

С.А. Монтаев¹, А. Таудаева¹, Н.С. Монтаева¹, М.Ж. Рыскалиев¹

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

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СЫРЬЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье приведены результаты научно-экспериментальных работ по разработке составов сырьевой композиции в системе глина - зола Экибастузской ГРЭС – кремнистая порода - опока с целью получения эффективных керамических материалов. Установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств образцов термообработанных при температуре 1000^oC на основе составов сырьевой композиции ограниченных следующим предельными концентрациями компонентов, масс. %: опока 30-50, глина 30-40, зола 10-40. Установлено, что происходящие изменения физико-механических свойств в исследуемых керамических массах связано, прежде всего, с химико-минералогическими характеристиками применяемых сырьевых материалов. Полученные результаты исследований служат основой для разработки технологии производств эффективных и высоко востребованных строительных материалов широкого спектра (керамические дорожные материалы, теплоизоляционно-конструкционные стеновые керамические материалы, теплоизоляционные керамические плиты, легкие пористые заполнители)

Ключевые слова: сырьевая композиция, зола Экибастузской ГРЭС, кремнистая порода, опока, эффективность, глина, технология, микроструктура.

• • •

Түйіндеме. Мақалада тиімді керамикалық материалдарды алу үшін саз – Екібастұз мемлекеттік электр станциясының күлі – кремнийлі жыныс – опока жүйесінде шикізат құрамының құрамын жасау бойынша ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Шикізат құрамы негізінде құрамдас бөліктердің ең жоғары концентрациясымен шектелген масса бойынша, %: опока 30-50, саз 30-40, күл 10-40 және 1000° C температурада күйдірілген сынамалардың физика-механикалық қасиеттерінің өзгеруінің негізгі заңдылықтары анықталды. Зерттелетін керамикалық массалардағы физика-механикалық қасиеттердің өзгеруі, ең алдымен, қолданылатын шикізаттың химиялық және минералогиялық сипаттамаларына байланысты екені анықталды. Алынған зерттеу нәтижелері кең ауқымды тиімді және жоғары сұранысқа ие құрылыс

материалдарын (керамикалық жол материалдары, жылу оқшаулағыш құрылымдық қабырға керамикалық материалдары, жылу оқшаулайтын керамикалық плиталар, жеңіл кеуекті толтырғыштар) өндіру технологиясын жасауға негіз болады.

Түйінді сөздер: шикізат құрамы, Екібастұз МАЭС күлі, кремнийлі жыныс, опока, тиімділік, саз, технология, микроқұрылым.

• • •

Abstract. The article presents the results of scientific and experimental work on the development of the composition of the raw material composition in the clay – ash from Ekibastuz power station - siliceous rock - flask system in order to obtain useful ceramic materials. The basic laws of changes in the physical-mechanical properties of heat-treated samples at temperature of 1000°C based on the composition of the raw material composition limited by the following maximum concentrations of components, wt. %: Flask 30-50, clay 30-40, ash 10-40 are established.. It has been established that the changes in the physicommechanical properties in the studied ceramic masses are associated primarily with the chemical and mineralogical characteristics of the raw materials used. In the case of a minimum content (up to 10%) of ash in the composition of the ceramic mass, a decisive role in the formation of the porous structure and low average density, ceramic samples plays siliceous rock - flask. The obtained research results serve as the basis for developing a technology for the production of efficient and highly demanded building materials of a wide range (ceramic paver blocks, heat-insulating structural wall ceramic materials, heat-insulating ceramic plates, lightweight porous aggregates).

Keywords: raw material composition, ash Ekibastuz GRES, siliceous rock, flask, efficiency, clay, technology, microstructure.

