

УДК 666.691

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ, УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ, НЕФТЕДОБЫЧЕ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2013 В.З. Абдрахимов¹, Е.С. Абдрахимова²

¹ Самарская академия государственного и муниципального управления

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 11.03.2013

Использование углеродосодержащих отходов в керамических массах без применения природных традиционных материалов для получения теплоизоляционных материалов способствует образованию муллита, анортита и волластонита, которые повышают физико-механические свойства изделий. Ключевые слова: теплоизоляционный материал, отходы энергетики, межсланцевая глина, золошлаковая смесь, горелые породы, нефтяной кек, зола легкой фракции, муллит, анортит, кристобалит, гематит, волластонит.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в различных отраслях промышленности накапливается огромное количество отходов. На их удаление затрачивается 8-10% стоимости производимой продукции [1].

Производство строительных керамических материалов - одна из самых материалоемких отраслей народного хозяйства, поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором ее успешного развития в условиях проводимой экономической реформы. В связи с этим применение отходов производств в керамических материалах приобретает особую актуальность [1].

В производстве керамических материалов вопросу фазового состава, спеканию и физико-химическим процессам при обжиге изделий придается особое значение, так как именно они определяют главным образом эксплуатационные свойства изделий. Физико-механические и химические свойства керамических материалов зависят от фазового состава, а именно от содержания в изделиях: стеклофазы, муллита, волластонита, анортита, гематита, магнетита, кристобалита, кварца и других минералов.

Цель работы - исследовать фазовые составы керамических изделий полученных из углеродосодержащих отходов топливно-энергетической промышленности без применения традиционных природных материалов.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

В качестве основного глинистого сырья для производства керамических изделий, в настоящей работе, использовалась межсланцевая глина [2-8]. Межсланцевая глина, образуется при добыче горючих сланцев на сланцеперерабатывающих заводах (на шахтах) [2-8]. Она является отходом горючих сланцев. По числу пластичности межсланцевая глина относится к высокопластичному глинистому сырью (число пластичности 27-32) с истинной плотностью 2,55-2,62 г/см³. Имея высокое число пластичности, межсланцевая глина может связать до 50% отходов производств (отошителей). Химические составы: оксидный и поэлементный представлены в табл. 1 и 2.

Для анализа размера частиц межсланцевой глины, был проведен металлографический анализ на микроскопе МИН – 8М при увеличении в 200 раз (рис. 1 А). Как видно из рис. 1 А в исследуемых образцах много крупных включений (размером более 2-5 мкм).

Рентгенофазовый состав исследуемой межсланцевой глины проводился на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием CoK_α - излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин. На рис. 2 А представлена рентгенограмма межсланцевой глины.

На дифрактограмме порошка межсланцевой глины отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,190; 0,304$ и $0,350$ нм) кальцита, присутствие линии ($d/n = 0,227$ нм) обусловлено гематитом, линии ($d/n = 0,181; 0,212; 0,223; 0,244; 0,334$ и $0,335$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,198;$

Владимир Закирович Абдрахимов, доктор технических наук, профессор. E-mail: 3375892@mail.ru
Елена Сергеевна Абдрахимова, кандидат технических наук, доцент.

Таблица 1. Химический состав компонентов

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.
1. Межсланцевая глина	45-47	13-14	5-6	11-13	2-3	3-4	9-20
2. Золошлаковая смесь	35-37	10-11	7,5-10	20-23	2-2,5	2-3	14-19
3. Горелые породы	39-40	12-13	7-8	19-19,5	2-3,5	0,5-1	14-15
4. Отходы углеобогащения	50,40	18,56	6,4	1,51	0,50	4,78	16,5
5. Золошлаковый материал	48,15	16,7	7,42	3,99	2,36	0,1	20,84
6. Зола легкой фракции	59,74	21,39	5,07	3,70	1,22	8,07	0,7
7. Нефтяной кек	21,1	14,3	12,2	11,2	2,8	1,8	35,8
8. Шламы флотационного углеобогащения	28,4	13,7	5,83	1,53	1,24	1,24	47,38

Таблица 2. Поэлементный анализ компонентов

Отход	Элементы											
	C	O	Na	Mg	Al+ Ti	Si	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
Нефтяной кек	24,02	35,67	0,83	0,87	2,14	5,49	2,10	0,73	0,89	22,58	0,53	4,15
Межсланцевая глина	7,73	50,06	0,46	1,04	7,20	17,66	1,83	-	1,75	10,53	-	3,35
Горелые породы	27,32	46,94	0,37	0,61	2,65	9,15	2,87	-	0,76	8,46	-	1,17
Отходы углеобогащения	8,84	56,19	-	-	11,64+ 0,29	19,03	0,28	0,08	2,39	0,38	-	0,88
Золошлаковый материал	5,88	51,48	-	-	11,5+ 1,44	17,56	1,1	-	3,59	3,03	-	4,42
Золошлаковая смесь	7,44	47,38	0,81	0,93	5,65	16,9	1,58	-	1,53	12,2	-	5,58
Зола легкой фракции	0,14	46,28	1,82	0,82	12,9+ 0,87	21,78	-	-	3,87	7,4	-	4,12
Шламы	8,84	56,19	-	-	11,64+ 0,29	19,03	0,28	-	2,39	0,38	-	0,88

0,218 и 0,238 нм) гидрослюдой, линии ($d/p=0,260$; 0,282; 0,308 и 1,420 нм) монтмориллонитом, а линии ($d/p=0,320$ и 0,387 нм) полевым шпатом.

Минералогический состав межсланцевых глин разнообразен, однако общим для них является наличие кремнезема, гидрослюды, монтмориллонита и кальцита (рис. 2, А).

Микроструктура межсланцевой глины представлена на рис. 3, А.

В качестве отощителя, интенсификатора спекания и частично выгорающей добавки для изготовления теплоизоляционного материала использовалась золошлаковая смесь от сжигания горючих сланцев. При сжигании горючих сланцев образуются золы и шлаки.

Зола-унос - тонкодисперсный материал, состоящий из минеральной части сжигаемого топлива и улавливаемый из дымовых газов ТЭС. Размер частиц золы-уноса колеблется от 3-5 до

100-150 мк. Плотность золы-уноса составляет 2-2,5 г/см³, насыпная плотность 0,85-1,05 г/см³, удельная поверхность 1150-1280 см²/г [9].

Шлак - агрессивные и сплавившиеся частицы золы размером от 0,15 до 30 мм.

Химические составы: оксидный и поэлементный представлены в табл. 1 и 2.

Повышенное содержание в золошлаковой смеси Fe₂O₃, CaO и R₂O позволит интенсифицировать (снизить температуру обжига) процессы обжига, а п.п.п. (потери при прокаливании) снизить плотность керамического кирпича.

Металлографический анализ золошлаковой смеси (рис. 1 Б) показал наличие в ней много крупных включений (размером более 3-7 мкм). Рентгенофазовый состав исследуемой золошлаковой смеси показал наличие в ней следующих минералов: кварца, кристобалита, муллита, гематита и магнетита (рис. 2 Б).

