

СТРОИТЕЛЬСТВО

МРНТИ 67.15.47

С.А.Монтаев¹, Н.Б.Адилова¹, С.М.Жарылгапов²,
Р.Т.Мамешов¹, О.У.Тауышев¹, С.О.Жекеев¹

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

²Кызылординский государственный университет
им. Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ ГЛИН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕНТОНИТАМИ КАЗАХСТАНА

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможности получения качественной лицевой стеновой керамики на основе местного лёссовидного суглинка Чаганского месторождения. С целью обеспечения формирования новых минералов, упрочняющих структуру керамического черепка, в качестве добавки использовали тонкомолотую бентонитовую глину Погодаевского месторождения Западно-Казахстанской области РК. Установлено, что глина Погодаевского месторождения по огнеупорным свойствам относится к легкоплавким. Анализ термообработанных образцов показал, что принятые технологические решения способствовали тонкому измельчению минералов кальцита, что привело к плавлению их при обжиге в структуре черепка при пониженной температуре обжига. Введение тонкомолотой бентонитовой глины в качестве добавки способствовало образованию новых минералов типа альбита, анортита, упрочняющих структуру керамического черепка. Определено оптимальное соотношение кристаллических и стеклофаз в керамическом черепке, улучшающих морозостойкость образцов, прочностные показатели, эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: структурообразование, бентониты, лёссовидный суглинок, усадка, кристаллическая фаза.



Түйіндеме. Мақалада Шаған кен орнының жергілікті лестеріздем саздағы негізінде сапалы беттік қабырға керамикасын алу мүмкіндігі зерттеулері келтірілген. Керамикалық қыш денесінің құрылымын беріктендіретін жаңа минералдар қалыптасуын қамтамасыз ету мақсатында қоспа ретінде ҚР-

ның Батыс Қазақстан облысының Погадаевский кен орнының майда ұнтақталған бентонитті сазы пайдаланылды. Зерттеулер көрсеткендей Погадаевский кен орнының сазы отқа төзімділік жағынан оңай балқитын сазға жатады. Термиялық өңделген сынамалардың анализі қабылданған технологиялық шешімдердің кальцит минералдарының майда ұнтақталуы керамикалық дене құрылымында оңай балқуын қамтамасыз етіп, оның төмендетілген температурада күйдірілуіне септігін тигізгенін көрсетті. Қоспа ретінде қосылған майда ұнтақталған бентонит керамикалық дене құрылымының беріктігін арттыратын альбит, анортит тектес жаңа минералдардың түзілуін қамтамасыз етті. Құрылымдағы шыны фаза мен кристаллдық фазаның дайын өнімнің аязға төзімділігі мен беріктік қасиеттерін арттыратындай оңтайлы мөлшері анықталды.

Түйінді сөздер: құрылымтүзілу, бентониттер, лесстәріздес саздақ, шөгү, кристаллдық фаза.



Abstract. The article investigates the opportunities of obtaining high quality front wall ceramics on the basis of local loess loam from Chagan deposits. In order to provide the formation of new minerals strengthening the structure of ceramic crock, it was used the mill ground bentonite clay from Pogodaev deposits of West Kazakhstan region. The study established that the clay from Pogodaev deposits belongs to easily melting, according to the fireproof properties. The analysis of the heat treated samples showed that the adopted technological solutions contributed to the finely ground calcite minerals, leading them for melting during the firing in the structure of crock at the low temperature firing. The introduction of mill ground bentonite clay as the additive, promoted to appearance of new types of minerals, such as a albite, anorthite, strengthening the structure of ceramic crock. Thus, it was found the optimum ratio crystal and glass phase in the ceramic crock, improving the frost resistance, strength indicators, performance characteristics of samples.

Key words: formation of structure, bentonite, loess loam, shrinkage, crystal line phase.