Введение. Комплексное и рациональное использование природных и техногенных ресурсов является одним из приоритетных научных направлений Республики Казахстан. Строительная индустрия страны является одним из крупных потребителей сырьевых ресурсов. Поэтому возникает объективная необходимость развития научных исследований, обеспечивающих высокую степень эффективности касательно ресурсо - и энергосбережения не только на стадии технологических переделов переработки сырья, но и на конечных эксплуатационных свойствах готового продукта. Большая доля при строительстве гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений приходится на керамические материалы, выполняющих функции ограждающих и несущих конструкций, в виде легких пористых заполнителей для теплоизоляционно-конструкционных бетонов, а также в виде теплоизоляционных плит,

обеспечивающих, в конечном счете, энергоэффективность зданий и сооружений. Решение этой проблемы связано с созданием новых технологических разработок по созданию новых керамических композиций с привлечением нетрадиционных сырьевых ресурсов и крупнотоннажных техногенных ресурсов для достижения эффекта ресурсо- и энергосбережения не только на стадии производства, но и на стадии эксплуатации. Решение поставленной задачи возможно путем разработки новых композиций керамических масс для получения эффективных керамических материалов. В производстве керамических материалов получение таких материалов возможно за счёт создания пористой структуры керамического черепка. Как правило, формирование такой структуры осуществляется путём введения в состав сырьевой смеси порообразователей, выгорающих добавок, пористых заполнителей и т.д. [1-3]. Одним из перспективных направлений и резервом экономии материальных и энергетических ресурсов является использование доступных природных глин и суглинков в композиции с различными техногенными ресурсами [4-7]. В последнее время особую актуальность приобретает расширение сырьевой базы промышленности керамических материалов с использованием новых нетрадиционных сырьевых материалов. В качестве одного из перспективных путей решения этой проблемы предлагается использование кремнистых опал-кristобалитовых пород - опок и их разновидностей - опокovidных пород, имеющих широкое распространение во многих регионах Казахстана и России. Использование этого вида сырья для производства керамических материалов вызывает большой интерес благодаря их химико-минералогическому составу, обеспечивающие уникальные свойства как легкость, высокая пористость и способность спекаться при термобработке [8-12].

Следует особо отметить, что в ближайшей перспективе, будущее за керамическими материалами, обладающими пористой структурой (с пустотностью до 62-68%) , с плотностью 700-800 кг/м³ и повышенными теплозащитными свойствами (теплопроводность менее 0,2 Вт/м °С). В развитых странах доля таких керамических материалов составляет до 50-80% от общего объема выпускаемой продукции [13-15].

Цель исследования – разработка составов керамических масс в системе глина - зола Экибастузской ГРЭС – опока, обеспечивающих получение эффективных керамических материалов.

Материалы и методы исследований. Выбор сырьевых материалов для достижения поставленной цели основывался на дифференциальном подходе к каждому виду сырья, обеспечивающего требуемые физико-механические и технологические свойства на стадии формования, сушки и обжига. В качестве объектов исследования выбраны следующие сырьевые материалы:

- глина Погодаевского месторождения Западно-Казахстанской области (ЗКО);
- кремнистая порода – опока Таскалинского месторождения (ЗКО);
- зола – унос Экибастузской ГРЭС.

На начальном этапе были проведены исследования по изучению физико-механических свойств и химико-минералогических характеристик выбранных сырьевых материалов. Ниже приводятся результаты проведенных исследований. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на дифрактометре ДРОН-3 с СиК α -излучением в интервале углов 8 $^{\circ}$ -64 $^{\circ}$. Чувствительность метода составляет от 1 до 2%. Рентгенофазовому анализу подвергались порошки глины, прошедшие через сито 0,315. Определение химико-минералогического состава исследуемых сырьевых компонентов проводилось на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV с системой энерго-дисперсионного микроанализа, рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO MPD, масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-MS Agilent 7500cx (фирма JEOL, Япония). Глина Погодаевского месторождения по огнеупорным свойствам относится к легкоплавким. По содержанию Fe $_2$ O $_3$ к глинам с высоким содержанием красящих оксидов, а по содержанию Al $_2$ O $_3$ к группе кислого сырья (таблица 1, рисунки 1,2).



Рисунок 1 - Глина Погодаевского месторождения в природном виде

Таблица 1 - Химический состав бентонитовой глины Погодаевского месторождения (ЗКО)