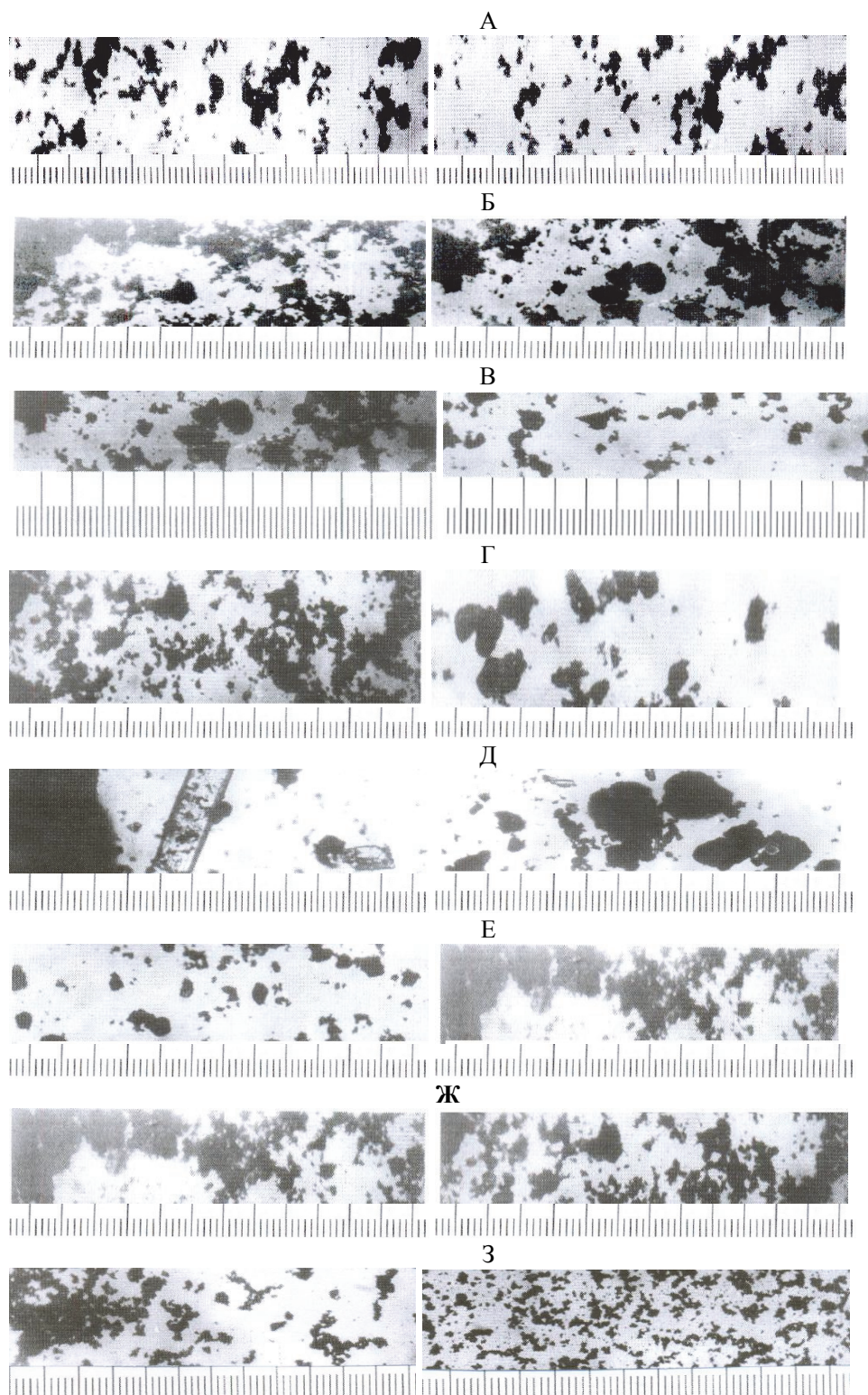


Рис. 1. Металлографический анализ отходов топливно-энергетической промышленности:

А – межсланцевая глина; Б - золошлаковая смесь от сжигания горючих сланцев; В – горелые породы; Г – отходы углеобогащения; Д – золошлаковый материал; Е – зола легкой фракции; Ж – нефтяной кек; З- шламы флотации углеобогащения

На дифрактограмме порошка золошлаковой смеси отмечаются характерные интенсивные линии ($d/p = 0,368$ нм) магнетита, присутствие линии ($d/p = 0,251; 0,255$ и $0,269$ нм) обусловлено гематитом, линии ($d/p = 0,182; 0,223; 0,245; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/p = 0,212; 0,220$ и $0,$

269 нм) муллитом, а линии ($d/p = 0,198$ нм) кристобалитом (рис. 2 Б).

Электронно-микроскопический анализ золошлаковой смеси представлен на рис. 3, 3.

Горелые породы, как и золошлаковая смесь, использовались в качестве отощителя для полу-

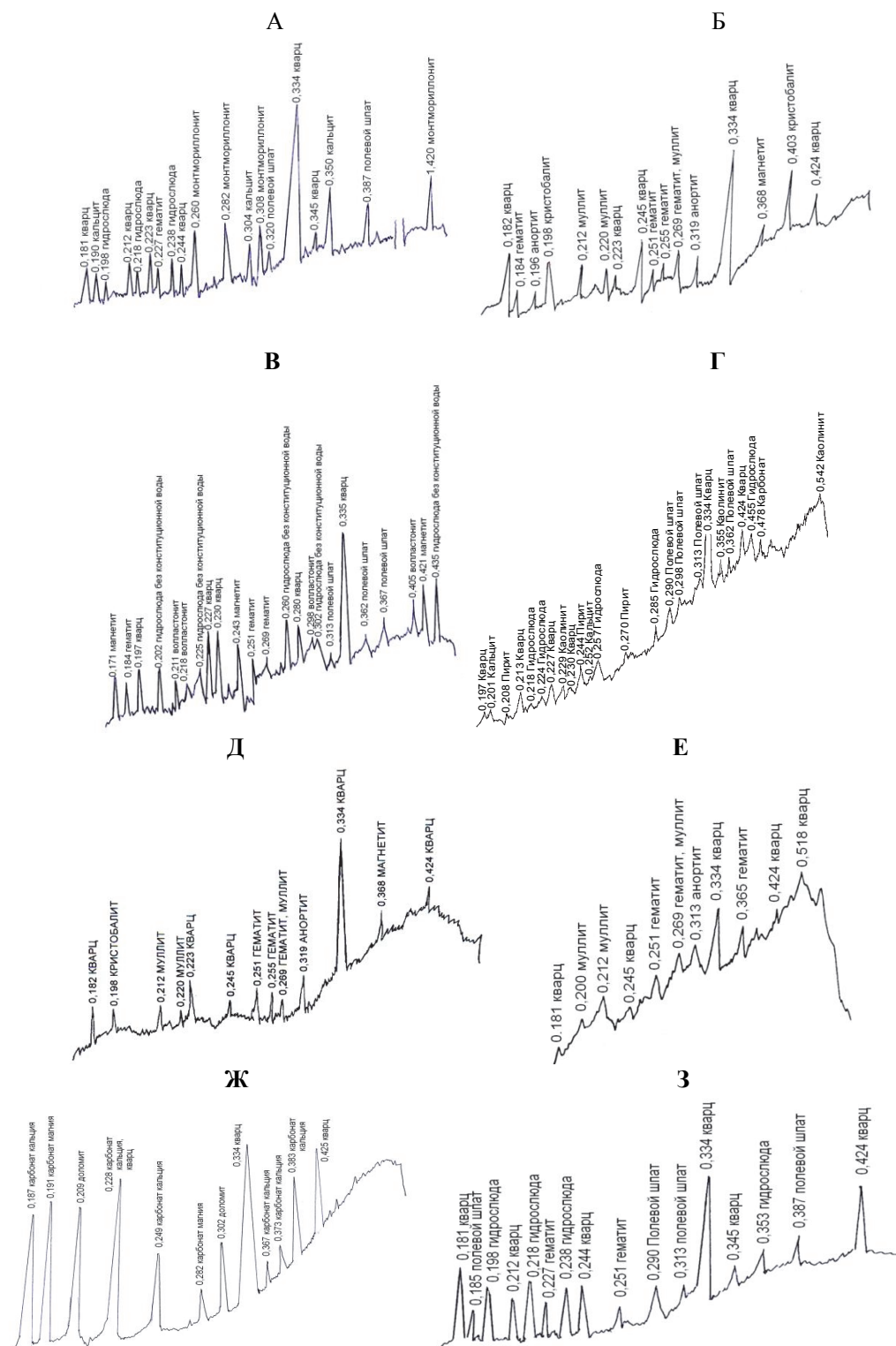


Рис. 2. Рентгенограммы отходов топливно-энергетической промышленности:

А – межсланцевая глина; Б – золошлаковая смесь от сжигания горючих сланцев; В – горелые породы; Г – отходы углеобогащения; Д – золошлаковый материал; Е – зола легкой фракции; Ж – нефтяной кек; З – шламы флотации углеобогащения

чения теплоизоляционных материалов. Истинная плотность горелых пород Самарской области составляет 2,4-2,7 г/см³, средняя плотность – 1300-2500 кг/м³. Особенность горелых пород – высокая микропористость как следствие появления микрощелей и достаточно высокая адсорб-

ционная активность. Химические составы горелых пород: оксидный и поэлементный представлены в табл. 1 и 2.

