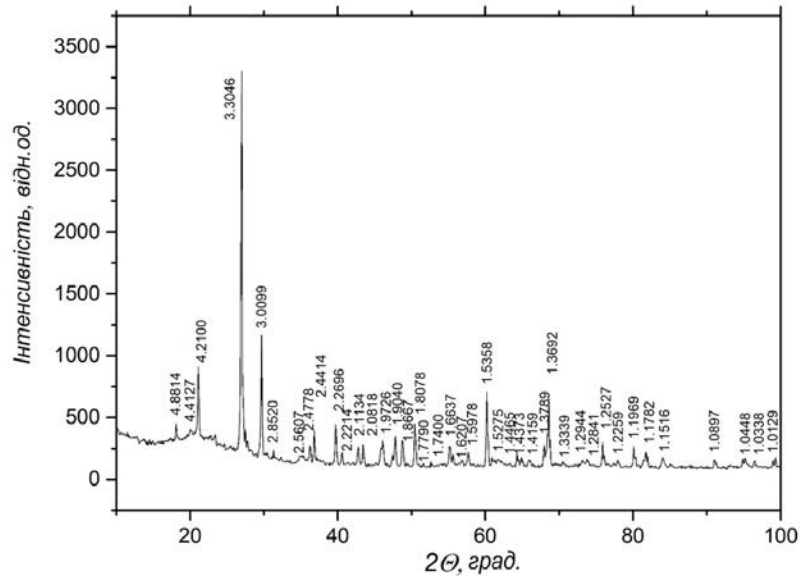


Рис. 1. Дифрактограма зразку легкоплавкої глини Київської області

При проведенні лабораторно-технологічних досліджень підготовку сировинної маси та формування зразків проводили користуючись технологією максимально наближеною до процесу виготовлення керамічних виробів будівельного призначення. У роботі використовували пластичний спосіб підготовки сировинної суміші та формування зразків. Глину спочатку подрібнювали, а потім мололи у вальцях тонкого помелу і бігунах. Опоку спочатку сушили, а потім подрібнювали в кульових млинах до проходження через сито 0,63 мм. Потім у кількості 10, 15 та 20% додавали до вихідної глини і ретельно усереднювалися у сухому вигляді. Після цього вихідну масу зволожували до необхідної формувальної вологості та ретельно переробляли.

Формувальна маса вилежувалася в умовах, що виключають підсушування, протягом 24 годин. Після вилежування формували зразки розміром 50×50×50 мм і балок розміром 60×15×10 мм методом пластичного пресування з вологістю 18–22%. Вилежування маси необхідно проводити для забезпечення протікання масообмінних процесів між глиною та опокою в повному обсязі. Відформовані зразки висушували до вологості 3–6%. Сушіння проводили в сушильній шафі при 105°C до постійної маси. Після закінчення сушіння зразки оглядалися, фіксувалися всі зміни зовнішнього вигляду, визначалися величини повітряної лінійної та об'ємної усадок зразків. Випал проводили в електричній печі при 1000°C.

З метою вивчення впливу добавки опоки на технологічні властивості керамічних мас на основі

легкоплавкої сировини були досліджені шихти для виробництва будівельної кераміки наступних складів зі співвідношенням глини і опоки: № 1 – 100:1; № 2 – 90:10; № 3 – 85:15 та № 4 – 80:20.

Особливістю будови кремнеземистих мінеральних опок є наявність активної аморфної кремнекислоти, а також тонкодисперсна структура, легкість, мала теплопровідність і екологічність у використанні. Це тонкозернисті матеріали, які мають досить високу пористість (до 55%), за походженням опоки – полімінеральні, у гранулометричному відношенні порівняно однорідні. У опоках кремнезем існує у вигляді аморфного силікагелю, що сприяє поліпшенню структури глини, і робить її монолітною, підвищуючи механічну міцність.

В результаті проведених досліджень встановлено, що добавка опоки в кількості 10–20% до легкоплавкої полімінеральної глини сприяє зниженню чутливості її до сушіння. Для легкоплавкої глини вона становить 64 с, а при додаванні опоки збільшується до 69 с (зразок № 2), 78 с (зразок № 3) та 85 с (зразок № 4). Також механічна міцність на стиск в сухому стані, яка є важливим фізико-механічним показником для подальшого процесу виробництва будівельної кераміки підвищилась.

Результати проведених досліджень (табл. 1) показали, що збільшення кількості добавки опоки від 10 до 20% мас. до легкоплавкої глини сприяло зміцненню напівфабрикату в сухому стані до 8,8 МПа. На формувальну вологість та пластичність добавка опоки вплинула незначно.

