

МРНТИ 67.09.31

А.Т. Киргизбаев | ©



Канд. техн. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0007-3134-4913>

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
г. Астана, Казахстан

[akpan.kyrgyzbayev.13@mail.ru](mailto:akpan.kyrgyzbayev.13@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/TVQH7817>

## ПОРИСТЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ С ВЫСОКИМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ОПОКИ

**Аннотация.** Приводится краткий обзор современных теплоэффективных строительных материалов, а также технологий их изготовления. Представлены результаты анализа физико-механических свойств образцов, изготовленных по керамической технологии, на основе глинистого сырья, опоки и добавок.

**Ключевые слова:** опока, теплоэффективные керамические материалы, глинистое сырье, щелочная добавка.



Киргизбаев, А.Т. Пористый керамический материал с высокими физико-механическими свойствами на основе опоки [Текст] / А.Т. Киргизбаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №1(83). – С.77-82.  
<https://doi.org/10.55956/TVQH7817>

**Введение.** Согласно требованиям СНиП «Строительная теплотехника» теплозащитные свойства ограждающих конструкций жилых зданий термическое приведенное сопротивление теплопередаче стен в Казахстане составляет 3,5-3,8 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Действующие параметры по термическому сопротивлению закладываются при проектировании современных зданий с привлечением теплоэффективных, долговечных материалов и изделий. Для достижения указанных параметров целесообразно использовать изделия предназначенных для применения в качестве конструкционных и теплоизоляционных материалов со средней плотностью 750-900 кг/м<sup>3</sup>.

В современных технологиях строительного производства, применяются различные строительные материалы и изделия с применением минерального и техногенного сырья (пено- и газобетоны, керамические стеновые материалы с искусственными пустотами, пено- и газогипсовые изделия и др.), соответствующие необходимым теплотехническим критериям. Кроме этого, широкое распространение нашли многослойные стеновые конструкции с использованием различных утеплителей, но применение данных конструкций имеют ряд по долговечности и безопасности. Большое распространение, при возведении зданий и сооружений, имеют утеплители на основе минеральной ваты и пенополистирола, доля которых в общем объеме применяемых теплоизоляционных материалов в Казахстане достигает более 80%. Представленные на рынке строительных материалов теплоизоляционные изделия, имеющие органическую природу (пеноплекс, пеноизол,

пенополистирол, изолон, пенофол и др.) и являющиеся модификациями полимеров уверенно вытесняют материалы на минеральной основе. Материалы на основе органического сырья, несомненно, являются теплоэффективными и экономически доступными с точки зрения производства материалов и ведения строительного процесса. Однако, данные материалы в период эксплуатации, быстро подвергаются разрушению в естественных условиях, а при воздействии высоких температур горят с выделением ядовитых продуктов горения [1,2].

**Условия и методы исследования.** Теплоизоляционные материалы на основе минерального сырья, изготавливают из волокон полученных из силикатных расплавов (минерало- и стекловатные изделия). Производство таких изделий требуют высоких температур (более 1300°C), что отражается на себестоимости. Эффективное производство данных материалов можно организовать на других производствах, где технология изготовления будет встроено в основной технологический процесс и будет являться неосновным, а в качестве сырья используются отходы основного производства в виде расплавов, например, побочные продукты в производстве металлов.

Номенклатуру теплоэффективных материалов обладающих свойствами долговечности, пожаробезопасности, экологичности и декоративно-эстетическими качествами можно увеличить выпуском штучных изделий из пористой керамики. В связи с чем, есть необходимость проведения исследований направленных на оценки возможности получения штучных теплоэффективных изделий на основе минерального и техногенного сырья с вовлечением корректирующих добавок.

Обеспечение пористой структуры керамического тела достигается технологическими приемами как: поризация глиняных шликеров еще на стадии формования изделий и поризация в процессе обжига шихт при высоких температурах. В первом случае выделяется метод химического порообразования, основанный на вспучивании массы газом, который образуется при прохождении химических реакций взаимодействия или разложения имеющихся или специально вводимых добавок. В целях обеспечения пористой структуры применяются следующие реакции в процессе газовыделения: взаимодействие карбонатов Mg или Ca с кислотами и взаимодействие между некоторыми металлами, кислотами или основаниями. Однако, высокое образования пор возможен при содержании более 5 % в глинистом сырье  $\text{CaCO}_3$ , что приводит к образованию дефектов в керамическом материале.

Успешно применяется технологические приемы поризации керамических материалов в процессе высокотемпературного обжига шихт, где можно выделить такие как введение выгорающих добавок, высокотемпературное вспучивание сырьевых и высокотемпературное омоноличивание пористых обжиговых гранул (контактное за счет довспучивания и объемное с применением керамических связок).

В данной работе представлены исследования возможности получения теплоэффективных керамических стеновых изделий с высокими физико-механическими свойствами на основе глинистого сырья и опоки Западного Казахстана.

