

УДК 691.42:624.131.232

Монтаев С.А., доктор технических наук, профессор

Галиева Д.С., магистрант

Ахметова Г.К., магистрант

Оразбаева Т.Б., магистрант

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, Республика Казахстан

ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИКО - МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ В КОМПОЗИЦИИ ЛЕССОВИДНЫЙ СУГЛИНОК И МЕЛКОДИСПЕРСНЫЙ СТЕКЛОПОРШОК НА ОСНОВЕ СТЕКЛОБОЯ

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке композиционной добавки для производства эффективной стеновой керамики. Разработаны новые композиционные составы керамических масс в системе глинистая порода – стеклобой и новые технологии параметры производства стеновой керамики, отличающиеся низкой температурой обжига и повышенными прочностными показателями. В результате реализации данной работы предлагается снижение энергетических затрат на 25-30% и обеспечение качественной стеновой керамикой промышленное и гражданское строительство.

Создана новая технология стеновой керамики, отличающаяся высокой энергоэффективностью. Разработаны новые технологические параметры производства стеновой керамики с использованием стеклобоя, позволяющие снизить температуру обжига на 100–150 °С, сократить продолжительность сушки и обжига на 10-12 часов по сравнению с традиционной технологией.

В результате научных исследований установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств стеновой керамики на основе лессовидных суглинков в композиции мелкодисперсном порошком на основе стеклобоя.

Результаты исследований служат основой для разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий керамического кирпича с применением стеклобоя в композиции со стеклосодержащими отходами.

Актуальность данной статьи является разработка новых технологических параметров производства стеновой керамики с использованием стеклобой.

Ключевые слова: энергоэффективность, лессовидный суглинок Чаганского месторождения, стеклобой, дифференциально-термического анализа, рентгенофазовый анализ, прочность.

Введение. Промышленность строительных материалов и изделий является одной из динамично развивающихся отраслей, в которой производство керамического кирпича занимает одну из ведущих позиций. Количественное и качественное развитие промышленности строительных материалов базируется на требованиях строительного комплекса. В последнее время научные исследования направлены на расширение сырьевой базы, повышение качества сырьевых материалов путем переработки сырья изменения в технологических режимах производства

Цель работы: заключается в улучшении физико-механических свойств и снижение температуры обжига с целью повышения энергоэффективности технологии стеновой керамики.

База проведения экспериментов: лаборатория «ИННОТЕХПРОЕКТ» НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск и экспериментально-исследовательская лаборатория физико-механических испытаний в Южно-Казахстанском Государственном университете имени М. Ауэзова (ЮКГУ имени М. Ауэзова), г. Шымкент.

Основное направление ресурсосбережения в производстве различных видов строительной керамики – это использование совместно с природным сырьем техногенных продуктов, которые по своей сути представляют собой промышленные отходы различных отраслей промышленности, например углеперерабатывающей, металлургической и др. Расчеты показывают, что комплексное использование природного сырья и техногенных продуктов дает возможность увеличить выпуск многих видов продукции на 25 – 30 %. При этом, с учетом сокращения затрат на геологические изыскания, создание и хранение запасов сырья, рекультивацию земель и проведение комплекса природоохранных мероприятий себестоимость произведенной продукции в 2–4 раза ниже, чем при использовании сырья, добываемого по классической схеме. Экономический эффект, получаемый при утилизации техногенных продуктов, во многом обусловлен тем, что для вовлечения их в переработку не требуется затрат на добычу сырья [1].

Необходимость использования стеклобоя связана с решением нескольких технологических задач, а именно - обеспечения необходимых условий формования, сокращения усадки при сушке, снижения температуры спекания и формирования требуемой стеклокристаллической структуры при обжиге

Несмотря на высокий и постоянный спрос на кирпич, производители часто вынуждены занижать цену, чтобы сохранить спрос на свою продукцию в условиях жесткой конкуренции. Однако, как правило, заниженная цена на кирпич при постоянном росте цен на топливно-энергетические ресурсы, которые в себестоимости продукции достигли 40-60 %, привела к вымыванию оборотных средств, пополняющихся только за счет кредитования предприятия. Результат – малорентабельное производство. Качество продукции при этом начинает снижаться, ассортимент не расширяется.

Методы исследований. В качестве объекта исследований были выбраны стеклобой и лессовидный суглинок Чаганского месторождения Западно-Казахстанской области (ЗКО). Химический состав лессовидного суглинка Чаганского месторождения приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав лессовидного суглинка Чаганского месторождения, %.