Горелые породы, хотя и является отходами производства, но по химическому составу идентичны алюмосиликатному природному сырью для

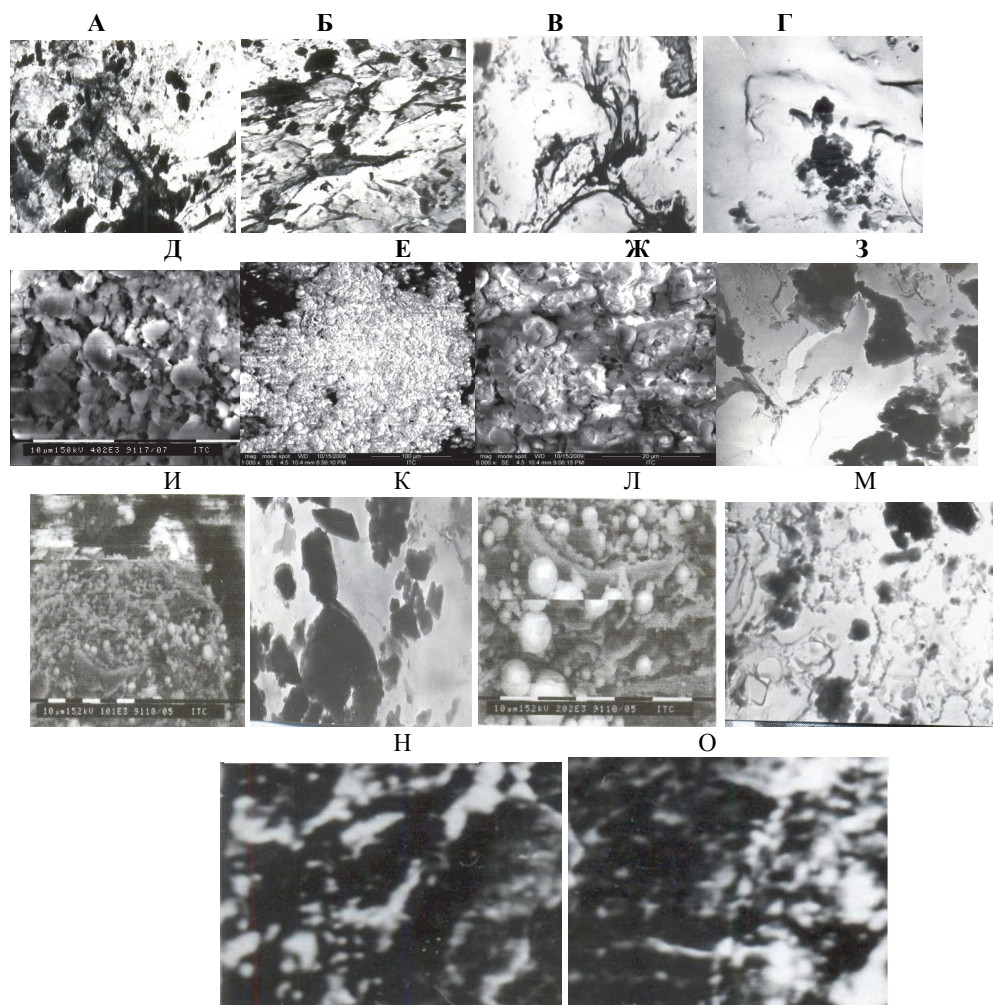


Рис. 3. Микроструктура углеродосодержащих отходов топливно-энергетической промышленности: А и Б – межсланцевая глина; В и Г – горелые породы; Д – отходы флотации углеобогащения; Е и Ж – нефтяной кек; З – золошлаковая смесь; И и К – золошлаковый материал; Л и М – зола легкой фракции; Н и О – шламы флотационного обогащения. Увеличение: А, В, З, И, Лх5000; Б, Г, К, М, Нх8000; Д, Ж -1500; Е, Ж, Ох3000

производства стеновых керамических материалов, что позволяет использовать их в производстве легковесного кирпича как основного компонента шихты [10-12]. Они, в отличие от глинистых компонентов, не обладают пластичностью и связующей способностью, поэтому керамические материалы на их основе требуют использование пластических компонентов.

Химические составы: оксидный и поэлементный представлены в табл. 1 и 2. Как видно из табл. 2, горелые породы имеют повышенное содержание углерода.

Повышенные содержания в горелых породах:

- 1) п.п.п. (потерь при прокаливании) способствует обжигу кирпича изнутри;
- 2) оксидов железа и кальция спеканию при относительно невысоких температурах (1000-1050 °С);
- 3) оксида алюминия повышению прочности и морозостойкости.

Для анализа размера частиц исследуемого

горелых пород, как и для межсланцевой глины, был проведен металлографический анализ на микроскопе МИН – 8М при увеличении в 200 раз (рис. 1 В).

Как видно из рис. 1 В в образцах много крупных включений (размером более 10-15 мкм). Микроструктура горелых пород представлена на рис. 3 В и Г.

Рентгенофазовый состав исследуемой горелой породы проводился, как и для межсланцевой глины, на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием $\text{CoK}\alpha$ - излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин. На рис. 2 В представлена рентгенограмма горелой породы

На дифрактограмме порошка горелой породы отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,171; 0,243$ и $0,436$ нм) магнетита, присутствие линии ($d/n = 0,184; 0,258$ и $0,269$ нм) обусловлено гематитом, линии ($d/n = 0,197; 0,227; 0,230; 0,280$ и $0,335$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,202; 0,225; 0,260; 0,302$ и $0,436$ нм) гидрослюдой

без конституционной воды, линии ($d/n = 0,211; 0,218; 0,298$ и $0,405$ нм) волластонитом, а линии ($d/n = 0,313; 0,362$ и $0,67$ нм) полевым шпатом.

В горелых породах присутствуют характерные минеральные новообразования: волластонит, гидрослюда без конституционной воды, которая уже не обладает свойствами глины (пластичностью), оксиды железа из-за недостаточного доступа кислорода при горении пород восстанавливаются до магнетита.

Минералогический состав горелых пород разнообразен, однако общим для них является наличие активного глинозема в виде радикалов дегидратированных глинистых минералов или в виде активных компонентов: глинозема, кремнезема и железистых соединений. В отличие от зол и шлаков горелые породы почти не содержат стекловидных компонентов и характеризуются высокой сорбционной способностью.

В настоящей работе также в качестве отощителя, интенсификатора спекания и частично выгорающей добавки для изготовления теплоизоляционного материала использовались отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская» (ГОФ – горно-обогатительная фабрика) [13-15]. С точки зрения безопасности угольной продукции для человека и окружающей среды в новые стандарты по видам потребления включены зольность, общая сера, а также содержание мышьяка и хлора [16-18].

Максимальные значения мышьяка в отходах флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская» (Кемеровская область) почти на порядок меньше предельно допустимой концентрации, а в целом содержание этого элемента в углях Кузбасса невысокое, и оно в десятки раз ниже порога «токсичности» [18-21].

Отходы флотации углеобогащения представляют собой глинисто-угольные суспензии. Химические составы: оксидный и поэлементный отходов флотации углеобогащения представлены в табл. 1 и 2. Повышенное содержание в отходах флотации углеобогащения Fe_2O_3 и R_2O позволит интенсифицировать (снизить температуру обжига) процессы обжига, а п.п.п. (потери при прокаливании) снизить плотность керамического кирпича.

Металлографический анализ (рис. 1 Г) отходов флотации углеобогащения показал, что в исследуемых образцах много крупных включений (размером более 3-5 мкм).

Плотность отходов флотации 1800-2000 кг/м³, зольность 50-80 %. Преобладающими минералами глинистого вещества отходов флотации углеобогащения являются гидрослюда и каолинит в различных количественных соотношениях (рис. 2 Г). Исследуемые отходы флотации относятся к группе высокоглинистых, для которых характер-

на высокая степень дисперсности, повышенная жесткость, набухание и размокаемость [12-21]. Петрографический анализ показал, что состав твердой фазы отходов флотации колеблется в зависимости от месторождения в следующих пределах, мас. %: органическая часть угля 6-24; пирит 4,4-9,4; карбонат 4,0-8,2; глинистое вещество 58-80 и кварц 4-7.

Микроструктура отходов флотации углеобогащения представлена на рис. 3 Д.

Нефтяной кек (нефтяной шлам) использовался в качестве отощителя и частично в качестве выгорающей добавки для изготовления теплоизоляционного материала [22-24].

