

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.83>

## ВЛИЯНИЕ СТЕКЛОФАЗЫ ЗОЛ АНГРЕНСКОЙ ТЭЦ НА СВОЙСТВА ЗОЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

Сидикова Т.Д.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-8745-6710;

<sup>1</sup> Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

\* Корреспондирующий автор (taxira-dalievna[at]mail.ru)

### Аннотация

Статья посвящена проблемам изучения влияния состава и содержания стеклофазы на свойства золокерамических материалов. Для исследования была использована зола Ангренской ТЭЦ с содержанием 30-35% стеклофазы.

При исследовании влияния состава и содержания стеклофазы золы на свойства золокерамических материалов установлено, что стеклофаза играет определяющую роль при форматировании эксплуатационных свойств материалов. В процессе обжига зологлиняных образцов стеклофазы зола интенсифицирует процессы спекания.

В результате исследования установлено значительное содержание стеклофазы в золе (60-65%), что обуславливает формирование плотной структуры золокерамических образцов.

Установлено, что количественное содержание стеклофазы преимущественно алюмосиликатного состава способствует формированию прочной структуры золокерамического материала, которая дополнительно упрочняется при кристаллизации в ней муллита, анортита, гематита.

**Ключевые слова:** стеклофаза, золокерамика, зола Ангренской ТЭЦ.

## INFLUENCE OF ANGREN TPP GLASS PHASE ON THE PROPERTIES OF ASH-CERAMIC MATERIALS

Research article

Sidikova T.D.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-8745-6710;

<sup>1</sup> Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

\* Corresponding author (taxira-dalievna[at]mail.ru)

### Abstract

The article is dedicated to the problems of studying the influence of the composition and content of glass phase on the properties of ash-ceramic materials. Ash from Angren TPP with the content of 30-35% glass phase in it was used for the research.

When examining the effect of glass phase composition and content on the properties of ash-ceramic materials, it was found that glass phase plays a decisive role in formatting the performance properties of the materials. In the process of firing of glass phase samples, ash intensifies sintering processes.

As a result of the study, a significant content of glass phase in the ash (60-65%) was established, which leads to the formation of a dense structure of ash-ceramic samples.

It was established that the quantitative content of glass phases of predominantly aluminosilicate composition contributes to the formation of a strong structure of ash-ceramic material, which is further strengthened by crystallization in it of mullite, anorthite, hematite.

**Keywords:** Glass phase, ash and ceramics, Angren TPP ash.

### Введение

В золах ТЭЦ, используемых при производстве стеновых золокерамических материалов, одной из основных фаз является стекловидное вещество, образованное в процессе термического превращения минеральной (в основном глинистой) части топлива [1], [2]. Содержание стеклофазы в золах различно и связано с химико-минералогическим составом сжигаемых углей. Стеклофаза оказывает значительное влияние на процесс образования кристаллической фазы, которая обуславливает основные свойства готовых изделий [3], [4], [5]. В связи с этим, нами изучено влияние состава и содержания стеклофазы на свойства золокерамических материалов. Для исследования была использована зола Ангренской ТЭЦ с содержанием 30-35% стеклофазы.

### Основная часть

Стеклофаза представляет собой рыхлую массу тонкодисперсных частиц, которую трудно изучать в общей массе золы. Поэтому была выделена стеклофаза в чистом виде по следующей методике.

Фракцию золы, в которой концентрировалась основная часть стеклофазы, выделяли методом отмучивания. Для этого готовили суспензию золы, и из нее отбирали фракцию 0,01-0,005 мм, в которой содержание стеклофазы составляло 65-70%. Затем выделенную фракцию взбалтывали в делительной воронке с раствором тяжелой жидкости (бромформ с диметилформамидом) с плотностью 2,2-2,4г/см<sup>3</sup>. После отстаивания легкую фракцию отфильтровывали, промывали вначале спиртовым раствором, а затем дистиллированной водой. В результате был получен концентрат с содержанием стеклофазы до 95%.