Название сырья	Состав оксидов, масса %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂	п.п.п*
Лессовидный суглинок Чаганского месторождения	51,27	12,13	1,97	2,09	4,88	-	2,43	-	11,67

Примечание: * - потери при прокаливании

Для проведения экспериментальных исследований лессовидный суглинок сушили в сушильном шкафу марки ШСП-0,5-70 при температуре 80 – 90⁰С до остаточной влажности 3 - 5%. А в качестве стеклобоя использовали бой тарного стекла. Стеклобой предварительно дробился в лабораторной дробилке МШЛ – 1П до образования фракций 3-10 мм. Подготовка лессовидного суглинка производилась отдельно путем помола в шаровой мельнице МШЛ 100х250 до полного прохождения через сито с № 0,315 мм.

Сначала определили формовочную влажность глин. Для уменьшения влияния субъективных причин при определении нормальной рабочей влажности глиняной массы используют прибор Вика и некоторые другие приборы, позволяющие оценить физико-механические свойства пластичной массы.

Установлено, что глиняная масса находится в состоянии нормальной рабочей консистенции, если игла прибора при нагрузке 300 г опустится в испытуемый образец на

глубину 30—40 мм в течении 5 мин. Истинный показатель определяется как среднее из трех параллельных испытаний [2, С.4].

Результат испытаний показал, что формовочная влажность лессовидного суглинка Чаганского месторождения, составляет 20%.

Для определения пластичности лессовидного суглинка Западного Казахстана Чаганского месторождения смесь тщательно перемешивают, переносят на толстое стекло и раскатывают вручную в жгут диаметром около 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет вязкость и пластичность, его собирают в комок, проминают и вновь раскатывают до указанного диаметра. Раскатывание следует вести до тех пор, пока тонкий жгут из подсыхающей массы не начнет рассыпаться на отдельные кусочки длиной 3—10 мм. Эти кусочки собирают в предварительно высушенную и взвешенную бюксу и определяют их абсолютную влажность. Число пластичности П находят по формуле:

$$П = W_T - W_p, \quad (1)$$

где W_T — абсолютная влажность массы, %; W_p — абсолютная влажность массы, %.

По значению числа пластичности глины классифицируют в соответствии с ГОСТ 9169-75 на пять групп: высокопластичные (свыше 25), среднепластичные (15-25), умереннопластичные (7-15), малопластичные (3-7) и непластичные [2, С.7]. Результат испытаний показал, что число пластичности лессовидного суглинка Чаганского месторождения, составляет 11,8%.

Чувствительность глин к сушке определяется их трещиностойкостью в этом процессе. Экспресс-метод, предложенный А. Ф. Чижским, основан на установлении продолжительности облучения влажного образца из глины мощным тепловым потоком до появления на его поверхности трещин и отличается быстротой определения, а также довольно простой конструкцией аппаратуры. Источником излучения может служить электроплитка мощностью 400 Вт. Образец в виде плитки размером 55x55x16 мм из массы нормальной формовочной влажности помещают на подъемный столик, с помощью которого устанавливают определенное расстояние между излучателем и образцом. Экран с отверстием размером 55x55 мм служит для предотвращения нагрева боковой поверхности-образца [2, С.15].

При тепловом потоке 7000 Вт/м² и расстоянии между излучателем и образцом 60 мм Z_0 высокочувствительных глин составляет 35-50с, среднечувствительных 60-80с, а малочувствительных 90-130с. Результат испытаний лессовидного суглинка показал, что его чувствительность к сушке является среднечувствительным.

Исследование образца суглинка проводили методом дифференциально-термического анализа на приборе Дериватограф Q-1500D. Анализ образца показал, что на термограмме видно 3 пика разных температурах (рисунок 1).

Дериватография - метод исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в веществе в условиях изменения температурного режима. Дериватография основана на сочетании дифференциального термического анализа с термогравиметрией [5].

При 150⁰С согласно методичке происходит потеря адсорбционной воды эндотермические эффекты, при 390⁰С согласно методичке происходит экзотермический эффект - сжигание органических примесей. При 830⁰С и 900⁰С происходит дегидратация (потеря H₂O).

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на дифрактометре ДРОН-3 с СиК α -излучением в интервале углов 8⁰-64⁰. Чувствительность метода составляет от 1 до 2%. Рентгенофазовому анализу подвергались порошки образцы, прошедшие через сито 0,315. Идентификация рентгенограмм осуществлялась по справочным данным [6].

На дифрактограмме (рентгенограмме) дифракционные максимумы со значениями d/n; относятся к критической структуре кальцита - CaCO₃.