Технологічні властивості керамічної маси після сушіння

Технологічні показники	Легкоплавка глина	Вміст домішки опоки, %		
		10	15	20
Формувальна вологість, %	22,5	21,7	21,6	21,1
Число пластичності	14,5	13,8	13,1	12,9
Повітряна усадка, %	8,4	7,4	7,2	6,8
Міцність на стиск в сухому стані, МПа	8,6	8,4	8,5	8,8

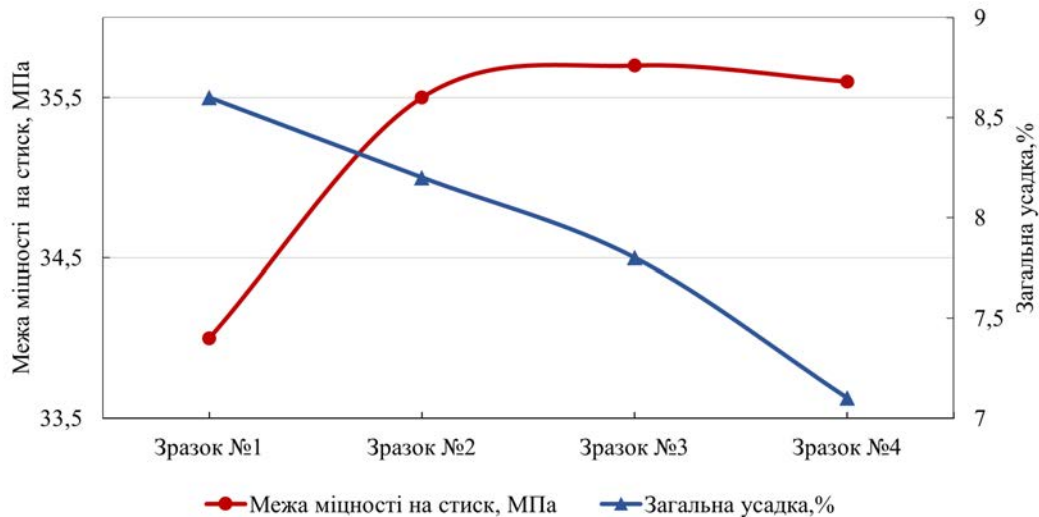


Рис. 2. Технологічні властивості керамічної маси після випалу

Одним з важливих показників сушильних властивостей глинистої сировини є повітряна усадка, яка свідчить про зменшення розмірів виробів при їх сушінні. Додавання домішки опоки сприяло зменшенню повітряної усадки, що позитивно впливає на стабільність зовнішніх розмірів виробів. Для керамічної маси з глини вона складала 8,4%, а для мас зі співвідношенням зразка 90:10 – 7,4; для зразка 85:15 – 7,2 і для зразка 80:20 – 6,8%.

Серед фізико-механічних властивостей механічна міцність є одним з основних критеріїв придатності сировинних матеріалів для виробництва будівельної кераміки. Проведені дослідження показали, що при збільшенні кількості добавки опоки від 10 до 20% до легкоплавкої глини, механічна міцність керамічних зразків при стискуванні збільшується. Також проводили візуальний огляд досліджуваних зразків на наявність тріщини, викривлень, оскільки якість випалення впливає не лише на механічну міцність, а й на водопоглинання і морозостійкість кераміки. Результати визначення межі міцності на стиск та загальної усадки досліджуваних мас після випалення представлено на рис. 2.

Водопоглинання зразків після випалення значно не змінилося. Для зразку з глинистої сировини (№ 1) воно складало 14,3%, для зразків № 2, № 3, № 4 – 15,3 15,6 15,7 відповідно при збільшенні міцності виробів.

Проведені дослідження показали, що через обмеження високоякісної глинистої сировини в багатьох регіонах є можливість застосування місцевих легкоплавких глин для виробництва будівельної кераміки. Склад легкоплавких глин потребує застосування домішок, які сприятимуть поліпшенню технологічних властивостей керамічних мас на їх основі. Однією з таких можуть бути опоковмісні мінеральні породи. Використання цих матеріалів в якості сировинної домішки сприятиме розширенню застосування у виробництві місцевої сировини та позитивно позначиться на техніко-економічних показниках функціонування підприємств з виробництва будівельної кераміки.

Місцева мінеральна сировина, з відпрацюванням технологічних режимів, може бути використана для виробництва будівельної кераміки, яка так необхідна буде після закінчення воєнного стану і для відновлення України.

Дослідження проводилось в рамках ініціативної теми «Керамічні матеріали на основі мінеральної сировини Київського регіону» (Державна реєстрація 0122U000523, дата реєстрації: 2022-01-23).