Выделенные стеклофазы и обожженные золокерамические образцы были изучены петрографическим, рентгенографическим и ИКС-методами анализа. Стеклофаза золошлаков Ангренской ТЭЦ в основном имеет алюмосиликатный состав и представлена сферическими стекловатыми частицами [6], [7]. Встречаются разновидности стекловатых частиц, окрашенных в желтый, светло-бурый цвета, которые отличаются от бесцветных частиц более высоким показателем светопреломления. Поверхность стекловатых окрашенных разновидностей чистая, контуры хорошо окантованы. Около 80% стеклофазы составляют частицы сферической формы, остальные – угловые обломки стекла, бесцветные пластинчатые частицы, на поверхности которых имеются вкрапления. Наблюдаются муллитированные участки стекла (рис.1) Показатель светопреломления у разновидностей стеклофазы колеблется от 1,47 до 1,68.

Отдельные разновидности стеклофазы изучить в общей пробе очень сложно. Поэтому стеклофазу разделили по степени выщелачивания в плавиковой кислоте.

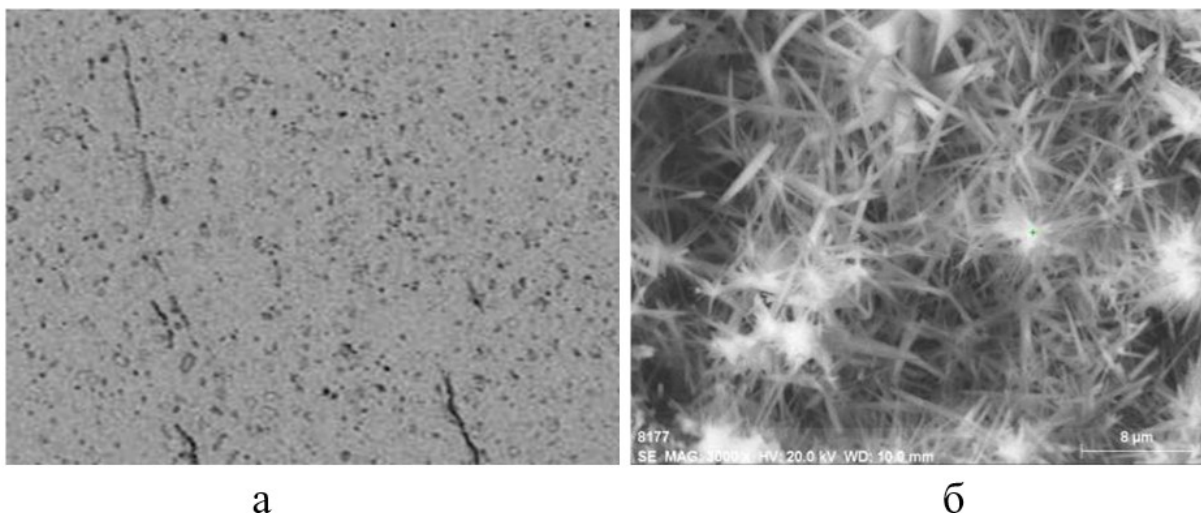


Рисунок 1 - Стеклофаза золошлаков Ангренской ТЭЦ ( x 31000):

*a* – общая проба; *б* – муллитизированный участок

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.83.1>

Химическую устойчивость к агрессивным средам определяли методом потерь веса при кипячении в растворах 2н. NaOH и плавиковой кислоте разной концентрации (10,5 и 2,5%-ная) при различной продолжительности (от 10 до 90 мин.)

Установлено, что наиболее легко растворяются образцы с показателем светопреломления 1,47 - 1,48 и 1,52 - 1,54, отнесенные к алюмосиликатному стеклу, обогащенному кремнеземом и оплавленными глинистыми частицами.

Отмечено, что окрашенные разновидности стекол более устойчивы к воздействию кислоты. Обработка стеклофазы в течение 20 минут 10%-ной HF приводит к растворению до 70% стеклофазы, 5%-ной до 48-55% и 2,5%-ной – до 25-30%. При дальнейшем увеличении продолжительности обработки стеклофазы 10%-ной HF до 60-80 минут растворяется 83-88% стеклофазы.