Введение. Строительная индустрия Республики Казахстан остро нуждается в хорошей стеновой керамике для использования одновременно в качестве ограждающего, несущего конструктивного элемента и лицевого фасадного материала. Однако сырьевая база большинства заводов страны ориентирована на использование низкокачественных лёссовидных суглинков и лёссов, которые являются сильно запесоченными и содержат большое количество карбонатов, не позволяющих получать керамику

ческий кирпич высокого качества [1, 2]. Вследствие низкого качества и нестабильности химического состава суглинков при обжиге изделий не обеспечивается полноценное протекание процессов структурообразования даже при высоких температурах обжига ($t = 1000-1050$ °С), что приводит к образованию не совершенной кристаллической структуры, отвечающих за обеспечение эксплуатационных свойств керамического черепка [2,3]. Одним из эффективных методов повышения качества лицевых керамических изделий является разработка эффективных технологий на основе многокомпонентных сырьевых композиций с использованием многофункциональных корректирующих добавок [5,6,9].

Цель работы – исследование возможности получения на основе местного лёссовидного суглинка Чаганского месторождения лицевой стеновой керамики, модифицированной бентонитовыми глинами для упрочнения структуры керамического черепка.

Методы исследований. В качестве объектов исследования выбраны суглинок Чаганского месторождения и бентонитовая глина Погодаевского месторождения Западно-Казахстанской области. Определение химико-минералогического состава исследуемых сырьевых компонентов проводилось на растровом электронном микроскопе JSM-639LV фирмы "JEOL" с приставкой энергодисперсионного анализа INSAEnergy фирмы "OXFORD Instruments". После отбора пробы суглинка и бентонитовой глины сушились в низкотемпературной лабораторной электропечи СНОЛ 58/350 при температуре 90 °С до постоянной массы. Для подготовки сырьевых компонентов к экспериментальным работам использовали лабораторную щековую дробилку и лабораторную шаровую мельницу МШЛ-1П. Сначала сырьевые компоненты по отдельности измельчались в дробилке до кусковой фракции 5-10 мм. Затем суглинок и бентонитовая глина размалывались в шаровой мельнице до удельной поверхности 1200-1500 $\text{см}^2/\text{г}$. Из полученных порошков составлялись двухкомпонентные смеси, ограниченные следующими предельными концентрациями мас., %: лёссовидный суглинок 70-97, бентонитовая

глина 3-30. Исследованные составы керамических масс представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ состава	Шихтовой состав исследуемой композиции	
	Содержание компонентов мас., %	
	суглинок	бентонитовая глина
1	97,0	3,0
2	95,0	5,0
3	80,0	20,0
4	75,0	25,0
5	70,0	30,0

Перемешивание компонентов производилось с помощью лабораторной бегунковой мешалки по ГОСТ 310.4. Влажность сырьевой смеси определялась на МХ-50. Формовочная влажность корректировалась дополнительным добавлением воды через пульверизатор до 8-10 %.

За исследуемые свойства керамических масс принимались коэффициент чувствительности к сушке, воздушная усадка, прочность сырца как критерии сушильных и формовочных свойств. Коэффициент чувствительности к сушке определялся по экспресс-методу, предложенному А. Ф. Чижским, который 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.

По данным А. Ф. Чижского, при тепловом потоке 7000 Вт/м² и расстоянии между излучателем и образцом 60 мм Z₀ высокочувствительных глин составляет 35-50 с, среднечувствительных – 60-80 с, а малочувствительных – 90-130 с.

Из полученных сырьевых смесей методом полусухого пресования на гидравлическом испытательном прессе ПГМ-500МГ4 с автоматизированной системой ввода данных и фиксированием результатов на персональном компьютере формовались образцы в виде цилиндров диаметром и высотой 50 мм. Давле-

ние прессования – 15 МПа. Отформованные изделия обжигались без предварительной сушки в муфельной печи СНОЛ 12/12-В со скоростью подъема температур 1,5-2 °С в минуту до 950±20 °С.

