

С.А. Монтаев¹, Н.Б. Адилова², Б.Т. Шакешев³

^{1,2} Запдно-Казахстанский аграрно-технический университет
им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан

ВЛИЯНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТОВОЙ ГЛИНЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОЙ МАССЫ

Аннотация. *Интенсификация роста промышленного производства строительных материалов вызывает острую необходимость в экономном использовании материальных и топливно-энергетических ресурсов, особенно в такой энерго- и ресурсоемкой отрасли, как производство строительной керамики.*

Для повышения физико-механических свойств строительной керамики, сокращения энергозатрат при сушке, а также повышения прочностных показателей были проведены опытно-промышленные испытания влияния бентонитовой глины для получения лицевой стеновой керамики. Установлены закономерности структуро- и фазообразования керамической композиции в зависимости от температуры обжига.

Модификация сырьевой смеси бентонитовой глиной привело к повышению прочности на 20-30% при общем снижении температуры обжига на 100-120°C.

Ключевые слова: *монтмориллонитовая глина, суглинок, керамика, полусухое прессование, строительство, прочность.*

Основным сырьем при изготовлении разнообразных керамических изделий таких, как стеновой кирпич, плитка являются повсеместно распространенные глинистые материалы [1, 2, 3].

Исследования по улучшению свойств суглинков месторождений Украины, Германии, Франции и Португалии [4] (около 3×10^6 т год⁻¹) показали, что при добавлении 5-10% по массе от бентонитов месторождений Сардинии, Италии [5] и [6], обеспечивают высокую прочность. Реологические исследования проводились на суспензиях, приготовленных для проверки эффекта присутствия бентонита в зависимости сдвига и времени.

Выбор температуры обжига зависит от минералогического состава сырья, его температуры плавления и интервала спекания, химического состава сырья, особенности печи, используемой для обжига образцов и продолжительностью выдержки при максимальной температуре обжига [7]. Влияние температуры обжига особенно проявляется во время обжига сырьевой смеси, содержащей большое количество различных добавок [8].

Авторами работ [9] было доказано, что плотность и прочность керамических образцов изменялись в зависимости от максимальной температуры обжига в пределах от 1040°C до 1080°C. В работе [10] рассмотрены изменения свойств (плотность, химический и минералогический состав, прочность). В качестве сырьевой композиции использовалась добавка стекла при температуре от 600°C до 1200°C. В результате исследований получена керамика с прочностью до 90 МПа и плотностью до 2560 кг/м³ [8].

В течение последних двух десятилетий в материаловедении появилось новое направление исследовательской и практической деятельности. Оно связано с возникновением нового типа материалов, связанных с образованием так называемых наноструктур.

Авторами [11] исследованы композиты на основе бентонита и получены положительные результаты по использованию их в качестве адсорбентов красителей. В основу были положен проведенный анализ дифрактограм, по которым были показаны базальные расстояния в диапазоне 1,48-2,10 и 1,57-1,98 нм для нанокompозитов, полученных при 15 и 30 мин нагрева соответственно, что свидетельствует об интеркалировании в межслоевом пространстве монтмориллонита.

В частности, глинистые минералы, или смектиты, которые являются главными компонентами широко распространенных бентонитов, практически обладают всеми свойствами природных наноразмерных частиц. Пока они используются в основном стихийно при изготовлении строительных материалов, керамики, пластмасс, а также как добавки в металлургии, литейном производстве и в виде суспензий в гидростроительных работах и бурении [11, 12, 13].

На сегодняшний день в Западном Казахстане существует одно из крупнейших месторождений Казахстана Погодаевское месторождение с запасом глин более 6181 тыс. м³. Это сырье в нашем регионе используется только в производстве керамзита на предприятии «Стройкомбинат» [13].

Настоящая работа направлена на исследование конкретных месторождений местных глин, собранных из Западного Казахстана для оценки их потенциала использования в производстве лицевого керамического кирпича.

Исследованы глинистые породы суглинка Чаганского месторождения и монтмориллонитовой глины Западно-Казахстанского месторождения.