Рисунок 1 – Рентгенограмма лессовидного суглинка Чаганского месторождения

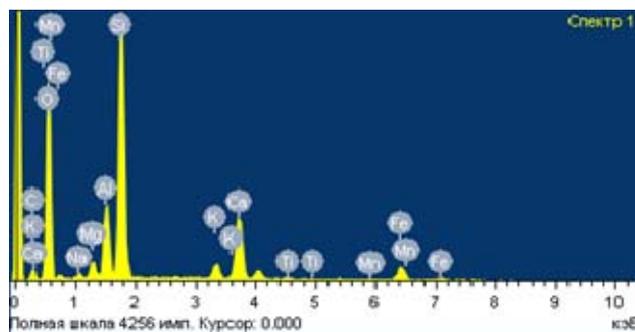
Расшифровку рентгенограммы проводили методом рентгенографического линейки с использованием рентгенометрического определения минералов под редакцией В.В. Михеева [7]. Анализ образцов не выявил критических максимумов, вследствие чего можно утверждать, что образец имеет аморфную структуру. В рентгенограмме на пиках видим минерал - SiO_2 .

1) SiO_2 (Кварц) $d/n = 4.24-3.34-2.45-2.28-2.12-1.81-1.53 \text{ \AA}^0$

2) CaCO_3 (Кальцит) $d/n = 3.02-2.49-2.277-2.018-1.912 \text{ \AA}^0$

3) dFe_2O_3 (Гематит) $d/n = 3.65-2.69-1.83-1.68-1.59 \text{ \AA}^0$

На рисунке 2 показаны полученные данные растрового электронного микроскопа (РЭМ), в условиях лаборатории «ИРЛИП» (г. Шымкент)



Элемент	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
Весовой %	7,99	50,94	0,64	1,41	5,47	19,40	1,66	7,58	0,28	0,08	4,54
Атомный%	12,92	61,83	0,54	1,13	3,94	13,42	0,82	3,67	0,11	0,03	1,58

Рисунок 2 – Результат анализа РЭМ лессовидного суглинка Чаганского месторождения

Приготовленная добавка путем взвешивания и дозирования добавлялась в основной компонент – лессовидный суглинок. Конкретные компонентные составы керамической композиции приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Компонентные составы керамической композиции

№ Составов	Лессовидный Суглинок, %	Стеклобой, %
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50

Из исследуемых составов готовились керамическая масса путем совместного перемешивания. В тщательно перемешанную смесь добавлялась вода 20-22 % до получения однородной массы. Из готовой керамической массы формовались кубы размером 20 x 20 мм. Отформованные образцы сушились в сушильном шкафу при температуре 105⁰С. Для нанесения глазури на отформованные образцы были разработаны и подобраны пигменты. Составы глазури приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Составы для глазури

№	Название сырья	%
1	Глина	50
2	Кварц	20
3	Стеклобой	25
4	Пигмент	5

Эти составы измельчались с помощью агатовой ступки и в тщательно перемешанную смесь добавлялась вода 40%. На отформованные образцы наносилась приготовленная глазурь с толщиной 1 мм и сушат в сушильном шкафу ШС-80 при температуре 105⁰С. В качестве окрашивающего пигмента были выбраны оксид меди и ангидрид хрома.

Высушенные образцы обжигались в электрической печи СНОЛ 72/1100 по специальному разработанному режиму при фиксированных температурах 900, 1000⁰С. Сначала образцы обжигались до 300⁰С. Температура при 300⁰С поднималась в минуту 2⁰С, а при 900⁰С и 1000⁰С на 10⁰С (рисунок 3).



Рисунок 3 – Образцы после нанесения глазури в сушильном шкафу и в электрической печи

Прочность при сжатии образцов испытывалась на малогабаритном гидравлическом прессе ПГМ-100МГУА. Как показывают результаты исследований, с увеличением температуры

обжига от 900 до 1000 °С наблюдается стабильное увеличение показателей прочности. При температуре обжига 900 °С у I - V составов низкие показатели прочности, и составляют от 12,62 до 26,24 МПа. При температуре обжига до 1000 °С наблюдается значительное повышение прочностных показателей, и составляет от 20,24 до 32,17 МПа. Показатели прочности при сжатии образцов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Прочность при сжатии образцов на основе лессовидного суглинка Чаганского месторождения – стеклобой

Температура обжига	Образцы, №	Прочность, МПа	Температура обжига	Образцы, №	Прочность, МПа
1000 ⁰ С	I	20,24	900 ⁰ С	I	12,62
	II	32,17		II	26,24
	III	28,75		III	24,36
	IV	31,80		IV	22,64
	V	31,66		V	19,32

