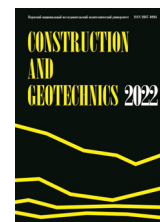




CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 13, № 2, 2022

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2022.2.03

УДК 691.666.43

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ, МЕЖСЛАНЦЕВОЙ И ДЕГИДРАТИРОВАННОЙ ГЛИН В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

**В.З. Абдрахимов**

Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 21 декабря 2021

Одобрена: 22 апреля 2022

Принята к публикации:

30 июня 2022

#### Ключевые слова:

отходы топливно-энергетического комплекса, межсланцевая глина, дегидратированная глина, отходы флотации углеобогащения, керамический кирпич.

### АННОТАЦИЯ

С учетом существующих трудностей по созданию сырьевой базы для получения керамического кирпича необходимо изыскивать возможности по замене традиционного природного сырья на отходы топливно-энергетического комплекса, тем более опыт Европейской ассоциации продуктов сжигания угля это наглядно показал. В представленной работе объектами исследования являются отходы топливно-энергетического комплекса: отходы флотации углеобогащения, используемые в качестве отощителя и выгорающей добавки, отход горючих сланцев – межсланцевая глина, применяемая вместо традиционных природных глин, и дегидратированная глина – в качестве отощителя. Выявлено, что без отощителей из межсланцевой глины при температуре 1000 °С нельзя получить керамический кирпич выше марки М75, а при 1050 °С – выше М100. Установлено, что введение оптимального содержания дегидратированной глины и отходов флотации углеобогащения (30 %) позволяет значительно повысить марочность кирпича при 1000 °С с М75 до М125, а при 1050 °С – с М100 до М150. Исследования показали, что введение в составы керамических масс отходов флотации углеобогащения в отличие от использования аналогичного количества дегидратированной глины при оптимальной температуре обжига 1050 °С (при которой получается кирпич марки М150) практически в два раза снижает теплопроводность с 0,680 до 0,320 Вт/(м·°С) и повышает морозостойкость с 45 до 48 циклов.

© ПНИПУ

© Абдрахимов Владимир Закирович – доктор технических наук, профессор, e-mail: 3375892@mail.ru

Vladimir Z. Abdrakhimov – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: 3375892@mail.ru

## THE USE OF COAL ENRICHMENT FLOTATION WASTE, INTERSTITIAL AND DEHYDRATED CLAYS AND IN THE PRODUCTION OF CERAMIC BRICKS

V.Z. Abdrakhimov

Samara State University of Economics, Samara, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 21 December 2021

Approved: 22 April 2022

Accepted for publication:  
30 June 2022

#### Keywords:

waste of fuel and energy complex, interstitial clay, dehydrated clay, waste of coal enrichment flotation, ceramic brick.

### ABSTRACT

Given the existing difficulties in creating a raw material base for the production of ceramic bricks it is necessary to seek opportunities to replace traditional natural raw materials on waste fuel-energy complex, especially the experience of European Coal Combustion Products Association has clearly shown it. In the presented work the objects of research are the wastes of fuel and energy complex: coal enrichment flotation wastes used as a baking agent and burning additive, oil shale waste – inters hale clay, used instead of traditional natural clays and dehydrated clay – as a baking agent. It was found that one could not get ceramic bricks higher than M75 grade at 1000 °C from inter-shale clay without retarders, and higher than M100 grade at 1050 °C. It was found that the introduction of the optimum content of dehydrated clay and coal enrichment flotation wastes (30 %) can significantly improve the strength of bricks at 1000 °C with M75 to M125, and at 1050 °C with M100 to M150. Studies have shown that the introduction of coal enrichment flotation wastes in the composition of ceramic masses as opposed to using a similar amount of dehydrated clay at the optimum firing temperature of 1050 °C (at which you get a brick grade M150) almost twice reduces the thermal conductivity from 0.680 to 0.320 W/(m·°C) and increases frost resistance from 45 to 48 cycles.

© PNRPU

---

## Введение

В любом государстве основой ведения современного хозяйства служит топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Но ТЭК еще и относится к главным загрязнителям экологических систем.