Химико-минералогический состав сырья проводился на растровом электронном микроскопе jsm-6391v (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Элементный состав суглинка Чаганского месторождения

Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

Спектр	<u>В</u> <u>стат.</u>	<u>O</u>	<u>Na</u>	<u>Mg</u>	<u>Al</u>	<u>Si</u>	<u>S</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Cr</u>	<u>Mn</u>	<u>Fe</u>	Итого
Спектр 1	<u>Да</u>	22.25	0.70	1.20	3.50	10.38	0.00	0.76	1.93	0.67	0.53	58.08	100.00
Спектр 3	<u>Да</u>	60.09	0.27	0.49	2.23	33.20	0.17	0.56	1.56			1.43	100.00
Спектр 4	<u>Да</u>	57.95	0.45	0.35	1.54	36.64	0.08	0.44	1.51			1.03	100.00
Спектр 5	<u>Да</u>	56.92	0.69	1.41	4.83	24.78	0.25	1.31	6.32			3.50	100.00

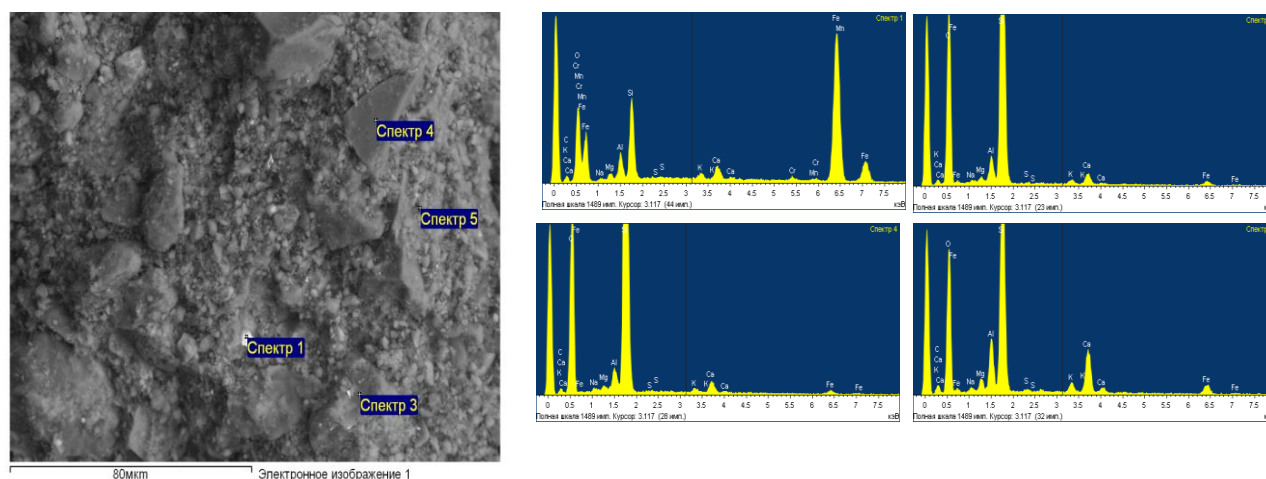


Рис. 1 – Электронный микроскопический снимок и спектры исследуемых областей суглинка Чаганского месторождения

Таблица 2 – Элементный состав монтмориллонитовой глины

Элемент	Весовой %	Атомный %
O	51,25	66,78
Na	1,09	0,99
Mg	1,56	1,34
Al	10,82	8,36
Si	22,89	16,99
S	0,29	0,19
Cl	0,76	0,45
K	3,17	1,69
Ca	0,80	0,42
Ti	0,70	0,30
Fe	6,67	2,49
Сумма	100,00	100,00