Химические составы: оксидный и поэлементный нефтяного кека представлены в табл. 1 и 2. Повышенное содержание в нефтяном кеке углерода позволит снизить плотность керамического кирпича.

На рис. 1, Ж представлен металлографический анализ, а на рис. 2, Ж – рентгенограмма исследуемого нефтяного кека (шлама).

На дифрактограмме порошка отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,185; 0,228; 0,249; 0,367; 0,373$ и $0,383$ нм) карбонатом кальция – $CaCO_3$, присутствия линий ($d/n = 0,280; 0,334$ и $0,425$ нм) обусловлены карбонатом магния – $MgCO_3$, линии ($d/n = 0,209; 0,245$ и $0,313$ нм) кварцем – SiO_2 , ($d/n = 0,191$ и $0,302$ нм) доломитом – $MgCO_3 \cdot CaCO_3$. Электронные фото нефтяного кека представлены на рисунке 3, Е и Ж.

Для производства теплоизоляционного материала в качестве отощителя и выгорающей добавки использовался золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС [25-27]. Зола – рыхлый материал черного или серого цвета. Кроме минеральных веществ в ней присутствует органическая составляющая. Химические составы: оксидный и поэлементный золошлакового материала представлены в табл. 1 и 2.

Размеры частиц и гранулометрический состав исследуемого золошлакового материала представлены на рис. 1 Д.

Рентгенограмма и микроструктура золошлакового материала представлены на рис. 2 Д и 3 И и К.

На дифрактограмме для золошлакового материала характерны интенсивные линии кварца ($d/n = 0,182; 0,223; 0,245; 0,334$ и $0,424$ нм), присутствие линии ($d/n = 0,196$ нм) обусловлено кристобалитом, линии в золошлаке ($d/n = 0,212; 0,220$ и $0,269$ нм) говорят о наличии муллита, а линии ($d/n = 0,251; 0,255$ и $0,269$ нм) с гематита, линии ($d/n = 0,369$) с магнетита и линии ($d/n = 0,319$ нм) с анортита.

Минералогический состав золошлака представлен также аморфной фазой, о чем свидетельствует изменение интегральных площадей диф-

рационных отражений и аморфное “гало” (рис. 2 Д, 5 А) [28-31].

Стекловидная фаза исследуемого золошлака неоднородна и под микроскопом представлена с желто-бурым цветом, обусловленного наличием оксида железа. Поэтому ее светопреломление более высокое $N=1,6-1,63$.

Исследования по подбору оптимальных условий удаления стеклофазы (без растворения кристаллических фаз) и определения ее содержания проводились на золошлаке согласно методикам, приведенным в работах [25-31].

В результате серии опытов были выбраны условия наиболее полного удаления и определения стеклофазы в золошлаке (рис. 4).

Наиболее полное выщелачивание стеклофазы из золошлака было достигнуто в результате обработки предварительно растертого и просеянного через сито №0056 образца смесью кислот: 10 % HF + 0,5 % H_2SO_4 – в течение 1,5 ч. Полноту растворения стеклофазы контролировали просмотром под микроскопом не растворившегося остатка. Содержание стеклофазы рассчитывали по изменению массы образца до и после кислотной обработки.

Кварц присутствует чаще в виде бесцветных идиоморфных кристаллов размером $(30-250) \cdot 10^{-6}$ м.

Минералогический состав золошлакового материала представлен следующими минералами, мас. %: аморфизованное глинистое вещество с 10-20; органика с 20-25; стекловатые шарики с 45-65; кварц, полевошпат с 5-15; кальцит с 3-5; гидрогранаты, муллит, оксиды железа с 5-10, примеси с 3-7. Имея повышенное содержание органики, золошлаковый материал может использоваться в производстве керамических материалов и в качестве выгорающей добавки.

В пробе золы, обожженной при температуре 800°C кристаллическая фаза имеет показатели

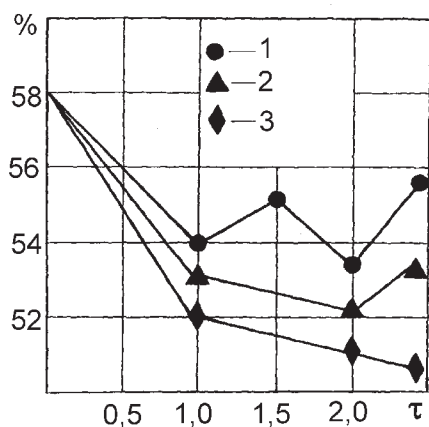


Рис. 4. Кривые растворимости стеклофазы шлака в зависимости от времени травления и концентрации кислот:

1 – травление в 5 % HF + 0,5 % H_2SO_4 , 2 – травление в 10 % HF + 0,5 % H_2SO_4 , 3 – травление в 15 % HF + 0,5 % H_2SO_4

преломления $N_g - 1,6$; $N_p - 1,58$; $N_g - N_p = 0,2$ [75-80]. Размеры точечных зерен достигают 20-25 мкм.

С помощью высокотемпературного микроскопа МБС-2 были определены температура начала плавления (1300 °C) и полного плавления золы (1390 °C).

Одним из основных свойств золошлака является ее теплотворная способность, позволяющая использовать ее не только как основное сырье, но и в качестве топливосодержащего исходного материала, позволяющего отказаться от ввода топлива в шихту [25-31].

Содержание углерода и теплотворная способность Тольяттинского золошлака определены согласно ГОСТ 147-84. В исследуемой золе S_a (углерода) 6-8 %; теплотворная способность $\theta_p^H - 3582$ кДж/кг.

В процессе движения пульпы при намыве в золоотвале происходит фракционирование частиц не только по крупности, но и по минералогическому составу и форме зерен [32, 33]. На периферии золоотвала, как правило, образуется зола легкой фракции [33]. Химические составы: окисный и поэлементный золы легкой фракции представлены в табл. 1 и 2.

Схема разбивки золоотвала по зонам в зависимости от физико-механических характеристик показана на рис. 5 [32, 33]. По мере движения золы из I зоны в IV более плотные и тяжелые частицы оседают в I и II зонах. Зола легкой фракции уносится водой на периферию золоотвала как наиболее легкий компонент (рис. 5).

В табл. 3 приведены физико-механические показатели золы ТЭЦ в зависимости от ее места нахождения.

Провести четкую границу между зонами невозможно, зола с высоким содержанием стеклофазы встречается и в первых двух зонах, но в четвертой зоне она содержит наибольшее количество стеклофазы (75-90 %, табл. 3) и практически в ней отсутствуют несгоревшие частицы (п.п.п. менее 1 %, табл. 1).

Металлографический анализ (рис. 1 Е) золы легкой фракции показал, что в исследуемых об-

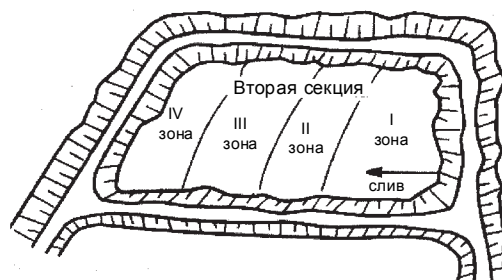


Рис. 5. Схема разбивки золоотвала по зонам в зависимости от физико-механических характеристик

Таблица 3. Физико-механические характеристики золы по зонам

Зона золо-отвала	Насыпная плотность кг/м ³	Истинная плотность, г/см ³	Содержание стеклофазы, %	Удельная поверхность, см ² /г	Потери при прокаливании, %
I	700-800	2,8-2,85	49-55	1900-3000	7-11,0
II	600-700	2,75-2,85	50-65	3000-4000	3,8-8,3
III	500-700	2,6-2,75	65-80	3000-3500	0,78-1,3
IV	350-500	2,53-2,6	75-90	2700-3000	0,64-0,98

разцах встречаются в основном частицы размером от 2 до 6 мкм. Рентгенографический и электронно-микроскопический анализы представлены на рис. 2 Е и 3 Л и М. Количественный минералогический состав золы легкой фракции представлен следующими минералами, мас., %: стекловидные частицы 50-55, стекла 20-25, кварц 8-12, гематит 4-5, анортит 3-5, полевой шпат 5-8, муллит 2-4.

Золу легкой фракции в производстве керамических материалов целесообразно использовать в качестве интенсификатора спекания, для снижения температуры обжига [33-35].