**Результаты исследования и обсуждение научных результатов.** Опока является кремнистой породой состоящей в основном из хемогенного опала, содержание которого в зависимости от месторождения может достигать 90%. Кроме этого, в составе имеются различные кремневые остатки

микроорганизмов (спикул губок, радиолярий, панцирей диатомей), а также примеси мелких обломков полевых шпатов, кварца, зерна глаукомита и глинистых веществ. Под влиянием механических воздействий порода проявляет прочность и звонкость, при этом образуя полураковистый излом, который обладает большой пористостью и гидроскопичностью. Порода в зависимости от месторождения может иметь цвет от серого и темно-серого цвета или желтого с различным оттенком окраски. Полученный материал отличается высокими тепло- и звукоизоляционными показателями.

В данное время четких данных по определению происхождения опок нет, так как, по мнению одних исследователей, опоки являются продуктом метоморфизма трепелов, диатомитов и спонголитов, по мнению других авторов это химические образования морского происхождения. Благодаря пористой структуре опоки применяются в качестве природного адсорбента в газовой, химической и других отраслях промышленности, при производстве строительных материалов (цементов, заполнителей бетонов, тепло-звукоизоляционных материалов и др.)

Для получения теплоэффективных керамических стеновых изделий с высокими физико-механическими свойствами использованы композиция из опоки Таскалинского месторождения Западно-Казахстанской области и глинистого сырья – суглинка, а также щелочная добавка и угольная пыль.

Анализ источника [3] показал, что опоки Таскалинского месторождения были исследованы и успешно апробирована технология переработки ее для получения искусственного щебня по керамической технологии.

По данным авторов [3] опока Таскалинского месторождения легкая и твердая и имеет микропористую структуру с зеленоватым цветом. У данной кремнистой породы опалхалцедоновый состав с коллоидно-микроразнозернистым строением. В прокаленном состоянии исследуемые составы, в зависимости от процентного содержания  $Al_2O_3$  опоки относятся к кислому сырью, а в зависимости от процентного содержания красящих оксидов ( $TiO_2$  и  $Fe_2O_3$ ) к группе с высоким соотношением красящих оксидов.

Исследователи, с целью получения щебня из опоки по керамической технологии, подвергали опоку сушке и дроблению до получения фракций 5-40 мм. Образцы подвергали обжигу в электрической печи в температурном интервале 900-1100°C и провели физико-механическим испытаниям. В результате установлено, что с увеличением температуры обжига средняя плотность образцов уменьшается, а прочность на сжатие увеличивается, полученный щебень оказался в 1,5-2 раза легче и обладает на 35,0-40,0% улучшенными теплофизическими свойствами при этом сохраняя свои прочностные характеристики.

В работах указаны следующие физико-механические свойства не обожженных и обожженных образцов опоки при температурах 900, 950, 1100 °C: средняя плотность составил для не обожженных образцов 1075 и обожженных 930, 760, 550 кг/м<sup>3</sup> соответственно; теплопроводность составило 0,7, 0,16, 0,12, 0,1 Вт/м·К соответственно; предел прочности при сжатии 15,3, 20,2, 30,3, 60,0 МПа. Полученные данные создали предпосылки для проведения исследований, целью которых является получение керамического кирпича низкой плотности.

Исследования проводились в сырьевых системах опока (Оп) – суглинок (СГ) – щелочная добавка (ЩД) – угольная пыль (УП), где ЩД в количестве 0,2% и УП в количестве 3% вводились в состав смесей сверх 100%. Химический состав сырьевых приведен в таблице 1.

Таблица 1

## Химический состав сырьевых компонентов

Наименование исходного сырья	Содержание оксидов. % масс.										
	SiO <sub>2</sub> общ. SiO <sub>2</sub> опал	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	SO <sub>3</sub> общ.	ппп
Суглинок	60	12	-	3	8	1	1,1	0,2	-	-	3,1
Опока Таскалинского месторождения	82,96 54,79	6,74	0,12	3,31	0,70	0,96	0,40	1,57	0,1	0,1	3,4

Сырьевые материалы при проведении эксперимента были подготовлены следующим способом: к предварительно измельченным и просеянным через сито с отверстием 0,14 мм Оп и СГ имеющих удельную поверхность 2000-2500 см<sup>2</sup>/г добавляли УП и ЩД без предварительного измельчения так как они представляют собой мелкий порошок. Прессование образцов осуществляли на лабораторном прессе при давлении 15 МПа в виде образцов-кубиков размером 50×50×50мм. Рабочая влажность масс находилась в пределах 10-12%. После этого производили сушку образцов в сушильном шкафу при следующем режиме: 40°С и выдержка – 1 час; подъем температуры до 60°С с выдержкой – 1 час; подъем температуры до 80°С с выдержкой 1 час и подъем температуры до 100°С с выдержкой в течении 2 часов. Продолжительность предела сушки составляет пять часов. В таблице 2 приведены конкретные примеры составов предложенной смеси.