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

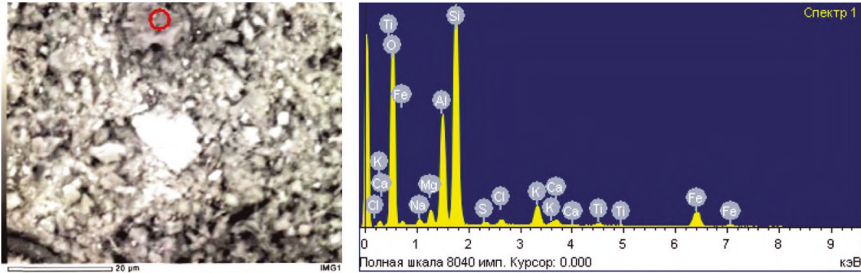


Рисунок 2 - Микроструктура и спектры глины Погодаевского месторождения

Минералогический состав глины представлен в основном монтмориллонитом $d/n=5,06; 4,46; 3,79; 3,06; 2,455; 2,28; 2,127; 1,977; 1,817; 1,675 \cdot 10^{-10}$ м. Кремнистая порода - опока Таскалинского месторождения представляет собой легкую, твердую, микропористую горную породу (таблицы 2,3; рисунок 3). Кремнистое вещество имеет коллоидно-микрозернистое строение и опал - халцедоновый состав. Согласно геологическим данным опоки залегают в палеогеновых и меловых отложениях, образуются в морских бассейнах за счет уплотнения и цементации диатомитов и трепелов.



Рисунок 3 - Естественно-природный вид кремнистой породы-опоки Таскалинского месторождения

Таблица 2 - Химический состав кремнистой породы - опоки Таскалинского месторождения

Наименование сырья	Содержание оксидов, мас. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
Кремнистая порода-опока	66,98-83,5	5,76-12,95	0,1-0,62	0,24-17,9	0,43-1,39	1,39-4,8	0,03-0,97	0,15-0,78	1,13-2,85	1,85-18,9

Таблица 3 – Минералогический состав кремнистой породы – опоки Таскалинского месторождения Западно - Казахстанской области, %

Наименование породы	Опал	Глинистые минералы	Кальцит	Кварц	Слюда	Глаукоцит	Органо-генные остатки
Кремнистая порода – опока	54-78	15-22	до 6	4-7	2-4	2-3	до 12

Кроме того установлено, что опока Таскалинского месторождения обладает относительно низкой средней плотностью в пределах 1200 – 1350 кг/м³, и отличается хорошей влагеёмкостью, высокой гидравлической и адсорбционной активностью. Зола Экибастузской ГРЭС представляет собой – рыхлый порошкообразный материал черно-серого цвета (таблицы 4,5; рисунок 4).

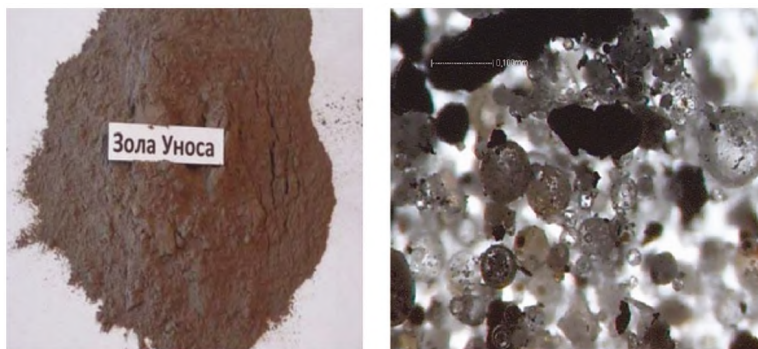


Рисунок 4 - Внешний вид и микрофотография золы-уноса Экибастузской ГРЭС

В начале научно-экспериментальных работ были изучены следующие основные физико-механические свойства золы Экибастузской ГРЭС:

- удельная поверхность золы, см²/г – 3200-3700;
- истинная плотность, г/см³ – 1,75-1,84;
- насыпная плотность, кг/м³ – 675-740.

Гранулометрический состав золы:

Содержание фракций, % при размере частиц, мм: более – 0,25 – 5,98%; 0,25-0,05 – 34,8%; 0,05-0,01 – 43,07%; 0,01-0,005 – 6,55%; 0,005-0,001 – 6,40%; менее 0,001 – 4,35.