Наличие муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) в исследуемой золе легкой фракции, как и в золошлаке, будет способствовать и образованию муллита при обжиге керамического кирпича.

Угольные шламы ЦОФ «Обуховская» (Ростовская область) являются малосернистыми по сравнению с другими отходами энергетики. Содержание угольной составляющей может достигать - 40%, а минеральная часть представлена в основном гидрослюдой, кварцем, полевыми шпатами и слюдой. Органическая часть шламов флотационного углеобогащения представлена в большей степени антрацитом, за счет чего в них мало летучих компонентов и поэтому они трудно воспламеняются и горят коротким пламенем (температура обжига керамических изделий должна быть не менее 1050°C). Зольность шламов колеблется от 35 до 70%, а теплотворная способность от 3000 до 4500 ккал/кг.

Химические состав шламов флотационного углеобогащения представлены: оксидный в табл. 1, поэлементный – в табл. 2.

Имея повышенное содержание п.п.п. (потери при прокаливании 47,38%, табл. 1) шламы флотационного углеобогащения способствует получению легковесного кирпича с низкой плотностью, а повышенное содержание Fe_2O_3 способствует спеканию изделий при относительно невысоких температурах.

Для анализа размера частиц исследуемых шламов флотации углеобогащения был проведен металлографический анализ на раз (рис. 1 З). Средний размер частиц шлама – 0,01 мм (10 мкм), 0,05 мм (50 мкм), 0,10 мм (100 мкм), 0,15 мм (150 мкм).

Рентгенофазовый состав исследуемых шламов флотации углеобогащения представлен на рис. 2, 3. На дифрактограмме порошка шламов флотации углеобогащения отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,181; 0,212; 0,244; 0,334; 0,345$ и $0,424$ нм) кварца, присутствие линии ($d/n = 0,227$ и $0,251$ нм) обусловлено гематитом, линии ($d/n = 0,198; 0,218$; и $0,353$ нм) гидрослюдой, а линии ($d/n = 0,185; 0,290; 0,313$ и $0,387$ нм) полевым шпатом.

Минералогический состав шламов флотации углеобогащения разнообразен, однако общим для них является наличие кварца, гидрослюды, полевого шпата и гематита (рис. 2, 3). Микроструктура шламов флотации представлена на рис. 3, Н и О.

Как видно из рис. 3 Н и О, в шламах флотации углеобогащения повышенное содержание угольной составляющей, которой (как указывалось выше) может достигать более 40%.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В табл. 4 представлены составы керамических масс для получения теплоизоляционных материалов из отходов производств без применения природных традиционных материалов.

Керамическую массу, из составов, представленных в таблице 3, готовили пластическим способом при влажности 20-22%, из которой формовали образцы размером 50x50x50 мм. Образцы высушивали до остаточной влажности не более 5 %, а затем обжигали при температуре 1050°C.

Рентгенофазовый состав керамических составов №1-7 проводился на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием CoK_α -излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин. На рис. 6, 1 представлен фазовый состав образцов из состава №1.

На дифрактограмме порошка состава №1 отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,187; 0,246; 0,248$ и $0,403$ нм) кристобалита, присутствие линии ($d/n = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/n = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,211; 0,220; 0,339$ и $0,376$ нм) муллитом, линии ($d/n = 0,247; 0,297; 0,309$ и $0,352$ нм) волластонитом, линии ($d/n = 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом.

Таблица 4. Составы керамических масс

Компонент	Содержание компонентов, мас. %						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Межсланцевая глина	60	60	60	60	60	60	60
2. Золошлаковая смесь от сжигания горючих сланцев	40	-	-	-	-	-	-
3. Горелые породы	-	40	-	-	-	-	-
4. Отходы углеобогащения	-	-	40	-	-	-	-
5. Золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС	-	-	-	40	-	-	-
6. Зола легкой фракции	-	-	-	-	40	-	-
7. Нефтяной кек (твердый нефтесодержащий отход сепарации нефтешлама)	-	-	-	-	-	40	-
8. Шламы флотации углеобогащения	-	-	-	-	-	-	40

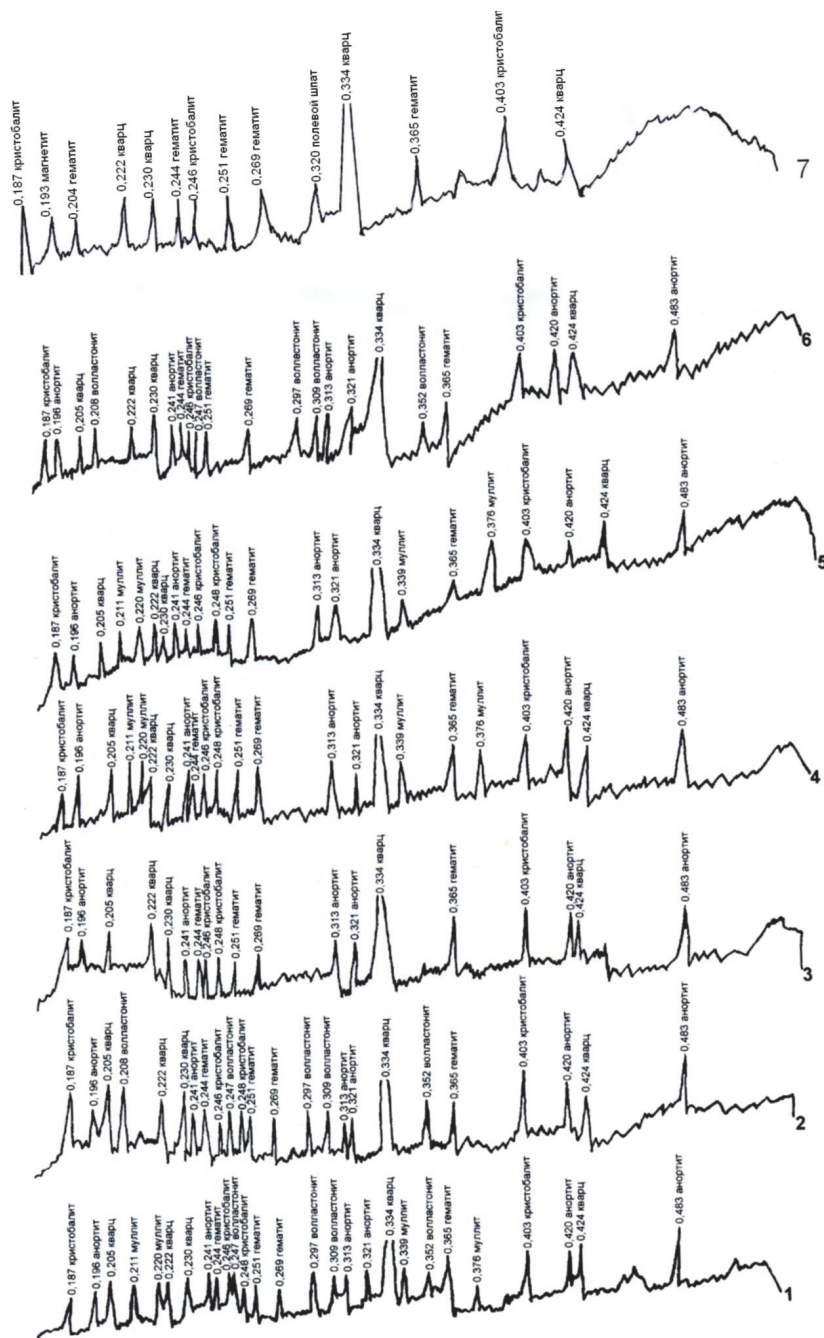


Рис. 6. Рентгенограммы составов №1-7, составы:

1 - №1; 2 - №2; 3 - №3; 4 - №4; 5 - №5; 6 - №6; 7 - №7

Содержание кристобалита снижает механическую прочность изделий, а образование его из аморфного кремнезема, выделившегося в результате муллитизации, обуславливает проницаемость изделий [36, 37]. В связи с этим необходимо найти способы регулирования процессов фазообразования, происходящих при обжиге керамических изделий. В частности найти способы устранения процесса формирования кристобалита в плотносспекшихся керамических изделиях [36]. Объемный эффект при переходе α -кварца в α -кристобалит составляет 15,4%, что способствует разрыхлению поверхности кристаллической решетки [36, 37]. У разрыхленных и богатых дефектами, а также аморфных веществ, твердофазовые реакции протекают быстрее, благодаря ускоренной самодиффузии и гетеродиффузии [36, 37]. Кристаллизации кристобалита в образцах при температуре обжига 1100°C подтверждается и увеличение полосы поглощения $\nu = 1010 \text{ см}^{-1}$ на ИК – спектре (рис. 7, 1).