Таблица 2

## Составы смесей

№	Компоненты	Составы, мас.%		
		1	2	3
1	Суглинок	60	70	80
2	Опока Таскалинского месторождения	40	30	20
3	Угольная пыль	0,3	0,3	0,3
4	Щелочная добавка Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	0,2	0,2

Отпрессованные и высушенные до постоянной температуры образцы кубы подвергали термической обработке в лабораторной муфельной печи при температуре 700, 800 и 900°С. Свойства полученных образцов пористой керамики представлены в таблице 3.

**Заключение.** Таким образом, полученные свойства пористо керамических строительных материалов из смесей, содержащих суглинок и опоку Таскалинского месторождения Западно-Казахстанской области показали, что разработанная технология позволяет получить эффективные керамических стеновых изделий которые обеспечивают необходимыми физико-механическими свойствами. Установлено, что с повышением температуры до 900°С в образцах с высоким содержанием опоки плотность увеличивается, что указывает на интенсивное образование жидкой фазы и их проникновение в пористую структуру обожженной опоки, за счет образования значительной свободной энергии на поверхности пор опоки.

Таблица 3

Свойства пористой керамики

Показатель	Состав		
	1	2	3
Температура обжига, °С	700		
Усадка обжиговая, %	0,5	0,4	0,4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	820	845	970
Прочность при сжатии, МПа	7,5	7,6	7,9
Температура обжига, °С	800		
Усадка линейная, %	0,6	0,8	0,8
Прочность при сжатии, МПа	8,2	11,5	12,6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	835	870	988
Температура обжига, °С	900		
Усадка линейная, %	0,7	0,9	1,2
Прочность при сжатии, МПа	8,8	12,7	15,2
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	857	932	1020

Список литературы

1. Горлов, Ю.П. Теплоизоляционные и акустические материалы [Текст] / Ю.П. Горлов. – М.: Стройиздат, 1984.
2. Сагындыков, А.Ә. Керамикалық қабырға және жылу сақтағыш материалдары [Электрондық ресурс]: оқу құралы / А.Ә. Сагындыков. – Тараз: Тараз университеті, 2013. – 114 б.
3. Монтаев, С.А. Использование опоки Западно-Казахстанского месторождения для модификации составов керамических масс с целью получения эффективной стеновой керамики [Текст] / С.А. Монтаев, А.Т. Таскалиев, С.М. Жарылгапов, А.С. Монтаева // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Матер. 1 Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пенза: ПГУАС, 2011. – С. 139-143.

Материал поступил в редакцию 16.01.24.

**А.Т. Қырғызбаев**

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан*

**ОПОКА НЕГІЗІНДЕГІ ЖОҒАРЫ ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР  
КЕУЕКТІ КЕРАМИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛ**

**Аңдатпа.** Заманауи жылу тиімді құрылыс материалдарына, сондай-ақ оларды жасау технологияларына қысқаша шолу жасалады. Балшық шикізаты, опока және қоспалар негізінде керамикалық технология бойынша жасалған үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерін талдау нәтижелері ұсынылған.

**Тірек сөздер:** опока, жылу тиімді керамикалық материалдар, саз шикізаты, сілтілі қоспалар.

**A.T. Kirgizbaev**

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**POROUS CERAMIC MATERIAL WITH HIGH PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES  
BASED ON OPOCA**

---

**Abstract.** A brief overview of modern heat-efficient building materials, as well as technologies for their manufacture, will be given. The results of the analysis of the physico-mechanical properties of samples made using ceramic technology based on clay raw materials, opoca and additives are presented.

**Keywords:** opoca, heat-efficient ceramic materials, clay raw materials, alkaline additives.

#### References

1. Gorlov, Yu.P. Teploizolyatsionnyye i akusticheskiye materialy [Thermal insulation and acoustic materials]. – Moscow: Stroyizdat, 1984. [in Russian].
2. Sagyndykov, A.A. Keramikalyk kabyrga zhane zhylyu saktagysh materialdary [Ceramic walls and heat-saving materials] [Electronic resource]. – Taraz: Taraz University, 2013. – 114 p. [in Kazakh]
3. Montaev, S.A., Taskaliev, A.T., Zharylgapov, S.M., Montaeva, A.S. Ispol'zovaniye opoki Zapadno-Kazakhstanskogo mestorozhdeniya dlya modifikatsii sostavov keramicheskikh mass s tsel'yu polucheniya effektivnoy stenovoy keramiki [Using the flask of the West Kazakhstan deposit to modify the compositions of ceramic masses in order to obtain effective wall ceramics] // Teoriya i praktika povysheniya effektivnosti stroitel'nykh materialov: Mater. 1 Mezhdunar. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [Theory and practice of improving the efficiency of building materials: Mater. 1 International Conference of students, postgraduates and young scientists]. – Penza: PGUAS, 2011. – P. 139-143. [in Russian]