Таблица 4 – Химический состав золы – уноса Экибастузской ГРЭС

Наименование сырья	Содержание оксидов, мас.%										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO ₄	TiO ₂	P ₂ O ₅	ППП
зола – унос	61.04	23.78	5,82	2,78	0,79	0,59	0,36	<0,04	1,01	0,37	3,04

Таблица 5 – Минеральный состав золы уноса Экибастузской ГРЭС

Наименование образца	Название кристаллических фаз	Химическая формула
Зола-унос	Quartz alpha, alpha-Si O ₂ ; Mullite, syn	SiO ₂ ; Al _{4,44} Si _{1,56} O _{9,78}

Методы проведения научно-экспериментальных работ. Сначала сырьевые материалы сушились в сушильном шкафу. Глина и кремнистая порода – опока подвергались предварительному дроблению с помощью лабораторной щековой дробилки. Далее каждое по отдельности размалывались в лабораторной шаровой мельнице до полного прохождения через № 1,0. Зола Экибастузской ГРЭС из-за высокой дисперсности использовалась без измельчения. Для проведения научно-экспериментальных работ был выбран состав сырьевой смеси ограниченных следующим предельными концентрациями компонентов, масс. %: опока 30-50, глина 30-40, зола 10-40 (таблица 6).

Таблица 6 - Исследуемые составы керамических масс

№ составов	Наименование и содержание сырьевых компонентов, мас. %		
	Кремнистая порода-опока	Глина Погодаевского месторождения	Зола Экибастузской ГРЭС
1	30	30	40
2	40	35	25
3	50	40	10

Путем взвешивания сырьевые материалы дозировались согласно исследуемым составам и загружались в лабораторную мешалку для сухого совместного перемешивания. После достижения гомогенной смеси в мешалку добавлялась вода и всё снова тщательно перемешивалось до получения пластической керамической массы. Формовочная влажность керамической массы составляла 25-27% от массы сухих компонентов. Из керамической массы формовались образцы цилиндры с размерами 50x50x50 мм пластическим способом. Полученные образцы цилиндры сушились в сушильном шкафу до остаточной влажности 8-10%. Общий вид сырцовых образцов цилиндров представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 - Лабораторные сырцовые образцы цилиндры

Результаты и обсуждения. Полученные сырцовые образцы цилиндры подвергались обжигу при температуре 1000°C в лабораторной муфельной печи со скоростью подъема температуры 150°C в ч. Выдержка при конечной температуре составляла 1 ч. Образцы оставались при отключенной печи до комнатной температуры. Термообработанные керамические образцы цилиндры подвергались физико-механическим испытаниям согласно правилам стандартных методик.

В качестве исследуемых свойств выбрали наиболее важные физико-механические свойства образцов, характеризующих их эффективность, такие, как средняя плотность, г/см³, предел прочности при сжатии, МПа, водопоглощение, %, общая пористость, % и теплопроводность, Вт/ (м °С). Общий вид термообработанных образцов цилиндров при температуре обжига 1000°C представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 - Лабораторные термообработанные образцы цилиндров при температуре 1000^oC

Для сравнительного анализа результатов научно-экспериментальных работ параллельно формовались контрольные образцы на основе керамических масс из чистого суглинка. Результаты проведения научно-экспериментальных работ представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Физико-механические свойства керамических образцов термообработанных при температуре 1000^oC

№ составов	Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Общая пористость, %	Теплопроводность, Вт/ (м °C)
1	0,74-0,78	11,2-11,8	32-34	54-56	0,25-0,27
2	0,79-0,83	10,7-10,9	31-32	52-54	0,29-0,31
3	0,84-0,87	10,1-10,3	31-33	51-53	0,31-0,34
Контрольные образцы из чистого суглинка	1,85-1,90	7,5-9,4	25	22-25	0,7-0,8

Результаты анализа физико-механических свойств термообработанных при температуре 1000^oC позволили установить основные закономерности их изменения в зависимости от компонентного состава в исследуемой области сырьевой системы. Как показывают полученные результаты самые минимальные показатели по средней плотности и коэффициенту теплопроводности достигнуты у состава № 1, где содержание золы Экибастузской ГРЭС составляет 40% и кремнистой породы-опоки 30%. При этом максимальное значение общей пористости составляет 54-56%. Следует отметить, что, несмотря на высокую общую пористость и низкие показатели средней плотности термообработанные образцы обладают высокими показателями прочности при сжатии 11,2-11,8 МПа.