Водопоглощение керамических образцов определялось ускоренным методом. Определение водопоглощения керамических изделий при атмосферном давлении в кипящей воде. Образцы укладывают в сосуд с водой и нагревают электроплитку по ГОСТ 14919 и доводят до кипения (приблизительно 1 ч.) и оставляют на 16-19 ч остывать. Насыщенные водой образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают. Показатели водопоглощения образцов приведены в таблице 5.

$$W=(m_1-m)/m \times 100\%; \quad (2)$$

где m_1 - масса образца, насыщенного водой, г; m - масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

Таблица 5 – Определение водопоглощения

Температура обжига	Образцы, №	Водопоглощение, %	Температура обжига	Образцы, №	Водопоглощение, %
1000 ⁰ С	I	16,6	900 ⁰ С	I	14,3
	II	15,4		II	15,4
	III	7,7		III	15,4
	IV	16,7		IV	16,6
	V	15,4		V	18,2

Обоженные образцы измельчали до фракции 0,315 и проводили дифференциально-термический, рентгенофазовый анализ и растровую электронную микроскопию в Южно-Казахстанском Государственном университете имени М. Ауэзова, в г. Шымкенте в испытательных центрах «САПА» и «ИРЛИП».

Результат рентгенофазового анализа показал, что во всех образцах (от № 1 до № 5 при 900⁰С, № 1 до № 5 при 1000⁰С) основная фаза SiO₂ (β-кварц)

$$d/n = 4.24-3.34-2.45-2.28-2.23-1.97-1.81-1.66-1.53 \text{ \AA}^0$$

По интенсивности пиков с $d/n = 3.77-3.20-3.15-2.94-2.83-2.50-1.97-1.83 \text{ \AA}^0$ наблюдается присутствие Анортита – CaO*Al₂O₃*2SiO₂.

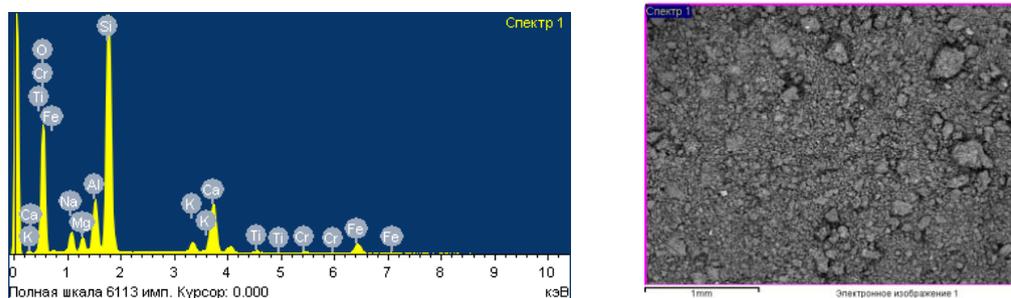
В образцах № 1-5 при 1000⁰С по дифракционным максимумам наблюдается присутствие ранкинита (Ca₃Si₂O₇) $d/n = 4.04-3.76-3.14-2.67 \text{ \AA}^0$, а также ортоклаза (K[AlSi₃O₃]) $d/n = 4.01-3.18-3.80-3.34-1.45 \text{ \AA}^0$.

Определение химико-минералогического состава исследуемых сырьевых компонентов проводилось на электронном микроскопе JSM 6490LV INCA Energy-350 (OXFORD Instruments, Великобритания) фирмы JOEL (Япония) с приставкой энергодисперсионного анализа HCL

Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және конструкцияларын өндіру

Basis (OXFORD Instruments, Великобритания) с возможностью работы над поликристаллическими объектами.

На рисунке 4 показан РЭМ образца оптимального состава №2 при 1000⁰С, где показатель прочности при сжатие выше 30 МПа.



Элемент	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Cr	Fe
Весовой %	46,48	3,92	1,82	5,43	26,23	1,55	8,74	0,51	0,68	4,64
Атомный%	62,48	3,67	1,61	4,32	20,08	0,85	4,69	0,23	0,28	1,79

Рисунок 4 – Данные РЭМ обожженного керамического образца при 1000⁰С

Закключение. 1. Установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств стеновой керамики на основе лессовидных суглинков в композиции мелкодисперсном порошком на основе стеклобоя.

2. Установлено, что введение мелкодисперсного стеклопорошок позволяет снизить температуру обжига на 100-150⁰С и повысить прочность образцов на 30-40% по сравнению с аналогами.