ИК – спектры поглощения исследуемых керамических композиционных материалов из составов №1-7 были получены на спектрофотометре “Spekord-75JR”. Образцы были приготовлены в виде суспензии порошка с вазелиновым маслом.

Электронно-микроскопические исследования подтвердили данные рентгенофазового и ИК – спектроскопических анализов, что при температуре обжига 1050°C отмечается появление кристобалита, стеклофазы, муллита, гематита, анортита и волластонита (рис. 7, 1 и 8, А).

На рис. 8 А показаны поля стеклофазы и оплавленные кристаллы кварца призматического и бипирамидального габитуса, одиночные крупные кристаллы α -кристобалита тетрагональной сингонии. Содержание стеклофазы в образцах до 30 – 35% и при этом образуются желтоватые и бурые стекла с показателями преломления n от 1,55 до 1,57. На рис. 8 А видны одиночные кристаллы короткостолбчатого муллита, одиночные кристаллы гематита, таблитчатого и пластинчатого облика, анортита таблитчатого и октаэдрического габитуса, одиночные кристаллы волластонита.

Анортит – полевоый шпат $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, являющийся конечным членом плагиоклазов, обладает всеми свойствами, присущими полевошпатовым минералам, и в составе неметаллических материалов встречается только в устойчивой модификации [37, 38]. Процессы формирования кристаллических новообразований анортита и его влияние на рост прочности при обжиге керамических материалов в литературе встречаются крайне редко [50].

Решетка муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) весьма

близка к решетке силлиманита и обладает дефектной структурой последнего [38-41]. Она возникает путем заполнения мест в решетке силлиманита ионами O^{2-} и Al^{3+} . Поэтому рентгенограммы муллита и силлиманита весьма близки, тогда как их инфракрасные спектры поглощения, наоборот, весьма различны, что делает спектральный анализ удобным для определения этих минералов [38-41]. В цепочных структурах, например, муллите частоты сдвигаются к значениям соответственно 1130-1155, 1080-1190 см^{-1} [38-41]. Изолированные группы $[\text{AlO}_6]$ характеризуют-

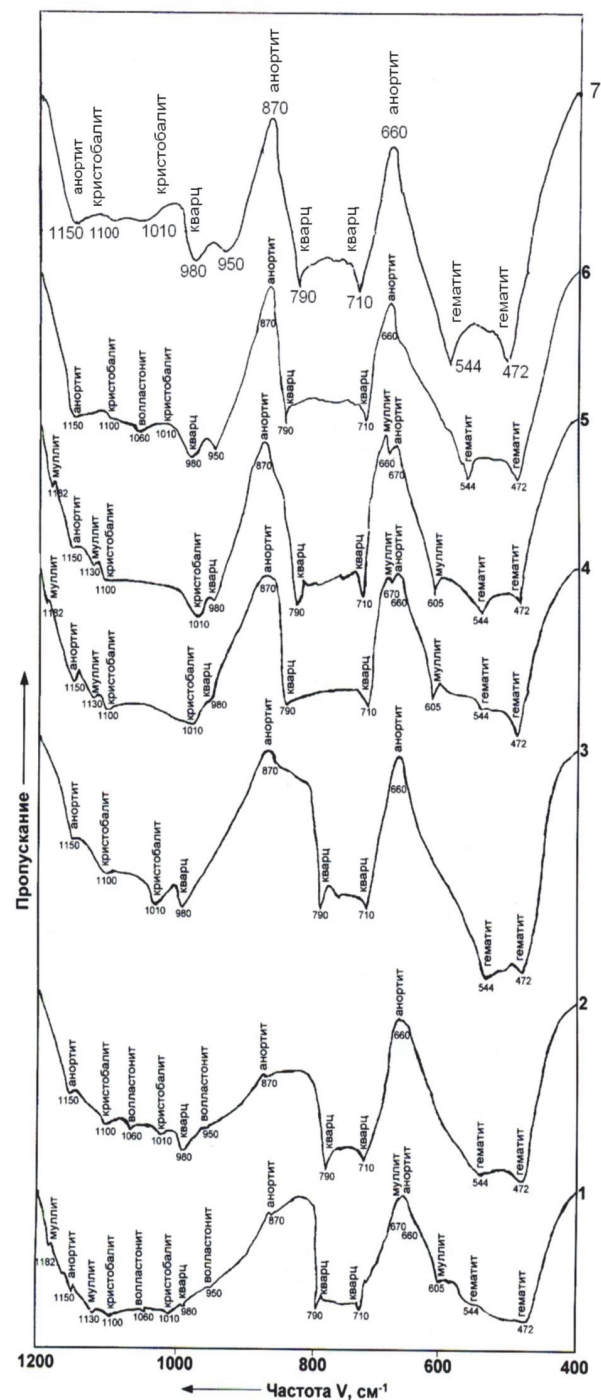


Рис. 7. ИК – спектры составов №1-7, составы: 1 - №1; 2 - №2; 3 - №3; 4 - №4; 5 - №5; 6 - №6; 7 - №7

ся частотами 600-700 см^{-1} , а связанные (корунд, силлиманит, кианит, муллит) – частотами более 700-860 см^{-1} . Группы $[\text{AlO}_4]$ характеризуются частотами около 1100 см^{-1} . Наличие муллита в образцах состава №1 в теплоизоляционных материалах подтверждают полосы поглощения 605, 1130 и 1182 см^{-1} на ИК-спектре (рис. 7, 1). Кроме того, наличие муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) в золошлаковой смеси от сжигания горючих сланцев будет способствовать и образованию муллита при обжиге керамического теплоизоляционного материала состава №1.

Механизм кристаллизации муллита в керамических материалах, включает две стадии: образование центров кристаллизации (зародышей) и рост кристаллов в них [38-41]. По-видимому, при обжиге теплоизоляционного материала с использованием в составах керамических масс золошлака, будет происходить гетерогенная кристаллизация муллита.

Волластонит – метасиликат кальция (β - $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) полиморфен; кристаллизуется в двух модификациях – α и β [42-44]. Высокотемпературную α -модификацию называют псевдоволластонитом, а собственно волластонит – его низкотемпературная β -модификация. Волластонит создает плотный каркас, препятствующий изменению прежнего объема, т.е. заметно снижает напряжения и усадку керамических изделий. Волластонит является исключительно интересным, но, к сожалению, пока еще относительно плохо изученным материалом [45-47].

Наличие волластонита в образцах состава №1 в теплоизоляционных материалах подтверждают полосы поглощения 950 и 1060 см^{-1} на ИК-спектре (рис. 7, 1).

Гематит является самым низкотемпературным оксидом железа, и поэтому он может образовываться в области низких температур (ниже 500 °С) [38, 48-51]. При температуре 550 °С происходит потеря магнитных свойств и изменении решетки, что связано с переходом β -фазы в устойчивую α -форму. Гематит в керамических материалах способствует образованию железистого стекла, которое инициирует образование муллита [38].

Наличие гематита в образцах состава №1 в теплоизоляционных материалах подтверждают полосы поглощения 472, и 544 см^{-1} на ИК-спектре (рис. 7, 1) и электронно-микроскопические снимки (рис. 8 А).

На дифрактограмме порошка состава №2 (рис. 1, линия 2) отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,187; 0,246; 0,248$ и $0,403$ нм) крестобалита, присутствие линии ($d/n = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/n = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,247; 0,297; 0,309$

и $0,352$ нм) волластонитом, линии ($d/n = 0,244; 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом. Муллит в образцах состава №2 при температуре обжига 1050 °С не образуется, что подтверждают и ИК – спектроскопические исследования (рис. 7, 2).

Электронно-микроскопические исследования подтвердили данные рентгенофазового и ИК – спектроскопических анализов, что при температуре обжига 1050 °С отмечается появление крестобалита, стеклофазы, гематита, анортита и волластонита (рис. 8 Б).