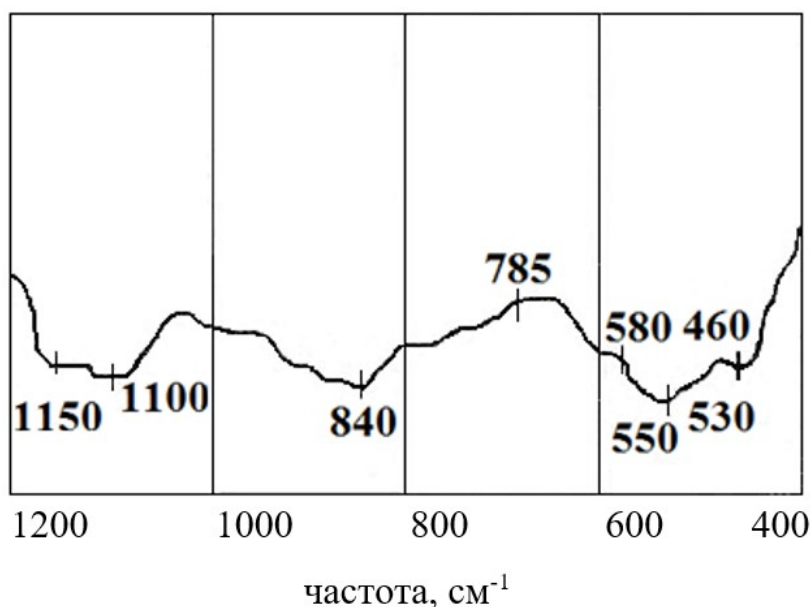


Рисунок 2 - ИК спектр стеклофазы Ангреной ТЭС

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.83.2>

Петрографическое исследование проб, обработанных кислот, показало, что бесцветное алюмосиликатное стекло, преимущественно метокристаллобитового и глинистого метокаолинового составов, наиболее легко подвергается выщелачиванию. Его содержится до 55-60% от общего содержания стеклофазы. Количество железистого стекла магнетитового и гематитового составов составляет около 10% от общей пробы. Остальные части стеклофазы представлены как желтый и бурый цвета с разновидностями стекла и показателем светопреломления 1,60-1,68, бесцветными разновидностями стекла с высоким показателем светопреломления (1,62-1,64), содержащего тонкодисперсные включения муллита (см. рис.1,б). Эти разновидности стекла являются стойкими к воздействию кислоты [8].

Сравнение ИК-спектров золокерамических образцов (Рис.2), показывает, что с повышением продолжительности изотермической выдержки возрастает интенсивность полосы  $785\text{ см}^{-1}$   $\alpha$ -кристобалита, и свидетельствует об интенсификации полиморфного перехода  $\beta$ -кварца в  $\alpha$ -кристобалит.

ИК-спекторы стеклофазы подтверждает, что при выщелачивании стеклофазы растворяется алюмосиликатное стекло метакристаллобитового состава, для которого характерна полоса поглощения  $790\text{ см}^{-1}$ .

Отмечается, также, некоторое уменьшение содержания кварцевого стекла с характерными полосами поглощения  $460, 690, 780, 1080\text{ см}^{-1}$  и увеличение интенсивности полос поглощения  $550, 570, 740, 895\text{ см}^{-1}$ , которые относятся к стеклу с включениями муллита.

Петрографический анализ также показал, что с увеличением продолжительности изотермической выдержки в обожженном материале возрастает количество стеклофазы, кристобалита и муллита.

При изучении влияния состава и содержания стеклофазы золы на свойства золокерамических материалов установлено, что стеклофаза играет определяющую роль при форматировании эксплуатационных свойств материалов [9], [10], [11]. В процессе обжига зологлиняных образцов, стеклофазы интенсифицируют процесс спекания.

Рентгенографические и петрографические исследования показали, что стеклофаза алюмосиликатного состава с участками, обогащенными кремнеземом и аморфизованными глинистыми агрегатами, является матрицей для кристаллизации кристобалита и муллита. В результате зонального выгорания остаточного углерода золы происходят превращения в стеклах гематитового и магнетитового составов, что приводит к более раннему оплавлению фаз, интенсифицирующему образованию муллита, анортита, полиморфные превращения кварца.

