

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСФЕР  
ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Р.Е. Гафаров, В.В. Шеховцов, О.Г. Волокитин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Г.Г. Волокитин

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: GreexRayne@gmail.com

**PHYSICAL AND CHEMICAL RESEARCH MICROSHERES  
OBTAINED BY PLASMA METHODS BASED ON TECHNOGENIC WASTE**

R.E. Gafarov, V.V. Shekhovtsov, O.G. Volokitin,

Scientific Supervisor: Prof., Dr. G.G. Volokitin

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Sloyanaya sq., 2, 634003

E-mail: GreexRayne@gmail.com

**Abstract.** In this paper, we present the results of research based on microspheres of ash waste of Ekibastuz GRES-1 obtained by the plasma method. Held XRF and IR spectral analyzes of the resulting microspheres. When comparing the infrared spectra of the feedstock, and the resulting microspheres based ASW plasma method, a shift of the fundamental absorption bands in the shortwave frequency range (absorption band at  $1062.12\text{ cm}^{-1}$ ).

Вопросам получения сферических частиц с использованием энергии низкотемпературной плазмы посвящено достаточно много научно-исследовательских работ [1, 2]. Тем не менее, вопросу применения золошлаковых отходов в виде исходного сырья для получения сферических частиц уделяется не достаточно внимания. Морфология частиц определяется свойствами исходного сырья (дисперсионный, химический состав), и электрофизическими характеристиками эксперимента. В связи с неоднородным химическим составом золы необходимо провести ряд предварительных преобразований для получения частиц с заданными характеристиками. В предыдущих работах показана возможность использования золошлаковых отходов (ЗШО) при производстве микросфер плазменным методом [3, 4]. В большинстве случаев ЗШО представлены смесью алюмосиликатов с высоким содержанием  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 80 % от общей массы [5]. На рисунке 1, а представлены полученные микросферы на основе золошлаковых отходов Экибастузской ГРЭС-1 (Павлодарская область, Казахстан).

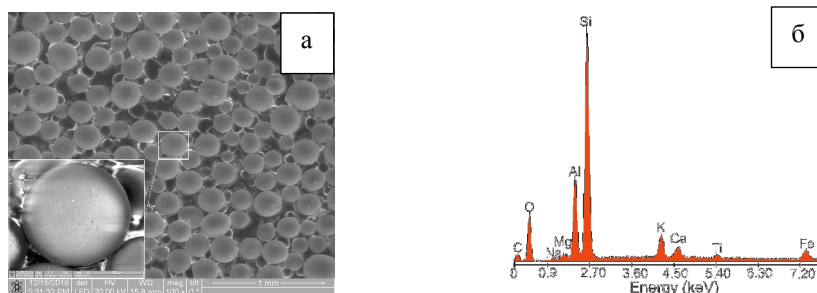


Рис. 1. а) Электронное изображение микросфер на основе золошлаковых отходов полученных плазменным методом; б) Распределение элементного состава, мас. %:  $\text{Al} = 11.34$ ;  $\text{Ca} = 2.63$ ;  $\text{Fe} = 6.23$ ;  $\text{Mg} = 0.67$ ;  $\text{Na} = 0.34$ ;  $\text{Si} = 34.39$ ;  $\text{Ti} = 1.32$ ;  $\text{K} = 5.29$ ;  $\text{O} = 23.67$ ;  $\text{C} = 14.10$ .

Следующим этапом работы является проведение рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) полученных микросфер на основе ЗШО, результаты которого представлены на рисунке 2. В работе использовался рентгеновский флуоресцентный спектрометр S4 Pioneer фирмы Bruker AXS, который предназначен для определения элементного состава различных материалов.

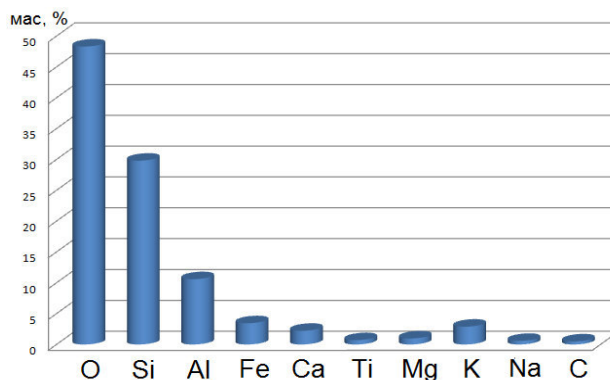


Рис. 2. Гистограмма распределения элементного состава полученных микросфер на основе ЗШО.