За исследуемые свойства термообработанных образцов принимались огневая усадка, прочность при сжатии и изгибе, морозостойкость как критерий качества готовых изделий. Определение физико-механических свойств производилось в соответствии с ГОСТ-530-2007.

Морозостойкость образцов определялась с использованием камеры тепла и холода КТХ с микропроцессорным устройством, обеспечивающим высокую точность поддержания заданной температуры и большую степень надежности в работе.

Химические составы лёссовидного суглинка Чаганского месторождения и бентонитовой глины Погодаевского месторожде-

Таблица 2

Химический состав суглинка Чаганского месторождения ЗКО

Содержание оксидов, мас.%												
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	F	SO ₃	CO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
51,27	12,13	–	11,97	2,09	4,88	–	–	2,43	–	3,56	–	11,67

Таблица 3

**Химический состав бентонитовой глины
Погодаевского месторождения**

Содержание оксидов, мас.%							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	п.п.п.
61,51	17,06	2,27	3,21	6,36	1,27	3,57	6,75

ния Западно-Казахстанской области РК представлены в табл. 2, 3.

По содержанию Al₂O₃ суглинок относится к группе кислого сырья, а по огнеупорности – к легкоплавким, по содержанию Fe₂O₃ – к сырью с высоким содержанием красящих оксидов. Минералогический состав суглинка Чаганского месторождения со-

держит до 12 % монтмориллонитового компонента, находящегося в форме смешанно-слоистых образований с гидрослюдой и каолинитом (рис.1). Из кристаллических фаз в глине также содержится:

- кварц $d/n = 4,23; 3,34; 1,974; 1,813; 1,538 \cdot 10^{-10} \text{ м}$,
- полево шпат $d/n = 3,18; 2,286 \cdot 10^{-10} \text{ м}$,
- кальцит $d/n = 3,02; 2,018; 1,912 \cdot 10^{-10} \text{ м}$,
- гематит $d/n = 1,839; 1,686; 1,590 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Минералогический состав глины (рис. 2) представлен в основном монтмориллонитом $d/n=5,06; 4,46; 3,79; 3,06; 2,455; 2,28;$

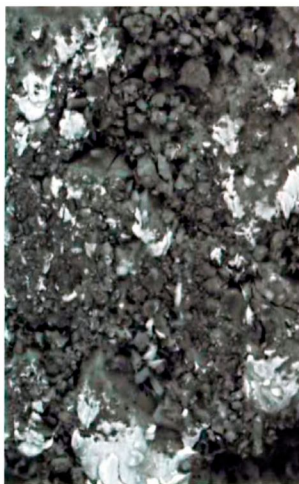


Рис. 1. Микроструктура суглинка Чаганского месторождения (увеличение $\times 1000$)



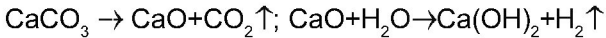
Рис. 2. Микроструктура бентонитовой глины Погодаевского месторождения

$2,127; 1,977; 1,817; 1,675 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Результаты и обсуждение. Глина Погодаевского месторождения по огнеупорным свойствам является легкоплавкой и имеет высокое содержание красящих оксидов. По содержанию Al_2O_3 относится к группе кислого сырья. Анализ химико-минералогиче-

ческого состава суглинки, показавший присутствие в нем до 10-12 % минералов кальцита, отрицательно влияет на качество готовых изделий. Кальцит CaCO_3 в керамической массе при обжиге образует свободную окись кальция CaO . В керамических изделиях, имеющих в составе свободную окись кальция, появляются трещины, которые стали результатом химических реакций при взаимодействии с атмосферной влагой и возникновении внутренних напряжений из-за интенсивного испарения газов и выделения тепла [2, 3].

