

## СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА ОТДЕЛОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Д. Т. Толегенов, Д. Ж. Толегенова, Е. А. Сурудина  
Научный руководитель – д.т.н., профессор Т. В. Вакалова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tolegenov@tpu.ru*

На современном этапе развития строительной индустрии активное потребление высококачественного природного сырья приводит к постепенному уменьшению его запасов. Возникает необходимость расширения сферы использования нестандартного природного сырья, а также вовлечения техногенных отходов в производство керамических материалов.

Ежегодно при производстве различных металлов образуется большое количество металлургических отходов. То же касается зола-уноса, образующейся при сжигании пылевидного угля на тепловых электростанциях. Эти остатки считаются опасными отходами из-за содержания в них растворимых металлов, что вызывает множество социальных проблем, таких как загрязненная вода, запыленный воздух и щелочная почва, а также риски для здоровья и безопасности людей и животных в результате распада отходов.

Целью работы является установление перспектив вовлечения техногенных отходов в технологию керамического кирпича конструк-

ционного (стенowego) назначения на основе тугоплавкой каолининовой глины.

В качестве глинистого сырья использовалась каолининовая глина Кемертурского месторождения Республики Казахстан. В качестве техногенного сырья опробовались зола-унос и красный (бокситовый) шлам. Зола-уноса представляет собой отход от сжигания Экибастузских углей Павлодарских тепловых электростанций [1]. Красный (бокситовый) шлам – отход от переработки железистых бокситов на технический глинозем по методу Байер-спекания. Характеристика химического состава используемого сырья приведена в таблице 1.

Для всех трех видов техногенного сырья характерно наличие в химическом составе высокого содержания оксида железа, что определяет их перспективность в составе композиций с глинами как спекающих добавок.

Образцы формовались пластичным методом и обжигались при 1000–1150 °С с шагом 50 °С. Полученные результаты позволили определить

**Таблица 1.** Химический состав используемых сырьевых материалов

Вид сырья	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO
глина	58,36	28,93	1,48	5,25	0,70	2,48	1,29	0,24	1,26
зола	48,53	29,19	0,99	12,11	2,26	3,43	0,43	0,35	2,71
шлам	27,88	9,88	2,86	22,83	27,88	9,88	2,86	22,83	1,48
шлак	17,62	7,80	0,68	21,45	35,33	8,07	0,09	0,51	4,72

**Таблица 2.** Оптимальные технологические параметры и физико-механические свойства образцов пластичного формования из исследуемых композиций глины с техногенными добавками

Добавка	Содержание добавки, %	Температура обжига, °С	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, МПа	Ориентировочная марка кирпича
исходная глина	0	1050	15,2	51,8	M300
металлургический шлак	15	1000	18,5	38,4	M225
красный шлам	10	1050	17	48,8	M250
зола-унос	20	1050	14,1	50,9	M300
смесь золы и шлама	10/10	1050	17,6	55,9	M300

ся с оптимальными составами керамических масс (таблица 2).

Таким образом, использование анализируемых вторичных ресурсов позволило снизить температуру обжига образцов на 50 °С (в случае использования металлургического шлама) и получить образцы, по прочности не уступающих образцам из глины без добавок.

### Список литературы

1. *Aryngazin K. Sh., Bogomolov A. V., Tleulesov A. K. Innovational construction materials of LLP "Ecostroy NII-PV" production // De-*

Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение декоративности керамики (борьбу с высолами) и снижение величины водопоглощения до нормируемых показателей для лицевого керамического кирпича (не более 14 %) за счет подбора спекающих добавок.

*fect and Diffusion Forum, 2021. – 410 DDF. – P. 806–811.*

## КЛИНКЕРНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Д. Т. Толегенов, Д. Ж. Толегенова, Д. Д. Прохорова, Н. К. Кулумбаев, Р. А. Тюлюбаев  
Научный руководитель – д.т.н., профессор Т. В. Вакалова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tolegenov@tpu.ru*

В настоящее время цветовая гамма керамических стеновых изделий значительно изменилась, от светлых тонов до черных. Увеличилось и число заводов, выпускающих керамический кирпич различных цветовых оттенков. Повышенный интерес к выпуску керамического кирпича с повышенными декоративными свойствами вызывает необходимость проведения исследований по расширению цветовой палитры керамических материалов на основе легкоплавкого красножгущегося глинистого сырья.

Другой, не менее актуальной задачей в технологии строительной керамики является вовлечение техногенного сырья (отходов топливно-энергетического и химико-металлургического комплексов) в крупнотоннажные производства разнообразных строительных материалов [1].

Целью данной работы является разработка составов и оптимальных параметров получения клинкерного керамического кирпича объемного окрашивания на основе красножгущейся глины с окраской, отличающейся по своим свойствам от базовой.

В качестве сырьевых компонентов применялась тугоплавкая глина Кемертузского месторождения (Республика Казахстан), в качестве цветоформирующих добавок применялась зола-уноса и отход при производстве технического глинозема, т.н. красный (бокситовый) шлам.

По минералогическому составу бокситовый шлам сложен кальцитом, гидратированными силикатами (*двухкальциевым гидросиликатом*  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и алюминатами кальция (*шестикальциевым трехкарбонатным гидроалюминатом*  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaCO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ), гематитом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и магнетитом  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , полностью спекающийся при температуре 1100 °С.

В исходном состоянии применяемая зола-уноса представляет собой материал, содержащий в своем составе значительную часть стеклофазы, кристаллическая часть которой состоит из муллита, кварца и железистого минерала. При нагревании золы исходной при температуре 1000 °С образуется фаза зачаточного кристобалита, достигая максимума к 1200–1300 °С, что по всей вероятности, вызвано как процессом перерождения кварца и кристаллизацией стеклофазы, приводящей к снижению площади аморфного гало на рентгенограмме обожженной золы. При нагреве образца выше 1000 °С наблюдается образование кристаллической фазы – анортита  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

Поскольку обе используемые техногенные добавки характеризуются высоким содержанием оксида железа (22,83 % в шламе, 12,11 % в золе), который в составе керамических масс оказывает красящее действие, придавая окраску от красного до темно-коричневого цвета (в зависимости от содержания), для усиления цвета