**Висновки.** Проведені систематичні дослідження показали, що добавку опоки до легкоплавкої глинистої сировини можливо використовувати для виробництва будівельної кераміки (цегли). Незначне зниження формувальної вологості і пластичності не вплинуло на формувальні властивості керамічної маси. Введення опоковмісної породи до 20 мас.% в якості домішки до полімінеральної глини сприяло зниженню чутливості її до сушіння у 1,3 рази без погіршення зв'язності, завдяки чому тріщиностійкість керамічної маси підвищилась.

Встановлено, що при додаванні опоки також спостерігалось підвищення міцності на стиск зразків після сушіння до 8,8 МПа. Це забезпечує можливість бездефектної автоматичної посадки і транспортування висушеного напівфабрикату, а після випалення отримати кераміку з межею міцності на стиск до 35,7 МПа. Поліпшення

сушильних властивостей легкоплавкої місцевої сировини досягається переводом частини вільної води глини у зв'язаний стан шляхом переносу її у поровий простір опокомісної породи.

Проведені дослідження свідчать, що місцева мінеральна сировина з відпрацюванням технологічних режимів може бути використана для виробництва будівельної кераміки, яка так необхідна буде після закінчення воєнного стану і для відновлення України.

Подяка. Автор висловлює вдячність співробітникам відділу «Функціональної кераміки на основі рідкісних земель» Інституту проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича НАН України і особисто завідувачу відділу, доктору технічних наук, старшому досліднику Оксані Анатоліївні Корнієнко за виконані рентгенівські дослідження глинистих мінералів.

#### Список літератури:

1. Manoj Dole. Ceramic Technology Diploma&Engineering MCQ. Objective question answers. India. 2021. 107 p.
2. Zaccaron, A., Souza, de V., Nandia Marcelo Dal Bó, Arcaroa, S., Bernardinac A. M. The behavior of different clays subjected to a fast-drying cycle for traditional ceramic manufacturing. Journal of King Saud University - Engineering Sciences. 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.05.003>
3. Mançuhan, E. Analysis and Optimization of Drying of Green Bricks in a Tunnel Dryer. Drying Technology. 2009. 27(5), 707-713. doi: <https://doi.org/10.1080/07373930902827692>
4. Terzića, A., Pezo, L., Mitić, V. V. Optimization of drying through analytical modeling: clays as bonding agents in refractory materials. Ceramics International. 2016. 42(5), 6301-6311. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.01.018>.
5. Aungatchart, P., Wada, S. Correlation between Bigot and Ratzenberger drying sensitivity indices of red clay from Ratchaburi province (Thailand). Applied Clay Science. 2009. 43(2), 182-185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2008.08.001>
6. Moritz, T., Werner, G. & Tomandl, G. Drying of Ceramic Layers with a Graded Pore Structure. Journal of Porous Materials 6, 111–117 (1999). <https://doi.org/10.1023/A:1009675204731>
7. Jamal Eldin F.M.Ibrahim, Tihtih, M., Gömze, L. A., Environmentally-friendly ceramic bricks made from zeolite-poor rock and sawdust. Construction and Building Materials, 297, 123715. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123715>
8. M. Wojdyr, J. Appl. Cryst., 2010. Vol. 43, №5-1.- P. 1126-1128 <https://doi.org/10.1107/S0021889810030499>

#### Spasonova L.M. CREATION OF QUALITY CERAMICS FROM LOCAL MELTING RAW MATERIALS WITH HIGH SENSITIVITY TO DRYING

*The article is dedicated to the study of the physical and mechanical properties of construction ceramics, made on the basis of low-melting clay of the Kyiv region with the addition of siliceous rock admixtures (gaize, cherts, diatomites), the reserves of which are quite significant in Ukraine. In case of choosing a clay raw material for a specific ceramic technology, it is necessary to be guided by a comprehensive assessment of the physical and chemical properties of the clay rock – granulometric and material composition, including the chemical and mineralogical composition of the clay and component impurities, the presence of amorphized material, the state of orderliness of the structure of clay-forming minerals, which allows determining the ways of regulation of clay rock main technological properties in order to obtain adjustable properties. The use of siliceous materials as an additive to improve the physical and mechanical characteristics of finished products as part of ceramic masses based on low-melting, low-plastic clays has shown its effectiveness. Additions of low-melting oxides, which are included in the composition of opocs, trepels or diatomites, contribute to the formation of low-melting eutectics, reducing the refractoriness of amorphous silica and have a positive effect on the sintering process, forming a glass phase in the ceramic matrix. Adding admixture of gaize-containing rock also increased the compressive strength of finished products, which ensures defect-free transportation of products to other technological operations.*

*The conducted studies show that local mineral raw materials, with the development of technological regimes, can be used for the production of building ceramics, which will be so necessary after the end of martial law and for the restoration of Ukraine.*

**Key words:** ceramic building materials, low-melting clay raw materials, siliceous materials, gaize, drying, mechanical strength.