Разложение карбонатов (кальцита, доломита), сопровождаемое выделением CO_2 , происходит при температуре 750-900 °С



В минералогическом составе бентонитовой глины отсутствуют кальцит, поэтому в основном бентонитовая глина состоит из монтмориллонита, который способствует обогащению керамической массы полезными минералами. Общие результаты исследования физико-механических свойств керамической массы, сырьевых и термообработанных образцов приведены в табл. 4.

В соответствии с полученными результатами установлено, что увеличение содержания бентонитовой глины в порошковом виде в пределах 3,0-30 % за счет уменьшения содержания

Таблица 4

Физико-механические свойства образцов

№ состава	K _{чувст.}	Характеристика сырца			T _{сбж}	Характеристика термообработанных образцов		
		R, МПа	возд. усадка, %	R _{выс.сырца} МПа		огневая усадка, %	предел прочности при сжатии, R _{сж} , МПа	водопоглощение, %
1	70	1,42	3,7	4,12	950-	1,82	8,41	26,4
2	90	1,65	4,2	4,72	1000	2,43	8,87	24,26
3	110	1,78	4,4	5,24	°С	2,75	10,26	22,81
4	114	1,98	4,8	6,12		3,24	14,45	21,7
5	130	2,14	5,2	6,81		3,82	15,67	21,4

лѣссовидного суглинка вызывает постепенное повышение коэффициента чувствительности к сушке керамической массы. При увеличении показателя от 70 до 130 с происходит переход керамической массы из категории малочувствительных к среднечувствительным. Одновременно повышается прочность при сжатии свежеотформованного образца в пределах 1,42-2,14 МПа, так как повышается связующая способность керамической массы. Об этом свидетельствует и рост прочности при сжатии высушенных образцов от 4,12 до 6,81 МПа. Анализ изменения физико-механических свойств термообработанных образцов показал, что с увеличением содержания бентонитовой глины повышается прочность при сжатии от 8,41 до 15,67 МПа и, как следствие, улучшается спекаемость керамической массы, сопровождающаяся ростом показателей огневой усадки от 1,82 до 3,82 %. При этом снижение показателей водопоглощения составляет 26,4-21,4 %.

Дискуссия. Доказано, что лѣссовидный суглинок Чаганского месторождения в чистом виде непригоден для производства качественной лицевой стеновой керамики из-за присутствия в них минералов кальцита. Бентонитовая глина Погодаевского месторождения, по уже имеющимся сведениям, используется в качестве добавки в производстве формовочных материалов, металлургических окатышей. Высокая адсорбционная, каталитическая, ионообменная активность обуславливает применение бентонитов в нефтегазовой и химической промышленности, в сельском хозяйстве для кормовых и лечебно-профилактических добавок и в других отраслях [1,2,6]. Опыт применения бентонитов не противоречит использованию их в качестве корректирующей добавки в состав лѣссовидного суглинка для повышения физико-механических свойств изделий. Благодаря применению следующих технологических решений достигнуты ожидаемые результаты, а именно:

- Помол лѣссовидного суглинка и бентонитовой глины доведен до порошкообразного состояния с удельной поверхностью 1200-1500 см²/г.
- Определен рациональный состав керамической компо-

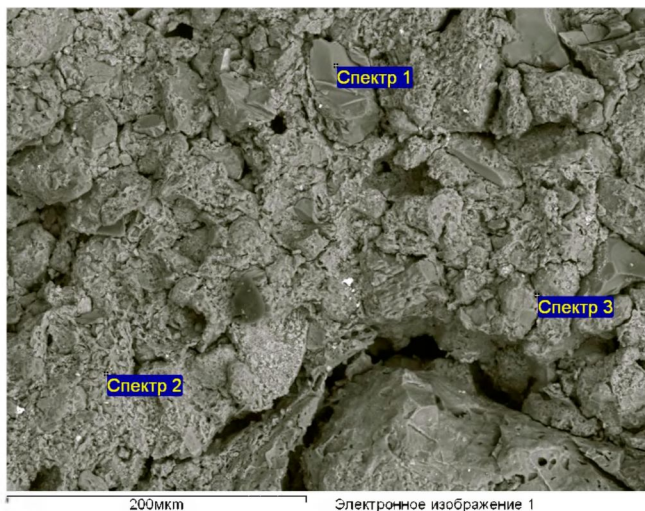


Рис. 3. Микроструктура керамической композиции "суглинок - бентонит" (увеличение x2000)

зиции "лёссовидный суглинок - бентонитовая глина" (рис. 3).