Отходы ТЭК, к которым относятся отходы флотации углеобогащения (ОФУ) и межсланцевая глина (отход горелых пород), в настоящее время все же еще остаются массовыми, или крупнотоннажными, промышленными отходами, которые наносят экологии непоправимый вред. Исследования, проведенные организацией ЕСОВА (Европейская ассоциация продуктов сжигания угля), где не только 15 европейских стран являются ее членами, но и присоединившиеся государства с других континентов, показали, что решение экологических задач, связанных с отходами ТЭК, решать необходимо ежедневно [1–3]. Страны, входящие в ЕСОВА, перерабатывают до 90 % отходов ТЭК уже сегодня.

Вопросы по вторичному использованию, переработке и утилизации отходов ТЭК необходимо увязывать с отраслями, у которых эти отходы могут использоваться как сырьевые материалы и у которых традиционные природные сырьевые материалы катастрофически истощаются [1; 4–6]. К таким отраслям можно отнести производство керамических материалов строительного направления, так как месторождения алюмосиликатного сырья, необходимого для получения кирпича, исчерпываются, а финансирование на государственном уровне геологоразведочных работ сильно ограничено.

Учитывая вышеперечисленные сложности по созданию сырьевой базы для получения керамического кирпича, необходимо изыскивать различные возможности по замене традиционного природного сырья на отходы ТЭК, тем более опыт ЕСОВА это наглядно показал.

Цель работы – разработка рецептов без применения традиционного природного сырья для получения керамического кирпича на основе межсланцевой глины и ОФУ, относящихся к крупнотоннажным отходам.

## Экспериментальная часть

**Сырьевые материалы.** Для получения при относительно низких температурах обжига (1000–1050 °С) керамических камней и кирпича используют в качестве связующей легкоплавкие глины, в качестве которой в настоящей работе применялась межсланцевая глина. В качестве отощителей в настоящей работе применялись дегидратированная глина (обожженная при температуре 600–700 °С) и ОФУ «Томусинской ГОФ» (горно-обогажительной фабрики). Усреднённые химические составы, поэлементные, гранулометрические и технологические свойства сырьевых компонентов приведены соответственно в табл. 1–4, минералогический состав – на рис. 1, электронное фото – на рис. 2.

Таблица 1

Химический состав исследуемых сырьевых компонентов

Table 1

Chemical composition of the studied raw components

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	П.п.п.
Межсланцевая глина	49,45	14,15	5,30	11,10	2,23	2,31	15,46
ОФУ	49,54	16,19	6,71	3,42	0,43	4,32	19,39
Дегидратированная глина	53,97	16,83	6,12	13,3	2,97	3,15	3,66

Таблица 2

Поэлементный анализ сырьевых компонентов

Table 2

Elemental analysis of raw materials

Компонент	Элементы									
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Межсланцевая глина	5,73	51,06	0,46	1,04	7,20	18,66	1,83	1,75	10,53	3,35
ОФУ	8,88	51,19	–	–	10,64	19,02	1,28	2,39	21,64	3,96

Таблица 3

Фракционный состав сырьевых компонентов

Table 3

Fractional composition of raw components

Компонент	Размер частиц, мм				
	> 0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,0001
	Содержание фракций, %				
Межсланцевая глина	5	7	12	14	62
ОФУ	35	27,1	6,7	12,8	18,4