Значительное содержание стеклофазы в золе (60-65%) обуславливает формирование плотной структуры золокерамических образцов. При удалении из золы 30-70% стеклофазы (от ее общего содержания) замедляется процесс спекания и жидкая фаза образуется в меньшем количестве, поэтому ослабляется ее связующая роль, что приводит к резкому увеличению водопоглощения, снижению средней плотности и механической прочности образцов (от 20 до 8 МПа).

Таким образом, количественное содержание стеклофазы преимущественно алюмосиликатного состава способствует формированию прочной структуры золокерамического материала, которая дополнительно упрочняется при кристаллизации в ней муллита, анортита, гематита.

Методами петрографического, рентгенографического и ИК-спектроскопического анализа проведено комплексное исследование влияния состава и содержания стеклофазы золы на свойства золокерамических материалов. Физико-химическими превращениями в процессе обжига золокерамического материала установлено, что стеклофаза играет определяющую роль при форматировании эксплуатационных свойств материалов.

В процессе обжига зологлиняных образцов стеклофазы зола интенсифицирует процессы спекания.

А также стеклофаза выполняя роли цементирующего связующего, указанные кристаллические фазы фиксирует в образованной жидкой стекольной фазе, обеспечивая прочный каркас керамического материала. Жидкая стеклофаза уплотняет и упрочняет керамический материал и активно участвует в важном процессе фазообразования керамики.

### Заключение

В результате исследования, усовершенствована методика получения композиционных материалов на основе твердых силикатных связующих, позволяя получать материалы с высокими, хорошо воспроизводимыми прочностными характеристиками.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Красный Б.Л. Летучая зола как техногенное сырье для получения огнеупорных и изоляционных керамических материалов / Б.Л. Красный, К.И. Иконников, Д.О. Лемешев и др. // Стекло и Керамика – 2021. – № 3
2. Сюй Г. Характеристики и применение летучей золы в качестве экологичного строительного материала: современный обзор / Г. Сюй, С. Ши // Ресурсы, консервация и переработка. – 2018. – № 136. – С. 95 - 109.
3. Буков Н.Н. Влияние механоактивации на процессы стеклообразования при получении пеностеклокристаллических материалов / Н.Н. Буков, А.С. Левашов, Р.В. Горохов и др. // Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья: сб. докладов VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск: БТИ АлтГТУ, 2008. – С. 19–21.
4. Сидикова Т.Д. Строительные материалы из отходов производства / Т.Д. Сидикова // Современное строительство и архитектура. – 2016. – № 1(01). – С. 50-52.
5. Sidikova T.D. Crystallization and physicochemical properties of glasses based on industrial wastes / T.D. Sidikova // Glass and ceramics. – 1997. – № 3. – P. 29-30.
6. Сиражиддинов Н.А. Исследование свойств системы лёсс-золошлак-флотоотход с применением метода симплекс-решетчатого планирования эксперимента / Н.А. Сиражиддинов, Т.Д. Сидикова, А.П. Иркаходжаева // Стекло и Керамика. – 1995. – №7. – С.26-29.
7. Сидикова Т.Д. Производство строительной керамики из промышленных отходов / Т.Д. Сидикова // Современное строительство и архитектура. – 2019. – № 2(14).
8. Бабашов В.Г. К вопросу о кристаллизации муллита в керамическом композиционном материале / В.Г. Бабашов, В.Г. Максимов, Н.М. Варрик // Стекло и Керамика. – 2021. – № 12. – С. 9-14.
9. Stolboushkin A.Yu. Use of Coal-Mining and Processing Wastes in Production of Bricks and Fuel for Their Burning / A.Yu. Stolboushkin, A.I. Ivanov, O.A. Fomina // International Conference on Industrial Engineering. – 2016.
10. Wange P. Microstructure-property relationship in high strength MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> glass-ceramics / P. Wange, T. Hoche, C. Russel // J. Non-Cryst. Solids. – 2002. – Vol. 298. – P. 137-145.
11. Bhasin S. Effect of pyrophyllite additions on sintering characteristics of fly ash based ceramic wall tiles / S. Bhasin, S.S. mritphale, N. Chandra // Brit. Ceram. Trans. – 2003. – № 102. – P. 83–86.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Krasnyj B.L. Letuchaja zola kak tehnogennoe syr'e dlja poluchenija ognepurnyh i izoljacionnyh keramicheskikh materialov [Fly ash as an anthropogenic raw material for the production of refractory and insulating ceramic materials] / B.L. Krasnyj, K.I. Ikonnikov, D.O. Lemeshev [et al.] // Steklo i Keramika [Glass and Ceramics] – 2021. – № 3. [in Russian]
2. Sjuj G. Harakteristiki i primenenie letuchej zoly v kachestve jekologichnogo stroitel'nogo materiala: sovremennyj obzor [Characteristics and application of fly ash as an environmentally friendly building material: a modern overview] / G. Sjuj, S. Shi // Resursy, konservacija i pererabotka [Resources, conservation and recycling]. – 2018. – № 136. – P. 95 - 109. [in Russian]
3. Bukov N.N. Vlijanie mehanoaktivacii na processy stekloobrazovanija pri poluchenii penosteklokristallicheskikh materialov [Influence of mechanoactivation on glass formation processes in the production of foam glass-crystalline materials] / N.N. Bukov, A.S. Levashov, R.V. Gorohov [et al.] // Tehnika i tehnologija proizvodstva teploizoljacionnyh materialov iz mineral'nogo syr'ja : sb. dokladov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Technique and technology of production of heat insulating materials from mineral raw materials: Proceedings of VIII All-Russian Scientific and Practical Conference]. – Biysk: BTI AltSTU, 2008. – P. 19–21. [in Russian]
4. Sidikova T.D. Stroitel'nye materialy iz othodov proizvodstva [Construction materials from industrial waste] / T.D. Sidikova // Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura [Modern Construction and Architecture]. – 2016. – № 1(01). – P. 50-52. [In Russian]
5. Sidikova T.D. Crystallization and physicochemical properties of glasses based on industrial wastes / T.D. Sidikova // Glass and ceramics. – 1997. – № 3. – P. 29-30.
6. Sirazhiddinov N.A. Issledovanie svojstv sistemy ljoss-zoloshlak-flotoothod s primeneniem metoda simpleksreshetчатого planirovanija jeksperimenta [Study of properties of ash-slag system using the simplex-shear method of