На рис. 8 Б показаны поля стеклофазы и оплавленные одиночные кристаллы кварца призматического и бипирамидального габитуса, одиночные крупные кристаллы α - крестобалита тетрагональной сингонии. Содержание стеклофазы в образцах состава №2, также, как и в образцах состава №1, до 30 – 35% и при этом образуются желтоватые и бурые стекла с показателями преломления n от 1,55 до 1,57. На рис. 8 Б видны, одиночные кристаллы гематита, волластонита и анортита таблитчатого облика.

На дифрактограмме порошка состава №3 (рис. 1, линия 4) отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,187; 0,246; 0,248$ и $0,403$ нм) крестобалита, присутствие линии ($d/n = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/n = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,244; 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом. Муллит и волластонит в образцах состава №3 при температуре обжига 1050 °С не образуются, что подтверждают ИК – спектроскопические (рис. 7, 2) и электронно-микроскопические исследования (рис. 8 В).

На дифрактограмме порошка состава №4 отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,187; 0,246; 0,248$ и $0,403$ нм) крестобалита, присутствие линии ($d/n = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/n = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/n = 0,211; 0,220; 0,339$ и $0,376$ нм) муллитом, линии ($d/n = 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом.

В образцах состава №4 при температуре 1050 °С образуется муллит, что подтверждается ИК- спектроскопическими (рис. 7, кривая 4). и электронно-микроскопическими исследованиями (рис. 8 Г).

Образованию муллита в образцах состава №4, способствует наличие его, как и в золошлаковой смеси от сжигания горючих сланцев, в золошлаковом материале. При обжиге теплоизоляционного материала с использованием в составах керамических масс золошлакового материала, будет происходить гетерогенная кристаллизация муллита.

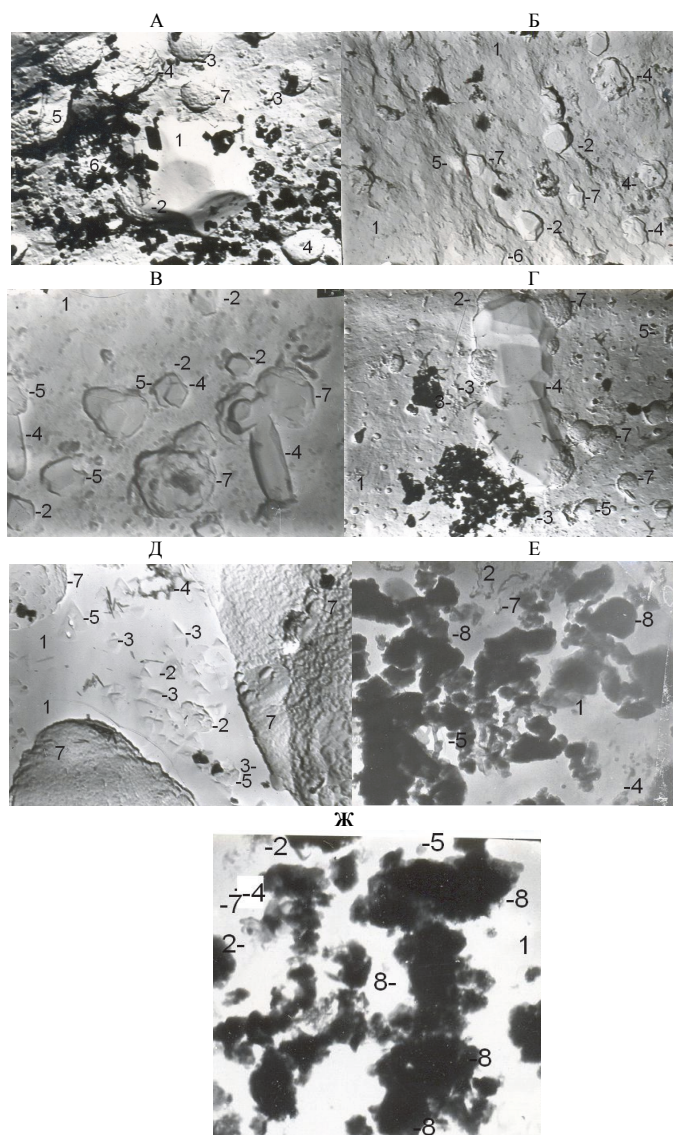


Рис. 8. Микроструктура образцов составов №1-7, составы:

А - №1; Б - №2; В - №3; Г - №4; Д - №5; Е - №6; Ж - №7. 1 – стеклофаза; 2 – кристобалит, 3 – муллит; 4 – кварц; 5 – анортит; 6 – волластонит; 7 – гематит; 8 – поры. Увеличение: А, Б, В. Гх5000; Д, Е, Жх8000

На дифрактограмме порошка состава №5 отмечаются характерные интенсивные линии ($d/p = 0,187; 0,246; 0,248$ и $0,403$ нм) кристобалита, присутствие линии ($d/p = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/p = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/p = 0,211; 0,220; 0,339$ и $0,376$ нм) муллитом, линии ($d/p = 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом.

Образованию муллита в образцах состава №5, способствует наличие его, как в золошлаковой смеси от сжигания горючих сланцев и в золошлаковом материале, в золе легкой фракции.

Наличие муллита в образцах состава №5 при температуре обжига 1050°C подтверждается ИК-спектроскопическими (рис. 7, кривая 5) и электронно-микроскопическими исследованиями (рис. 8 Д).

На дифрактограмме порошка состава №6 отмечаются характерные интенсивные линии

($d/p = 0,187; 0,246$ и $0,403$ нм) кристобалита, присутствие линии ($d/p = 0,196; 0,241; 0,313; 0,321; 0,420$ и $0,483$ нм) обусловлено анортитом, линии ($d/p = 0,205; 0,222; 0,230; 0,334$ и $0,424$ нм) кварцем, линии ($d/p = 0,247; 0,297; 0,309$ и $0,352$ нм) волластонитом, линии ($d/p = 0,251; 0,269$ и $0,365$ нм) гематитом. Муллит в образцах состава №6 при температуре обжига 1050°C не образуется, что подтверждают и ИК – спектроскопические (рис. 7, 2) и электронно-микроскопические исследования (рис. 8, Е).

На дифрактограмме порошка состава №7 отмечаются характерные интенсивные линии, аналогичные составу №6, кроме образования волластонита (рис. 6, 7).

Таким образом, использование углеродосодержащих отходов топливно-энергетической промышленности, в керамических массах для получения теплоизоляционных материалов спо-