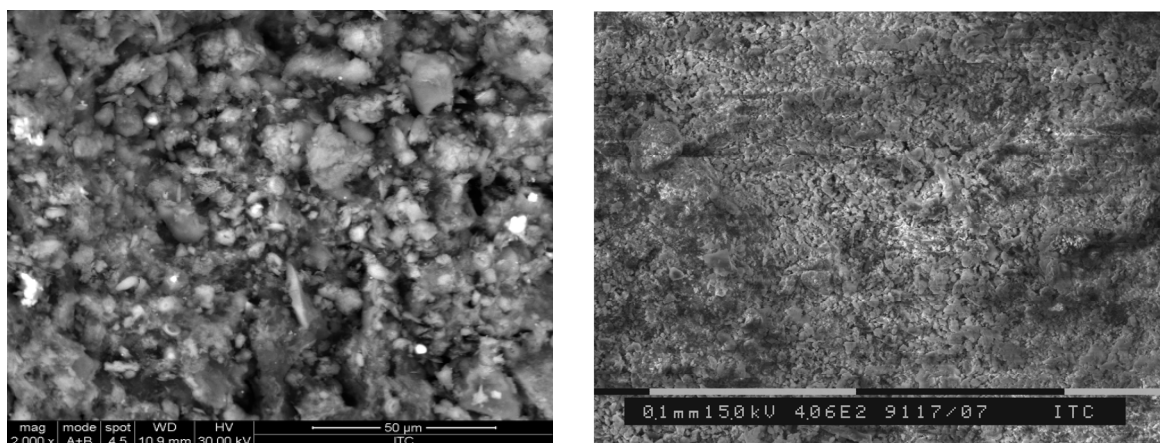
Таблица 4

Технологические свойства сырьевых компонентов

Table 4

Technological properties of raw material components

Компонент	Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °С		
		начало деформации	размягчение	жидкоплавкое состояние
Межсланцевая глина	1100	1260	1290	1320
ОФУ	2200	1220	1260	1300



*a*

*б*

Рис. 1. Микроструктура исследуемых сырьевых материалов:  
*a* – межсланцевая глина; *б* – ОФУ. Увеличение: *a* – × 250, *б* – × 400

Fig. 1. Microstructure of the studied raw materials:  
*a* – intergranular clay; *б* – CFC. Magnification: *a* – × 250, *б* – × 400

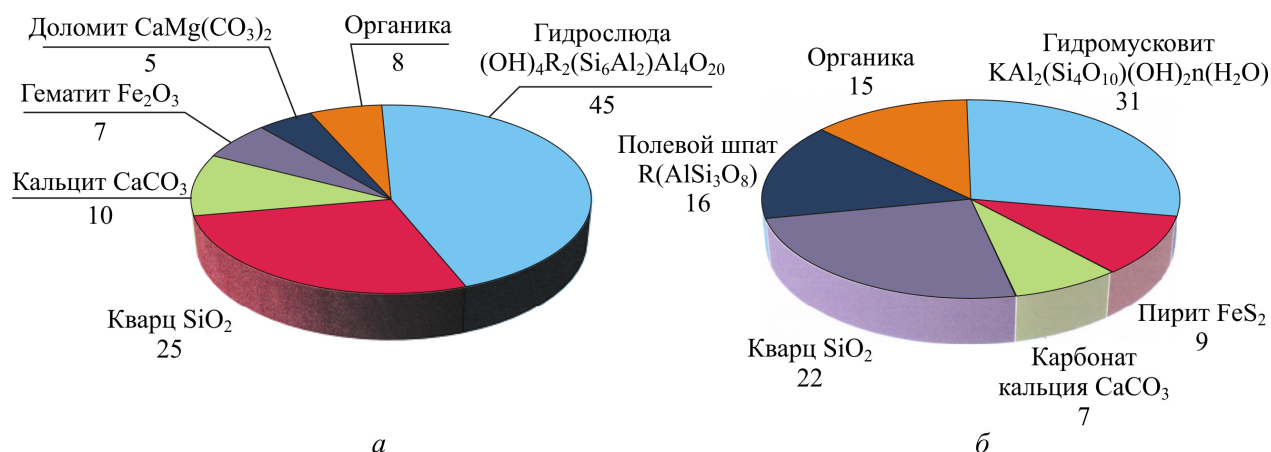


Рис. 2. Минералогический состав исследуемых сырьевых материалов, %:  
*a* – межсланцевая глина; *б* – ОФУ

Fig. 2. Mineralogical composition of the studied raw materials, %:  
*a* – interlayered clay; *б* – OMF

**Межсланцевая глина.** На заводах по переработке горючих сланцев или в шахтах, где происходит непосредственная их добыча, в больших количествах образуется межсланцевая глина [7–9], которая относится к многотоннажным отходам. Среднепластичная межсланцевая глина имеет число пластичности 16–20, а плотность ее 2,55–2,63 г/см<sup>3</sup>. Для изготовления стеновых керамических материалов, к которым относится и кирпич, в основном используют легкоплавкие глины с огнеупорностью не более 1350 °С, межсланцевая глина имеет огнеупорность 1320 °С (табл. 4).