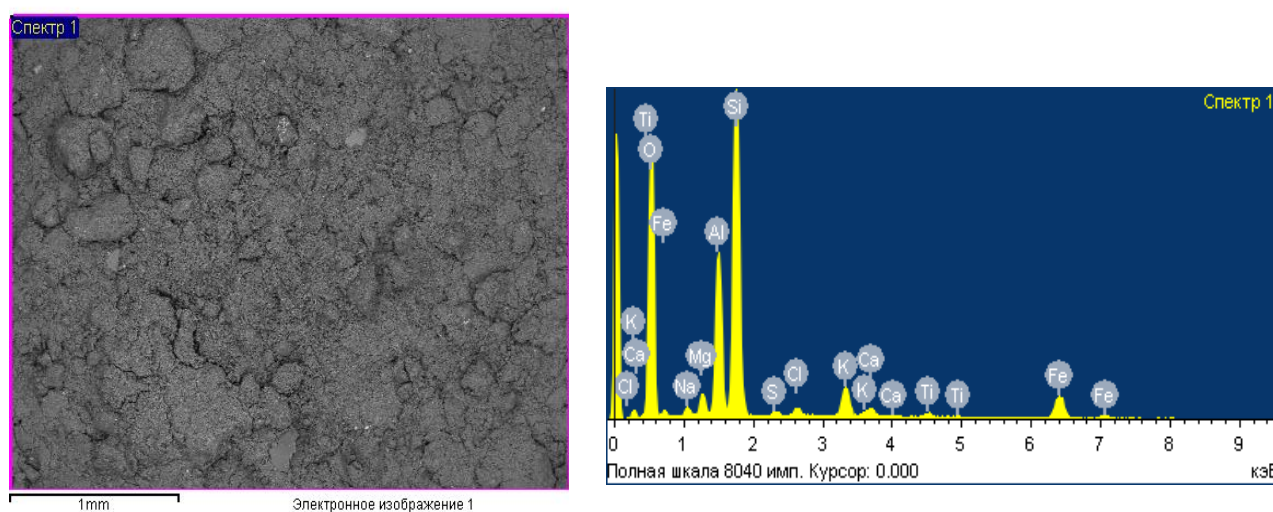


Рис. 2 – Электронный микроскопический снимок и спектры исследуемых областей монтмориллонитовой глины

Минералогический состав бентонита состоит в основном из монтмориллонита (85-95%) и относится к слоистым силикатам. При гидратации этих минералов молекулы воды могут входить в промежутки между элементарными слоями кристаллической решетки и существенно раздвигать их, увеличиваясь при этом в объеме, чем и объясняется их высокая набухаемость. Кроме этого, слоистые силикаты обладают высокой способностью к ионному обмену, т.е. замене некоторых ионов на поверхности и в кристаллической решетке частиц на ионы, поступающие извне [6].

Предварительно сырьевые компоненты подвергались дроблению поэтапно через дробилку и шаровую мельницу. Для повышения реологических свойств керамической смеси предварительно из монтмориллонитовой глины подготавливалась суспензия с плотностью 1350-1450 кг/м³.

Подготовленные сырьевые компоненты перемешивались по композициям (таблица 3), влажность шихты составляла 10-25%.

Составы композиционных смесей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Шихтовой состав исследуемой композиции

№ состава	Содержание компонентов масс, %	
	суглинок	бентонитовая суспензия
1	90	10
2	85	15
3	75	25

Сырьевая смесь при давлении 10-20 МПа формовалась в образцы-цилиндры размерами 50x50x50 методом полусухого прессования на гидравлическом испытательном прессе.

Обжиг производили в электрической печи при температуре 900-1000°C. Скорость подъема температур 1,7-1,8°C в минуту.

Морозостойкость определена с использованием камеры тепла и холода КТХ с микропроцессорным устройством. Температура камеры -17°C – при замораживании и 22°C – при оттаивании. Устройство камеры тепла и холода обеспечивает высокую точность поддержания заданной температуры и большую степень надежности в работе.

Результаты исследований физико-механических характеристик по композиционным составам представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-механические свойства образцов

№ состава	Характеристика сырца			T _{обж}	Характеристика термообработанных образцов			Морозостойкость, F
	R, МПа	Возд. усадка, %	R _{выс.сырца} , МПа		Огневая усадка, %	Предел прочности при сжатии, R _{сж} , МПа	Водопоглощение, %	
1	1,38	3,1	4,05	950-1000 °C	1,78	7,89	25,8	25
2	1,55	3,9	4,26		2,12	9,67	24,12	35
3	1,68	4,2	4,87		2,85	10,1	23,35	45

Согласно полученным данным, при увеличении процентного содержания монмориллонитовой глины наблюдается рост прочности при сжатии высушенных образцов от 1,38 МПа до 1,68 МПа. Анализ изменения физико-механических свойств термообработанных образцов показали, что с увеличением содержания бентонитовой глины повышается прочность при сжатии от 7,89 МПа до 10,1 МПа, что характеризует улучшение спекаемости керамической массы, подтверждаемой ростом показателей огневой усадки от 1,78% до 2,85%. При этом снижение показателей водопоглощения составляет от 25,8% до 23,35%.