- Использован метод полусухого прессования.
- Определен рациональный технологический режим обжига без предварительной сушки.

Выводы

Следует отметить, что с учетом результатов микроскопического анализа термообработанного образца и принятых технологических решений производится тонкое измельчение минералов кальцита. Это приводит к плавлению их при обжиге в структуре черепка при температуре 950 °С. Введение тонкомолотой бентонитовой глины в качестве добавки способствует образованию новых минералов типа альбита, анортита, упрочняющих структуру керамического черепка. Использование данных технологических мероприятий обеспечивает оптимальное соотношение кристаллических и стеклофаз в керамическом черепке, улучшающих прочностные показатели, морозостойкость образцов при температуре обжига 950±20 °С. Результаты проведенных работ

могут быть использованы при:

- реконструкции существующих кирпичных заводов для выпуска качественной лицевой стеновой керамики;
- проектировании и строительстве нового цеха по производству эффективной лицевой стеновой керамики с использованием низкокачественных лёссовидных суглинков.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют значительно расширить знания о закономерностях структурообразования многокомпонентных керамических масс, подвергающихся тепловой обработке, и могут применяться при разработке новых композиционных керамических материалов на основе природных и техногенных ресурсов.

Список литературы

1 *Монтаев С.А., Сулейменов Ж.Т.* Стеновая керамика на основе композиций техногенного и природного сырья Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2006.

2 *Абдрахимов В.З., Куликов В.А.* Исследование фазового состава керамзита на основе смышляевской глины // Башкирский химический журнал. – 2010. – Т. 17. № 3. – С. 81-83.

3 *Ботвина Л.М.* Строительные материалы из лёссовидных суглинков. – Ташкент: Укитовчи, 1984. – 128 с

4 *Монтаев С.А.* Производство керамического кирпича в полигонных условиях Приаралья. – Алматы: Ғылым, 2001. – 107 с.

5 *Павлов В.Ф.* Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. – М.: Стройиздат, 1977. – 240 с.

6 *Рыщенко Г.С.* Влияние некоторых плавней на прочностные и эксплуатационные показатели фасадных керамических плиток // Исследования в области производства изделий керамики. – 1984. – Вып. 55. – С.66-71.

7 *Наседкин В.В.* Бентонит как природный наноматериал в строительстве // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 8-10.

8 *Li V.G., Yeh T.H.* Воздействие спекания на развитие механических свойств обожженной глины керамики // Eng., 485

(2008). – С. 5-13.

9 *Mohmoudi C., Srasra E., Zargouni Ф.* The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties // *Applied Clay Science* 42 (2008). – С. 125-129.

Монтаев Сарсенбек Алиакбарович, директор НИИ "Инжиниринга и ресурсосбережения", профессор, доктор технических наук, e.mail: montaevs@mail.ru

Адилова Нургуль Болатвна, заведующая кафедрой "Стоительство и строительные материалы", кандидат технических наук, тел. 8-775-276-7809, e.mail: adnur@mail.ru

Жарылгапов Сабит Муратович, докторант 3-го курса
тел. 8-777-761-44-98

Мамешов Раман Тайрович, магистр-инженер, преподаватель кафедры "Стоительство и строительные материалы", тел. 8-777-341-7141

Тауышев Орынбек Утебаевич, магистрант, тел. 8-702-406-0791

Жекеев Самат Омарович, магистрант, тел. 8-702-318-1064