experiment planning] / N.A. Sirazhiddinov, T.D. Sidikova, A.P. Irkahodzhaeva // *Steklo i Keramika* [Glass and Ceramics]. – 1995. – №7. – P.26-29. [in Russian]

7. Sidikova T.D. Proizvodstvo stroitel'noj keramiki iz promyshlennyh othodov [Production of construction ceramics from industrial waste] / T.D. Sidikova // *Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura* [Modern Construction and Architecture]. – 2019. – № 2(14). [in Russian]

8. Babashov V.G. K voprosu o kristallizacii mullita v keramicheskom kompozicionnom materiale [On the crystallization of mullite in a ceramic composite material] / V.G. Babashov, V.G. Maksimov, N.M. Varrik // *Steklo i Keramika* [Glass and Ceramics]. – 2021. – № 12. – P. 9-14. [in Russian]

9. Stolboushkin A.Yu. Use of Coal-Mining and Processing Wastes in Production of Bricks and Fuel for Their Burning / A.Yu. Stolboushkin, A.I. Ivanov, O.A. Fomina // *International Conference on Industrial Engineering*. – 2016.

10. Wange P. Microstructure-property relationship in high strength MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> glass-ceramics / P. Wange, T. Hoche, C. Russel // *J. Non-Cryst. Solids*. – 2002. – Vol. 298. – P. 137-145.

11. Bhasin S. Effect of pyrophyllite additions on sintering characteristics of fly ash based ceramic wall tiles / S. Bhasin, S.S. mritphale, N. Chandra // *Brit. Ceram. Trans.* – 2003. – № 102. – P. 83–86.