Доказано, что лессовидный суглинок Чаганского месторождения в чистом виде не пригоден для производства качественной лицевой стеновой керамики из-за присутствия в них минералов кальцита. Бентонитовая глина Погодаевского месторождения по уже имеющимся сведениям используется в качестве добавок 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 других отраслях [1, 2, 6]. Опыт применения бентонитов не противоречит использованию их в качестве корректирующей добавки в состав лессовидного суглинка для повышения физико-механических свойств изделий. Модификация лессовидных суглинков бентонитом позволяет снизить температуру обжига на 100-150°C, вследствие легкоплавкости глинистых минералов монмориллонитовой глины.

Литература:

1. V.G. Li, T.H. Yeh. Воздействие спекания на развитие механических свойств обожженной глины керамики // *Мат. Научн. Eng.* – 2008. – №485. – P. 5-13.
2. C. Mohmoudi, E. Srasra, Ф. Zargouni The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties // *Applied Clay Science.* – 2008. – № 42. – P.125-129.
3. Мюррей Н.Н. Минералогия глин. // *Applied Clay Science*, 2 Elsevier BV, 2007.
4. F. Andreola, C. Siligardi, T. Manfredini, C. Carbonchi. Rheological behaviour and mechanical properties of porcelain stoneware bodies containing Italian clay added with bentonites // *Ceramics International.* – 2009. – 35. – 1159-1164.
5. A. Russel, German ceramic raw materials meeting market demands // *Ind. Miner.* – 1992. – 23-41.
6. M. O'Driscoll, Ukraine's mineral. First steps in world market // *Ind. Miner.* – 1998. – 21-43.
7. Sadūnas A. Burning of aluminium silicates in the medium of reductive-oxidizing gas (*Aliumosilicatų degimas redukuojančių – oksiduojančių dujų terpėje*). – Vilnius: VPU; 1999. – P. 188 (in Lithuanian).
8. Petrikaitis F., Žurauskienė R. Influence of material mix processing and formation parameters on the quality of ceramic products. // In *Proceedings of the international conference «Silicate technology» (Formavimo mišinio apdorojimo ir formavimo parametru įtaka keraminių gaminių kokybei. Tarptautinės konferencijos «Silicate technologija» pranešimų medžiaga, 2000, May 12). Kaunas, Technologija, 2000, p. 101-4 [in Lithuanian].*
9. Djuric M., Ranogajec J., Marinkovic-Neducin R. Carbonate-containing clays in brick-making mixes: optimization with respect to frost resistance. // *Can Ceram Soc.* – 1996. – №65(2). – P. 131-138.

10. Toya T., Kameschina Y., Yasumori A., Okada K. Preparation and properties of glass-ceramics from wastes (Kira) of silica sand and kaolin clay refining // *J Eur Ceram Soc.* – 2004. – №24. – 2367-2372.
11. Santhosh G., Beena, K.S. Variation of Swelling Characteristics of Bentonite Clay Mixed with Jarofix and Lime. // *Indian Geotechnical Conference, IGC 2018, Bangalore; India, Volume 88, 2021.* – P. 355-366.
12. Наседкин В.В. Бентонит как природный наноматериал в строительстве // *Строительные материалы.* – 2006. – №8. – С. 8-10.
13. Монтаев С.А., Адилова Н.Б. Исследование процессов структурообразования керамической композиции для получения стеновой керамики // *Вестник НИИСТРОМПРОЕКТА.* – 2009. – № 3-4. – С. 77-81.

References:

1. V.G. Li, T.H. Yeh. Sintering effects on the development of mechanical properties of fired clay ceramics // *Materials Science and Engineering: A.* - 25 June 2008.- Volume 485, Issues 1–2.- Pages 5-13.
2. C. Mohmoudi, E. Srasra, Ф. Zargouni The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.12.008>.
3. Wanda A. Allo, Murray H.H. Mineralogy of clays. // *Applied Clay Science*, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2003.10.003>
4. F. Andreola, C. Siligardi, T. Manfredini, C. Carbonchi. Rheological behaviour and mechanical properties of porcelain stoneware bodies containing Italian clay added with bentonites // *Ceramics International.* – April 2009. – Volume 35, Issue 3. – Pages 1159-1164.
6. M. O’Driscoll, Ukraine’s mineral. First steps in world market // *Ind. Miner.* (1998) 21–43.
7. Sadūnas A. Burning of aluminium silicates in the medium of reductive-oxidizing gas (Aliumosilicatų degimas redukuojančių – oksiduojančių dujų terpėje) // *Vilnius: VPU; 1999, p 188 (in Lithuanian).*
8. Petrikaitis F, Žurauskienė R. Influence of material mix processing and formation parameters on the quality of ceramic products. // *In Proceedings of the international conference «Silicate technology» (Formavimo mišinio apdorojimo ir formavimo parametrų įtaka keraminių gaminių kokybei. Tarptautinės konferencijos «Silicate technologija» pranešimų medžiaga, 2000, May 12). Kaunas, Technologija, 2000, p. 101-4 [in Lithuanian].*
9. Djuric M., Ranogajec J., Marinkovic-Neducin R. Carbonate-containing clays in brick-making mixes: optimization with respect to frost resistance. // *Canadian Ceramics.* – May 1996. – Volume 65, Issue 2. – P. 131-138.
10. Toya T., Kameschina Y., Yasumori A., Okada K. Preparation and properties of glass-ceramics from wastes (Kira) of silica sand and kaolin clay refining. // *Journal of the European Ceramic Society.* [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(03\)00628-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(03)00628-9).
11. Santhosh G., Beena K.S. Variation of Swelling Characteristics of Bentonite Clay Mixed with Jarofix and Lime // *Indian Geotechnical Conference, DOI: 10.1007/978-981-15-6237-2_30*
12. Nasedkin V.V. Bentonite as a natural nanomaterial in construction // *Building materials.* – 2006. – №8. – С. 8-10
13. Montaev S.A., Adilova N.B. Investigation of the processes of structuring a ceramic composition for obtaining stone ceramics // *Bulletin of NIISTROMPROEKT.* – 2009. – № 3-4. – P. 77-81.

С.А. Монтаев¹, Н.Б. Әділова², Б.Т. Шакешев³

^{1,2} Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті
оларға. Жәңгір хан, Қазақстан Республикасы, Орал қаласы

КЕРАМИКАЛЫҚ МАССАНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ МОНТМОРИЛЛОНИТ САЗЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Құрылыс материалдарының өнеркәсіптік өндірісінің өсуінің қарқайындауы материалдық және отын-энергетикалық ресурстарды, әсіресе құрылыс керамикасы өндірісі сияқты энергияны және ресурстарды қажет ететін салада үнемді пайдалану қажеттілігін тудырады.

Құрылыс керамикасының физика-механикалық қасиеттерін арттыру, кептіру кезіндегі энергия шығынын азайту, сондай-ақ беріктік көрсеткіштерін арттыру үшін беттік қабырғалық керамикасын алу үшін бентонит саздың әсерін анықтау бойынша өдірістік сынақтар жүргізілді. Күйдіру температурасына байланысты керамикалық композицияның құрылымы мен фазасының қалыптасу заңдылықтары анықталды.

Шикізат массасын бентонит сазымен модификациялау күйдіру температурасының 100-120°C-ге жалпы төмендеуімен бірге беріктіктің 20-30% жоғарылауына әкелді.

Түйін сөздер: монтмориллонитті саз, саздақ, керамика, жартылай құрғақ престеу, құрылыс, беріктілік.

S.A. Montayev¹, N.B. Adilova², B.T. Shakeshev³

^{1,2} Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University,
Uralsk, Republic of Kazakhstan

INFLUENCE OF MONTMORILLONITE CLAY ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE CERAMIC MASS

Annotation. The intensification of the growth of industrial production of building materials causes an urgent need for economical use of material and fuel and energy resources, especially in such an energy-and resource-intensive industry as the production of construction ceramics. To improve the physical and mechanical properties of building ceramics, to reduce energy consumption during drying, as well as to increase the strength indicators, pilot tests of the influence of bentonite clay w for obtaining face wall ceramics were carried out. The regularities of the structure and phase formation of the ceramic composition depending on the firing temperature have been established.

Modification of the raw mixture with bentonite clay to assess the increase in strength by 20-30% with a general decrease in the firing temperature by 100-120 ° C

Keywords: montmorillonite clay, loam, ceramics, semi-dry pressing, construction, construction, strength.