3. Реализация разработанных составов композиции позволяет также утилизировать стеклобой с выходом готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монтаев С.А., Сулейменов Ж.Т. Стеновая керамика на основе композиции техногенного и природного сырья Казахстана. - Уральск: ЗКАТУ имени Жангир хана, 2006. – 190 с.
2. Монтаев С.А., Адилова Н.Б., Рыскалиев М.Ж., Практикум к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология строительной керамики». - Уральск: ЗКАТУ имени Жангир хана, 2010. – 63 с.
3. Кугаевская С.А., Соловьева Е.П. Изучение физико-механических свойств глин: методические указания к лабораторной работе. - Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. – 33 с.
4. ГОСТ 21216-2014. Сырье глинистое. Методы испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 44 с.
5. Методические указания к практическим занятием для курса «Современные методы физико-химических исследований» (Дифференциально-термический метод). – Шымкент, 2011. – 15 с.
6. Методические указания к практическим занятием для курса «Современные методы физико-химических исследований» (Рентгенофазовый анализ). – Шымкент, 2011. – 11 с.
7. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. – М.: ГНТИЛ по геологии и охране недр, 1957. – 835 с.

ТҮЙІН

Энергия тиімді қабырға керамикасын өндіруге арналған композициялық қоспаларды өңдеу бойынша экспериментальді зерттеу нәтижелері келтірілген. Төмен күйдіру температурасымен және жоғары беріктік көрсеткіштерімен ерекшеленетін сары саз-шыны қалдығы жүйесінде қабырға керамикасын өндірудің жаңа композициялық құрамы және

өндірудің жаңа технологиялық параметрлері жасалды. Бұл жұмыстың нәтижесінде энергия шығының 25-30%-ға төмендету және өндірістік және азаматтық құрылысты сапалы қабырға керамикасымен қамтамасыз ету көзделіп отыр.

Жоғарғы энергия тиімділігімен ерекшеленетін қабырға керамикасының жаңа технологиясы жасалынады. Дәстүрлі технологиямен салыстырғанда күйдіру температурасын 100-150⁰С-қа, кептіру ұзақтығын 10-12 сағатқа қысқартуға мүмкіндік беретін, шыны қалдықтарын қолдану арқылы қабырға керамикасы өндірісінің жаңа технологиялық параметрлері жасалынды.

Ғылыми зерттеу нәтижелері негізінде құрамында шыны қалдығы бар әйнек ұнтақтары негізіндегі қабырға керамикасының физика-механикалық қасиеттерінің негізгі заңдылықтарының өзгерісі анықталды.

Зерттеу нәтижелері құрамында шыны қалдығы бар әйнек ұнтақтарын пайдалана отырып, керамикалық кірпіш өндірісінің энергия және ресурс үнемдейтін технологияларын дамытудың негізі болып табылады.

Бұл мақаланың өзектілігі шыны қалдығын қолдану арқылы қабырға керамикасы өндірісінің жаңа технологиялық параметрлерін өңдеу болып табылады.

RESUME

The results of experimental studies on the development of a composite additive for the production of effective wall ceramics are presented. New compositional compositions of ceramic masses in the system of clay rock - broken glass and new technologies, the production parameters of wall ceramics, characterized by a low firing temperature and increased strength properties, have been developed. As a result of this work, it is proposed to reduce energy costs by 25-30% and to provide high-quality wall ceramics for industrial and civil construction.

Created a new technology of wall ceramics, characterized by high energy efficiency. New technological parameters have been developed for the production of wall ceramics using cullet, which makes it possible to reduce the firing temperature by 100-150 ⁰C, reduce the duration of drying and firing by 10-12 hours compared to traditional technology.

As a result of scientific research, the main regularities of changes in the physico-mechanical properties of wall ceramics based on loess-like loams in the composition of finely dispersed powder based on cullet have been established.

The research results serve as the basis for the development of energy- and resource-saving technologies for ceramic bricks using cullet in a composition with glass-containing wastes. The relevance of this article is the development of new technological parameters for the production of wall ceramics using cullet.

The relevance of this article is the development of new technological parameters for the production of wall ceramics using cullet.

УДК 666. 16:66.046

Монтаев С.А., доктор технических наук, профессор

Шингужиева А.Б., доктор Ph.D

Мухамбеткалиева Ж.Н., магистрант

Жаймухамбетова Ш.Т., магистрант

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,

г. Уральск, Республика Казахстан

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛА НА ОСНОВЕ СТЕКЛОБОЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

Аннотация

Работа направлена на разработку технологии производства пеностекла с использованием стеклобоя в композиции с волластонитосодержащими шлаками. В качестве газообразователя использовали карбонатное сырье – мел. Полученный материал способствует повышению энергоэффективности зданий и сооружений. Пеностекло – это универсальный