способствует образованию муллита, анортита и волластонита, которые повышают физико-механические свойства изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Исследование процессов горения при обжиге теплоизоляционного материала из техногенного сырья цветной металлургии и энергетики // Журнал прикладной химии. 2012. Том 85. Вып. 8. С. 1247-1251.
2. Колтаков А.В., Абдрахимов В.З. Фазовый состав и структура пористости теплоизоляционного материала из отходов производств межсланцевой глины и нефтяного кека // Новые огнеупоры. 2012. №9. С. 53-61.
3. Абдрахимова В.З., Денисов Д.Ю. Исследование фазовых превращений на различных этапах обжига керамзита из межсланцевой глины // Известия вузов. Строительство. 2011. №10. С. 34-42.
4. Патент №2440312 Российская Федерация. RU. МПК C04B 14/24. Композиция для производства пористого заполнителя / Абдрахимова Е.С., Рошупкина И.Ю., Абдрахимов В.З., Куликов В.А. Опубл. 20.01.2012. Бюл. 2.
5. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С., Рошупкина И.Ю. Процессы горения углерода при обжиге теплоизоляционного материала из отходов горючих сланцев // Кокс и химия. 2012. 11. С. 35-41.
6. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Фазообразование при обжиге керамического материала из бейделлитовой и межсланцевой глины // Материаловедение. 2013. №1. С. 51-58.
7. Абдрахимова В.З., Колтаков А.В. Исследование теплообменных процессов при обжиге легковесного кирпича на основе межсланцевой глины и нефтяного кека // Огнеупоры и техническая керамика. 2011. №11-12. С. 30-35.
8. Абдрахимова В.З., Рошупкина И.Ю., Абдрахимова Е.С., Колтаков А.В. Использование отходов горючих сланцев в производстве теплоизоляционных материалов без применения природного сырья // Экология и промышленность России. 2012. №3 (март). С. 28-31.
9. Патент №2440317 Российская Федерация. RU. МПК C04B 33/135. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича / Абдрахимов В.З. Опубл. 20.01.2012. Бюл. 2.
10. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С., Семенчиков В.К. Исследование теплообменных процессов при обжиге теплоизоляционных изделий на основе горелых пород и бейделлитовой глины // Новые огнеупоры. 2011. №4. С. 31-34.
11. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Использование горелых пород в производстве кирпича полусухого прессования. // Башкирский химический журнал. 2010. Том 17. №4. С. 82-84.
12. Абдрахимова В.З., Петрова Т.М., Колтаков А.В. Исследование теплопроводности теплоизоляционных изделий из отходов производств без применения традиционных природных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2012. №1-2. С. 49-52.
13. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С. Кинетика горения углерода в керамзите на основе монтмориллонитовой глины и отходов углеобогащения // Кокс и химия. 2011. №11. С. 46-50.
14. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С. Влияние отходов углеобогащения на структуру пористости легковесного кирпича Абдрахимова // Кокс и химия. 2011. №7. С. 43-46.
15. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С. Влияние отходов углеобогащения на теплообменные процессы при обжиге легковесного кирпича // Кокс и химия. 2011. №2. С. 41-44.
16. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Исследование пористой структуры керамзита на основе отходов флотации углеобогащения // Известия вузов. Строительство. 2011. №1. С. 31-37.
17. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Куликов В.А., Ковков И.В. Исследование структуры пористости керамзита на основе отходов флотации углеобогащения // Вестник МГСУ. 2010. №2. С. 208-214.
18. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Исследование фазового состава керамзита на основе монтмориллонитовой глины и отходов горно-обогатительной фабрики при обогащении угля // Известия вузов. Строительство. 2010. №10. С. 37-43.
19. Абдрахимова В.З., Куликов В.А., Ковков И.В. Вовлечение отходов углеобогащения в процесс производства керамических материалов // Кокс и химия. 2010. №11. С. 39-43.
20. Абдрахимова В.З., Рошупкина И.Ю., Денисов Д.Ю. Исследование фазового состава керамзита на основе отходов горно-обогатительной фабрики при обогащении угля // Башкирский химический журнал. 2010. Том 17. №2. С. 136-138.
21. Абдрахимова В.З., Семенчиков В.К., Абдрахимова Е.С. Использование отходов флотации углеобогащения в производстве керамзита // Экология и промышленность России. 2010. Май. 2010. С. 20-21.
22. Абдрахимова В.З., Колтаков А.В. Фазовый состав и структура пористости теплоизоляционного материала из отходов производств межсланцевой глины и нефтяного кека // Новые огнеупоры. 2012. №9. С. 53-61.
23. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Использование нефтяного кека в производстве теплоизоляционных материалов на основе жидкостекольных композиций // Промышленный сервис. 2012. №2. С. 36-49.
24. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З., Куликов В.А. Исследование фазового состава и структуры пористости теплоизоляционного материала на основе монтмориллонитовой глины и нефтяного кека // Материаловедение. 2011. №9. С. 48-54.
25. Абдрахимова В.З., Михеев В.А., Абдрахимова Е.С. Исследование теплопроводности теплоизоляционных изделий на основе бейделлитовой глины и золошлакового материала // Новые огнеупоры. 2011. №7. С. 50-52.
26. Абдрахимова В.З. Экологические и практические аспекты совместного использования отходов черной металлургии и энергетики // Энергия: экономика, техника, экология. РАН. 2011. №10. С. 34-39.
27. Патент №2412130 Российская Федерация. RU. МПК C04B 33/132. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича / Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Абдрахимов В.З. Опубл. 20.02.2011.2011. Бюл. 5
28. Абдрахимова В.З., Шевандо В.В., Абдрахимов А.В., Абдрахимова Е.С. Влияние золошлакового материала на свойства кирпича // Экология и промышленность России. 2009. №3. С. 30-32.
29. Абдрахимова В.З. Производство керамических изделий на основе отходов энергетики и цветной металлургии Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский технический университет. 1997. 238 с.
30. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С. Технология стеновых материалов и изделий Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный уни-

- верситет, 2005. 194 с.
31. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Физико-химические процессы структурообразования в керамических материалах на основе отходов цветной металлургии и энергетики. Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский технический университет, 2000. 374 с.
32. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Экологические аспекты использования золы легкой фракции и отходов цветной металлургии в производстве кислотоупорного кирпича // Новые огнеупоры. 2011. №5. С. 41-44.
33. Абдрахимов В.З. Образование золы легкой фракции и перспектива ее использования в производстве керамических плиток // Комплексное использование минерального сырья. 1988. №6. С. 75-78.
34. Абдрахимов В.З. Влияние золы легкой фракции на физико-механические свойства керамической плитки // Комплексное использование минерального сырья. 1988. №7. С. 75-80.
35. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Оптимизация содержания золы легкой фракции в составах керамических масс // Стекло и керамика. 2006. №3. С. 26-27.
36. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов А.В., Абдрахимов В.З. Полиморфные превращения SiO_2 в глинистых материалах различного химико-минералогического состава // Материаловедение 2002. №7. С. 35-41.
37. Литвинова Т.И., Пирожкова В.П., Петров А.К. Петрография неметаллических включений М.: Металлургия, 1972. 184 с.
38. Абдрахимов В.З. Исследование железосодержащего традиционного природного и техногенного сырья на спекание керамических материалов. Влияние ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} на образование низкотемпературного муллита. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. 427 с.
39. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Формирование муллита при обжиге кислотоупоров // Материаловедение. 2003. №4. С. 26-31.
40. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Синтез муллита из техногенного сырья и пиррофилита // Журнал неорганической химии. РАН. 2007. Том 52. №3. С. 395-400.
41. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Исследование кристаллизации муллита при обжиге кислотоупоров // Новые огнеупоры. 2012. №4. С. 39-45.
42. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Особенности формирования структуры пористости в керамических плитках из отходов производств и волластонита // Вестник ВКТУ. 1998. №2. С. 79-81.
43. Абдрахимов В.З. Хайрузовское месторождение волластонита // ВНИИЭСМ, Керамическая промышленность. 1990. Вып. 3. С. 7-8.
44. Абдрахимов В.З. Использование волластонитосодержащих масс в производстве облицовочных плиток на основе отходов производств // Комплексное использование минерального сырья. 1988. №3. С. 73-76.
45. Абдрахимов В.З. Применение легкой фракции золы и волластонита в производстве облицовочной плитки // Комплексное использование минерального сырья. 1986. №11. С. 68-70.
46. Абдрахимов В.З. Влияние волластонита на фазовые превращения при обжиге облицовочных плиток на основе отходов производств // Комплексное использование минерального сырья. 1998. №5. С. 79-83.
47. Абдрахимов В.З. Волластонит в керамических материалах. // Огнеупоры и техническая керамика. 2006. №7. С. 41-47.
48. Абдрахимов В.З. Исследование роли оксида железа на формирование фазового состава при обжиге керамических композиционных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2011. №9. С. 40-44.
49. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Химическая технология керамического кирпича с использованием техногенного сырья. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2007. 431 с.
50. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Основы материаловедения Самара: изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. - 2006. 495 с.
51. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов Д.В., Абдрахимов А.В. Применение техногенного сырья в производстве кирпича и черепицы. СПб: Недра. 2004. 126.

PHASE STRUCTURE OF POTTERY ON THE BASIS OF WASTE PRODUCTS OF COMBUSTIBLE SLATES, COAL ENRICHMENT, OIL EXTRACTING AND ASHES SLAG MATERIALS

© 2013 V.Z. Abdrakhimov¹, E.S. Abdrarhimova²

¹Samara Academy of the State and Municipal Management

²Samara State Aerospace University named after S.P. Korolyov
(National Research University)

Use carbon the maintenance waste products in ceramic weights without application of natural traditional materials for reception heat isolation materials promotes education myllite, anortite, and vollostonite which raise physicomechanical properties of products.

Keywords: heat isolation a material, waste products of power, interslate clay, ashes slag a mix, burnt breeds, oil cake, ashes of easy fraction, myllite, anorthite, kristoballite, hematite, vollostonite.

Vladimir Abdrakhimov, Doctor of Technics, Professor.

E-mail: 3375892@mail.ru

Elena Abdrarhimova, Candidate of Technics, Associate Professor