**Дегидратированная глина.** В тех регионах, в которых отсутствует для использования в качестве отощителя крупнозернистый песок (размером от 0,15 до 0,15 мм) используют дегидратированную глину, так как мелкозернистые пески практически не снижают чувствительность образцов к сушке, а значит, не снижают усадку и уменьшают прочность. Дегидратированная глина получается в процессе термообработки легкоплавкой глины (в данной работе использовалась межсланцевая глина) в интервале 600–700 °С, в результате чего значительная часть химически связанной воды удаляется, что способствует использованию ее в качестве отощителя. Такой отощитель способен снижать пластичность шихты, чувствительность к сушке, что в результате ведет и к уменьшению усадки изделия. Дегидратированную глину чаще всего применяют для получения стеновых материалов (грубой строительной керамики), такое ее применение способствует изготовлению керамики без трещин, значительному сокращению времени сушки и увеличению базы отощителей.

Для получения дегидратированной глины наиболее целесообразно использовать вращающуюся печь непрерывного действия, представленную на рис. 3. В процессе термообработки межсланцевой глины во вращающейся печи при температуре 600–700 °С дегидратированная глина обогащается Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с 14,15 до 16,83 % (см. табл. 1). Оксид алюминия повышает прочность, морозостойкость, термостойкость и химическую стойкость.

Кирпич с использованием дегидратированной глиной в количестве от 25 до 35 % можно сушить более интенсивно, так как при этом исключаются усадочные (сушильные) трещины.

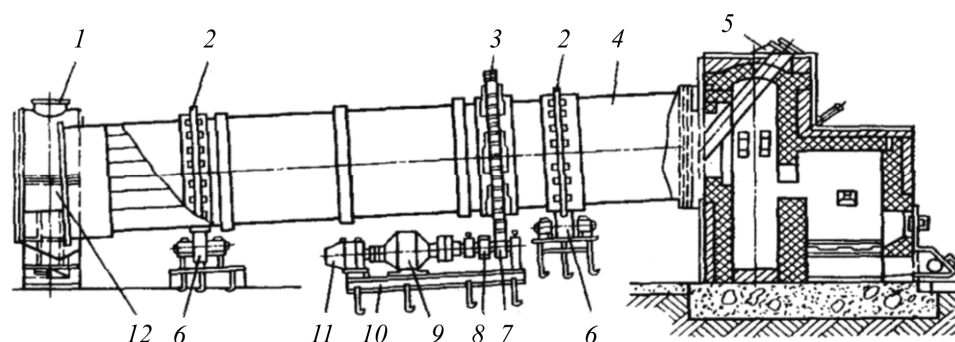


Рис. 3. Вращающаяся печь: 1 – патрубок; 2 – бандаж; 3 – венцовая шестерня; 4 – сварной стальной цилиндр; 5 – загрузочная течка; 6 – опорный ролик; 7 – подвенцовая шестерня; 8 – зубчатая пара; 9 – редуктор; 10 – сварная плита; 11 – электродвигатель; 12 – разгрузочная камера

Fig. 3. Rotary kiln: 1 – pipe; 2 – bandage; 3 – crown gear; 4 – welded steel cylinder; 5 – charge flow; 6 – supporting roller; 7 – pinion; 8 – gear pair; 9 – gearbox; 10 – welded plate; 11 – electric motor; 12 – unloading chamber

При использовании дегидратированной глины необходимо в состав керамической массы вводить выгорающие добавки, уголь или отходы флотации углеобогащения с теплотворной способностью более 2000 ккал/кг (см. табл. 4), а кирпич обжигать при более высоких температурах, например, использовать температуру обжига 1050 °С.

**Отходы флотации углеобогащения.** В работе использовались данные об отходах угольного бассейна «Кузбасс», который относится к одним из крупнейших в мире месторождений и принадлежит угольной компании ОАО «Южный Кузбасс». В настоящее время в новые стандарты по потреблению угольной продукции, с точки зрения безопасности, для человека и экологическим систем не должны содержать превышающие нормы содержания серы, мышьяка, хлора и зольности. По содержанию вышеперечисленных компонентов ОФУ соответствует стандартам [10; 11].

ОФУ представлены в виде угольно-глинистой суспензии, имеют зольность 55–80 %, плотность 1850–2050 кг/м<sup>3</sup>, огнеупорность 1300 °С (см. табл. 4), а преобладающим глинистым минералом является гидромусковит (см. рис. 2, б). Микроструктура ОФУ в основном представлена мелкодисперсными частицами (рис. 1, б).