Из представленной гистограммы видно, что в составе полученных микросфер преобладает кремний (Si) и алюминий (Al), в среднем составляющие 29.82% и соответственно 10.58% без учета кислорода (O=48%). Помимо них в полученных микросферах отмечено достаточно высокое содержание железа (Fe) на уровне 3.44%. Следующим по значимости является кальций (Ca), титан (Ti), магний (Mg), калий (K), натрий (Na) и углерод (C). В пересчете на оксидную систему процентная масса будет незначительной, таким образом, высокое содержание кремнезема и глинозема указывает, что полученные микросферы на основе ЗШО обладают высокой стойкостью к термическим, химическим и механическим воздействиям. Результаты РФА сопоставимы с исследованиями элементного состава на поверхности полученных микросфер, представленного на рис. 1, б.

Для выяснения внутри- и межмолекулярных взаимодействий, образования различных химических связей был проведен спектральный анализ. На рисунке 3 представлены результаты спектрального анализа в ИК-диапазоне ЗШО и полученных микросфер на их основе плазменным методом. Как было отмечено выше, ЗШО являются алюмосиликатной смесью, таким образом, выявленная основная валентная полоса поглощения в области  $1093.82 \text{ см}^{-1}$  характерна каркасной структуре Si–O–Si. Слабые полосы в области  $797.9$  и  $603.26 \text{ см}^{-1}$  соответствуют колебанию шестичленных алюмосиликатных колец из тетраэдров  $[\text{SiO}_4]$ . Полоса поглощения с небольшой интенсивностью в области  $2323.59 \text{ см}^{-1}$  отвечает валентным колебаниям связи –ОН.

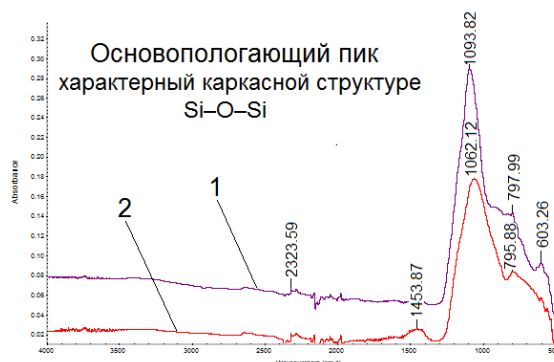


Рис. 3. ИК-спектры поглощения: 1 – ЗШО;  
2 – микросферы на основе ЗШО полученные плазменным методом.

При сравнении инфракрасных спектров исходного сырья и полученных микросфер на основе ЗШО плазменным методом, наблюдается смещение основной полосы поглощения в коротковолновую область частот (полоса поглощения  $1062.12 \text{ см}^{-1}$ ), это связано с увеличением среднего расстояния (Si, Al)–O и упорядочиванием каркасной сетки за счет ее аморфизации. Важным компонентом, вносящим интенсивный вклад в формирование структуры полученных микросфер, является оксид алюминия, находящийся в алюмосиликатах либо в тетраэдрической координации, либо в октаэдрической. В нашем случае воздействие потоков плазмы привело к реструктуризации и увеличению содержания тетраэдрически координированных катионов алюминия (полоса поглощения  $1453.87 \text{ см}^{-1}$ ). Положение этой полосы поглощения зависит от отношения Si/Al.

В результате проведенных работ установлено, что в микросферах на основе золошлаковых отходов, полученных плазменным методом, преобладает кремний (Si) и алюминий (Al), в среднем составляющие 29.82% и соответственно 10.58% без учета кислорода (O=48%). Высокое содержание кремнезема и глинозема указывает, что полученные микросферы на основе ЗШО обладают высокой стойкостью к термическим, химическим и механическим воздействиям. При сравнении инфракрасных спектров наблюдается смещение основной полосы поглощения в коротковолновую область частот (полоса поглощения  $1062.12 \text{ см}^{-1}$ ), это связано с увеличением среднего расстояния (Si, Al)–O и упорядочиванием каркасной сетки за счет ее аморфизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhukov A.S., Arkhipov V.A., Bondarchuk S.S. and Gol'din V.D. // Russian Journal of Physical Chemistry 7 (6), – 2013. – pp. 777–782.
2. Solonenko O.P., Gulyaev I.P. and Smirnov A.V., Journal of Thermal Science and Technology 2 (6), – 2011. – pp. 219–234.
3. Shekhovtsov V.V., Volokitin O.G., Kondratyuk A.A., Vitske R.E. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 156.
4. Shekhovtsov V.V., Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G., Gafarov R.E. // AIP Conference Proceedings. – 2017 – V. 1800, Issue 1.
5. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. №4. 2011. С. 16-21.