Увеличение содержания кремнистой породы – опоки до 50% за счёт уменьшения содержания золы Экибастузской ГРЭС до 10% привело к незначительному повышению средней плотности и снижению показателей прочности при сжатии. Повышение средней плотности составляет от 0,74-0,78 г/см³ до 0,84-0,87 г/см³, а снижение предела прочности при сжатии составляет от 11,2-11,8 МПа до 10,1-10,3 МПа. При этом общая пористость образцов сохраняется на уровне 51-53%. Увеличение показателей коэффициента теплопроводности также незначительны 0.31-0.34 Вт/м °С. Увеличение показателей общей пористости подтверждается также увеличением показателей водопоглощения образцов. На фоне увеличения общей пористости показатели водопоглощения образцов находятся в пределах 31-34%. Сравнительный анализ изменения физико-механических свойств образцов исследуемых составов керамических масс по сравнению с керамическими образцами на основе чистого суглинка показали существенные изменения по всем показателям свойств. Образцы на основе исследуемой керамической массы обладают пониженной средней плотностью и повышенной общей пористостью более, чем в 2 раза. Кроме того они обладают пониженным коэффициентом теплопроводности (0,25-0,34 Вт/м °С против 0,7-0,8 Вт/м °С), что является одним из важных критериев энергоэффективности материала. Кроме того, несмотря на высокие показатели общей пористости образцы обладают высокой прочностью при сжатии 11,2-11,8 МПа против 7,5-9,4 МПа. Для изучения морфологии пористой структуры из исследуемых керамических образцов были сделаны срезы образцов с помощью режущего инструмента (рисунок 7). На основании визуального осмотра и осмотра под микроскопом можно установить, что образцы представляет собой прочно спечённый керамический материал светло-красного цвета с макро- и микропористой структурой. Макро- и микропоры равномерно распределены по всему объему.



Рисунок 7 - Пористая макроструктура (в срезе) термообработанных образцов цилиндров при температуре 1000°С

Происходящие изменения физико-механических свойств в исследуемых керамических массах связаны, прежде всего, с химико-минералогическими характеристиками применяемых сырьевых материалов. Низкая средняя плотность и высокая общая пористость состава №1 обеспечивается, по видимому, за счёт содержания золы Экибастузской ГРЭС за счёт сгорания несгоревших остатков тонкодисперсного угля. А также за счёт относительно низких показателей средней плотности самой золы. При минимальном содержании золы в составе керамической массы №3, решающую роль в образовании пористой структуры и низких показателей средней плотности играет кремнистая порода – опока. По своей природе она обладает высокой пористостью и низкой средней плотностью. Глина играет роль связующего двух непластичных материалов на стадии формования и процессе твердо – и жидкофазного спекания на стадии обжига. В результате образуется спеченная твердокристаллическая фаза с мелкопористой структурой, чем и объясняются высокие прочностные показатели образцов, несмотря на высокую общую пористость. Таким образом, на основе исследуемых составов керамических масс можно получить эффективные керамические материалы отличающиеся, легкостью, требуемой прочностью, высокой общей пористостью и низкими показателями коэффициента теплопроводности. Полученные результаты исследований служат основой для разработки технологии производств эффективных и высоко востребованных строительных материалов широкого спектра (керамические дорожные материалы, теплоизоляционно-конструкционные стеновые керамические материалы, теплоизоляционные керамические плиты, легкие пористые заполнители).

Выводы. По результатам обзора трудов отечественных и зарубежных ученых установлена особая актуальность создания эффективных керамических материалов, отличающихся легкостью, прочностью, пористой структурой и обладающих низкими показателями коэффициента теплопроводности. На основании изучения физико-механических и химико-минералогических характеристик сырьевых материалов выбраны сырьевые материалы с целью разработки керамических масс для получения эффективных керамических материалов. Для проведения научно-экспериментальных работ в качестве объектов исследования были выбраны следующие сырьевые материалы: глина Погодаевского месторождения Западно-Казахстанской области (ЗКО), кремнистая порода – опока Таскалинского месторожде-