**Технология изготовления керамического кирпича.** Сырьевые компоненты перед измельчением подвергались предварительной сушке до остаточной влажности не более 3–5 %, после чего они измельчались до размера не более 1 мм. Высушенные и измельченные сырьевые компоненты по рецепту, представленному в табл. 5 и 6, тщательно перемешивали.

Таблица 5

Составы керамических масс

Table 5

Compositions of ceramic masses

Компонент	Составы		
	1	2	3
Межсланцевая глина	100	70	700
ОФУ	–	–	30
Дегидратированная глина	–	30	–

Таблица 6

Технические показатели шихты и кирпича-сырца

Table 6

Technical indicators of charge and raw bricks

Показатель	Составы		
	1	2	3
Пластичность шихты (безразмерная величина)	18	9	9
Время сушки кирпича, ч	72	48	48
Усадка высушенного кирпича, %	7,3	4,7	4,7

Керамическую шихту для формования кирпича-сырца готовили при влажности 20–24 % (в зависимости от содержания глинистого компонента) пластическим способом, который наиболее распространен практически во всех странах СНГ. Сформованный кир-

пич-сырец высушивали до влажности не более 5 %. Полученный полуфабрикат обжигали при температурах 1000 и 1050 °С, после чего при конечной температуре проводили в течение 50–60 мин изотермическую выдержку. Технические показатели керамического кирпича представлены в табл. 7.

Таблица 7

Технические показатели керамического кирпича

Table 7

Technical indicators of ceramic bricks

Показатели	Составы		
	1	2	3
Температура обжига 1000 °С			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1600	1630	1380
Морозостойкость, циклы	18	32	30
Механическая прочность на сжатие, МПа	9,8	13,4	12,7
Механическая прочность при изгибе, МПа	1,7	2,9	2,7
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,620	0,640	0,300
Общая усадка, %	7,7	6,5	6,3
Марочность кирпича	M75	M125	M125
Температура обжига 1050 °С			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1640	1660	1420
Морозостойкость, циклы	23	45	48
Механическая прочность на сжатие, МПа	10,7	16,3	15,2
Механическая прочность при изгибе, МПа	2,0	3,8	3,4
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,680	0,690	0,320
Общая усадка, %	7,9	7,2	6,8
Марочность кирпича	M100	M150	M150

## Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали, что без отощителей из межсланцевой глины при температуре 1000 °С нельзя получить кирпич марки выше M75, а при 1050 °С – выше M100 (см. табл. 7). Введение оптимального содержания дегидратированной глины и ОФУ (30 %) позволяет значительно повысить марочность кирпича при 1000 °С с M75 до M125, а при 1050 °С с M100 до M150. Под оптимальным использованием 30 % отощителя понимается снижение числа пластичности керамической массы с 18 до 9 (см. табл. 5, 6), так как дальнейшее снижение пластичности способствует появлению трещин при формовании изделий. Введение в составы ОФУ, в отличие от использования аналогичного количества дегидратированной глины, при оптимальной температуре обжига 1050 °С (при которой получается кирпич марки M150) практически в два раза снижает теплопроводность – с 0,690 до 0,320 Вт/(м·°С) – и повышает морозостойкость с 45 до 48 циклов (см. табл. 7).

Образцы из составов № 1 и 2 в зависимости от плотности и коэффициента теплопроводности в сухом состоянии (согласно требованиям ГОСТ 530–2007 «Кирпич и камень керамические. Общие условия») относятся к обыкновенному кирпичу плотностью выше 1450 кг/м<sup>2</sup> и с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  свыше 0,46 Вт/(м·°С) – это группа

малоэффективных (обычных) кирпичей. Образцы, содержащие ОФУ, относятся к строительному легковесному кирпичу класса В (плотность от 1300 до 1450 кг/м<sup>3</sup>), а по теплотехническим характеристикам – к группе повышенной эффективности ( $\lambda$  свыше 0,24 до 0,36 Вт/(м·°С), см. табл. 7).

Повышенное содержание в ОФУ п.п.п. и органики (см. табл. 1, рис. 2, б), углерода (С = 8,88 %, см. табл. 2) и теплотворной способности ( $\lambda = 2200$  ккал/кг, см. табл. 4) в отходах углеобогащения (см. табл. 2) при выгорании повышают внутри кирпича температуру, что способствует уменьшению расхода топлива, увеличению пористости и снижению массы готовых стеновых материалов. При выгорании органики, как правило, выделяется некоторое количество различных сопутствующих газов, которые способствуют уплотнению вокруг каждой частицы стенок, что в конечном счете повышает прочность всего образца [12–14].

## Выводы

1. Установлено, что без отошителей из межсланцевой глины при температуре 1000 °С нельзя получить кирпич марки выше М75, а при 1050 °С выше М100.

2. Введение оптимального содержания дегидратированной глины и ОФУ (30 %) позволяет значительно повысить марочность кирпича при 1000 °С с М75 до М125, а при 1050 °С с М100 до М150.

3. Выявлено, что введение в составы ОФУ, в отличие от использования аналогичного количества дегидратированной глины, при оптимальной температуре обжига 1050 °С (при которой получается кирпич марки М150) практически в два раза снижает теплопроводность с 0,690 до 0,320 Вт/(м·°С) и повышает морозостойкость с 45 до 48 циклов.

4. Образцы из составов № 1 и 2, не содержащие в составе ОФУ, в зависимости от плотности и коэффициента теплопроводности в сухом состоянии (согласно требованиям ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие условия») относятся к обыкновенному кирпичу плотностью выше 1450 кг/м<sup>2</sup> и с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  свыше 0,46 Вт/(м·°С) – это группа малоэффективных (обычных) кирпичей.

5. Образцы, содержащие ОФУ, относятся к строительному легковесному кирпичу класса В (плотность от 1300 до 1450 кг/м<sup>3</sup>), а по теплотехническим характеристикам – к группе повышенной эффективности ( $\lambda$  от 0,24 до 0,36 Вт/(м·°С), см. табл. 7).

6. Повышенное содержание в ОФУ п.п.п. и органики (см. табл. 1, рис. 2, б), углерода (С = 8,88 %, см. табл. 2) и теплотворной способности ( $\lambda = 2200$  ккал/кг, см. табл. 4) в отходах углеобогащения (см. табл. 2) при выгорании повышают внутри кирпича температуру, что способствует уменьшению расхода топлива, увеличению пористости и снижению массы готовых стеновых материалов. При выгорании органики, как правило, выделяется некоторое количество сопутствующих различных газов, которые способствуют уплотнению вокруг каждой частицы стенок, что в конечном счете повышает прочность всего образца.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## **Библиографический список**

1. Влияние вещественного состава заполнителя из отходов сжигания топлива на формирование ячеистой структуры газозолобетона / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, Г.И. Бердов, В.А. Сыромьясов, М.С. Дружинин // *Строительные материалы*. – 2014. – № 12. – С. 42–44.
2. Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Фомина Е.В. Фазообразование в геополимерных системах на основе золы-уноса Апатитской ТЭЦ // *Строительные материалы*. – 2015. – № 12. – С. 85–87.
3. Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Туреханова Г.И. Вторичная переработка отходов (золошлаков) промышленных предприятий // *Технические науки. Горное дело*. – 2018. – № 10. – С. 8–11.
4. Досмухамедов Н.К., Калан В.А., Дареуш Г.С. Инновационная технология комплексной переработки золы от сжигания угля // *Уголь*. – 2020. – № 1. – С. 58–62.
5. Физико-химические процессы, протекающие при обжиге золошлакокерамических материалов / А.А. Кулибаев, А.В. Дян, В.В. Шевандо, Ж.Е. Калиева, Б.О. Смаилова, Д.А. Идрисов, С.Ж. Сайбулатов // *Строительные материалы*. – 2009. – № 9. – С. 54–56.
6. Курганова Д.А., Филатова Е.В., Реховская Е.О. Переработка отходов производства и потребления на предприятия теплоэнергетики // *Молодой ученый*. – 2019. – № 52 (290). – С. 326–328. – URL: <https://moluch.ru/archive/290/65685/> (дата обращения: 14.02.2022).
7. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Oxidation Processes in the Firing of Porous Filler Based on Oil Production Wastes and Intershale Clay // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2020. – Vol. 54, no. 4. – P. 750–755.
8. Abdrakhimov B.Z., Abdrakhimova E.S. Oxidation Processes in the Firing of Porous Filler Based on Oil Production Wastes and Intershale Clay // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2020. – Vol. 54, no. 4. – P. 750–755.
9. Anpilov S.M., Abdrakhimov V.Z. Use of light fraction as an inter-shale clay in the production of earthquake-resistant bricks // *Ugo*. – 2021. – No 4. – P. 57–62.
10. Использование отходов флотации углеобогащения в производстве керамзита / В.З. Абдрахимов, В.К. Семенычев, Е.С. Абдрахимова, И.В. Ковков, В.А. Куликов // *Экология и промышленность России*. – 2010. – № 5. – С. 20–21.
11. Абдрахимов В.З., Куликов В.А., Ковков И.В. Вовлечение отходов углеобогащения в процесс производства керамических материалов // *Кокс и химия*. – 2010. – № 11. – С. 39–43.
12. Влияние выгорающих добавок на расход природного газа при производстве керамического кирпича / А.В. Котович, А.С. Ковчур, А.А. Климентьев, П.И. Манак // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2021. – № 1. – С. 132–135.
13. Основы технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей: учеб. пособие / Н.Г. Василовская, И.Г. Енджиевская, Г.П. Баранова [и др.]. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2016. – 200 с.
14. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Назначение и классификация добавок для керамических шихт // *Материалы XII Междунар. студ. науч. конф. «Студенческий научный форум»*. – URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018019686> (дата обращения: 14.02.2022).