ния (ЗКО), зола – унос Экибастузской ГРЭС. Установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств образцов термообработанных при температуре 1000°С на основе составов сырьевой композиции, ограниченных следующими предельными концентрациями компонентов, масс. %: опока 30-50, глина 30-40, зола 10-40. Анализ изменения физико-механических свойств керамической композиции позволил установить, что низкая средняя плотность и высокая общая пористость состава №1 обеспечивается за счёт сгорания несгоревших остатков тонкодисперсного угля, содержащихся в золе Экибастузской ГРЭС. Установлено, что происходящие изменения физико-механических свойств в исследуемых керамических массах связано, прежде всего, с химико-минералогическими характеристиками применяемых сырьевых материалов. В случае минимального содержания (до 10%) золы в составе керамической массы, решающую роль в образовании пористой структуры и низких показателей средней плотности, керамических образцов играет кремнистая порода – опока. По результатам научно-экспериментальных исследований доказана возможность получения керамических материалов отличающиеся, легкостью, требуемой прочностью, высокой общей пористостью и низкими показателями коэффициента теплопроводности.

Список литературы

- 1 *Петров В.П., Явруян Х.С., Иванченко А.В., Крбашян Р.Г.* Повышение качества стеновой керамики с плотностью до 1000 кг/м // *Материалы Международной конференции «Строительство 2002».* - Ростов-на-Дону: РГСУ, 2002. - С. 66.
- 2 *Куликов О.А.* Способ увеличения прочности пористого керамического кирпича // *Строительные материалы.* 1995. -№11. - С. 18.
- 3 *Тамов М.Ч.* Интенсификация спекания пористокерамических изделий // *Строительные материалы.* 1998. - №12. - С. 18.
- 4 *Лохова, Н.А.* Эффективная стеновая керамика на основе высококальциевой золы-уноса / *Н.А. Лохова, Н.Е. Вихнева* // *Строительные материалы.* - 2006. - №2. - С. 50-51.
- 5 *Верещагин В.И.* Керамические теплоизоляционные материалы из природного и техногенного сырья Сибири / *В.И. Верещагин, В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова, Т.А. Хабас* // *Строительные материалы.* - 2000. - №4. - С. 34-35.
- 6 *Алехин Ю.А., Люсов А.Н.* Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. - С. 342.
- 7 *Михайлов В.И.* Особенности производства керамического

кирпича из углеотходов и новые технологические процессы // Строительные материалы. -1990.-№9.-С. 5-6.

8 *Котляр В.Д.* Технологические особенности опок как сырья для стеновой керамики / В.Д. Котляр, К.А. Лапунова // Известия вузов. Строительство. - «НГАСУ». - 2009. - № 11-12. - С. 25-31.

9 *Котляр В.Д.* Оценка кремнистых опоковидных пород для производства керамического кирпича / В.Д. Котляр, Б.В. Талпа, Ю.В. Терёхина // Строительные материалы. - 2010. - № 12. - С. 20-22.

10 *Котляр В.Д.* Особенности прессования керамических порошков на основе опок при производстве стеновой керамики / В.Д. Котляр // Строительные материалы. - 2009. - № 12. - С. 28-32.

11 *Монтаев С.А., Монтаева Н.С.* Технология производства искусственного щебня из кремнистой породы- опоки // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан, №2, Алматы 2014, С 86-92/

12 *Ашмарин Г.Д.* Инновационные технологии высокоэффективных керамических строительных изделий на основе кремнистых пород / Г.Д. Ашмарин, В.Г. Ласточкин, В.В. Илюхин, А.Г. Минаков, А.В. Татьянчиков // Строительные материалы. - 2011. - № 7. - С. 28-30.

13 *Дмитриев К.С.* Пористая керамика: Современное состояние и перспективы // Международный журнал экспериментального образования. - 2016. - № 7. - С. 152-154;

14 *Завадский В.Ф.* Поризованная строительная керамика / В.Ф. Завадский, Н.Б. Путро, Ю.С. Максимова // Строительные материалы. - 2004. - № 2. - С. 21-22.

15 *Габидуллин М.Г.* Взаимосвязь структуры и теплофизических свойств пористой керамики / М Г Габидуллин, Р А Кагомов, Р З Рахимов, А В Темляков // Строительные материалы - 2005 -№9 - С 62-65.

Монтаев С.А. - доктор технических наук, профессор,
e-mail: montaevs@mail.ru

Таудаева А.А. - докторант, e-mail: taudaeva1980@mail.ru

Монтаева Н.С. - доктор PhD, e-mail: montayeva-n@mail.ru

Рыскалиев М.Ж. - доктор PhD, e-mail: muratbai_84@mail.ru