## References

1. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Berdov G.I., Syromyasov V.A., Druzhinin M.S. The influence of the material composition of the filler from fuel combustion waste on the formation of the cellular structure of gas-reinforced concrete. *Building materials*, 2014, no. 12, pp. 42-44.
2. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Fomina E.V. Phase formation in geopolymer systems based on fly ash of Apatitskaya CHP. *Building materials*, 2015, no. 12, pp. 85-87.
3. Akhmedianov A.U., Kirgizbaeva K.Zh., Turekhanova G.I. Recycling of waste (ash and slag) of industrial enterprises. *Technical Sciences. Mining*, 2018, no. 10, pp. 8-11.
4. Dosmukhamedov N.To., Kalan V.A., G.S. Darius. Innovative technology of complex processing of ash from the combustion of coal. *Coal*, 2020, no. 1, pp. 58-62.
5. Kulibayev A.A., Days A.V., Levando V.V., Kalieva J.E., Smailova B.O., Idrisov D.A., Aibulatov S.J. Physico-chemical processes occurring during firing zolotukhinsky materials. *Building materials*, 2009, no. 9, pp. 54-56.
6. Kurganova D.A., Filatova E.V., Rekhovskaya E.O. Processing of production and consumption waste at thermal power plants. *Young Scientist*, 2019, no. 52 (290), pp. 326-328. URL: <https://moluch.ru/archive/290/65685/> (accessed: 02/14/2022).
7. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Oxidation processes in the firing of porous filler based on oil production wastes and intershale clay. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2020, vol. 54, no. 4, pp. 750-755.
8. Abdrakhimov B.Z., Abdrakhimova E.S. Oxidation Processes in the Firing of Porous Filler Based on Oil Production Wastes and Intershale Clay. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2020, vol. 54, № 4, pp. 750-755.
9. Anpilov S.M., Abdrakhimov V.Z. Use of light fraction as hard inter-shale clay in the production of earthquake-resistant bricks. *Ugo*, 2021, no. 4, pp. 57-62.
10. Abdrakhimov V.Z., Semenychev V.K., Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Kulikov V.A. The use of carbon enrichment flotation waste in the production of expanded clay. *Ecology and industry of Russia*, 2010, no. 5, pp. 20-21.
11. Abdrakhimov V.Z., Kulikov V.A., Kovkov I.V. Involvement of carbon enrichment waste in the production of ceramic materials. *Coke and chemistry*, 2010, no. 1, pp. 39-43.
12. Kotovich A.V., Kovchur A.S., Klimentyev A.A., Manak P.I. The effect of burnout additives on natural gas consumption in the production of ceramic bricks. *Bulletin of the Vitebsk State Technological University*, 2021, no. 1, pp. 132-135.
13. Vasilovskaya N.G., Yendzhievskaya I.G., Baranova G.P. etc. Fundamentals of technology of construction ceramics and artificial porous aggregates. Krasnoyarsk, Publishing House of SIBFU, 2016, 200 p.
14. Kolosova A.S., Pikalov E.S. Purpose and classification of additives for ceramic charges. *Materials of the XII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"*. URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018019686> (accessed: 02/14/2022).