

Для того, чтобы оценить различие пожарных рисков по административно-территориальным единицам Кемеровской области, рекомендуется также провести анализ пожарной обстановки территориально, для того, чтобы оценить уровень противопожарной защиты на конкретной административно-территориальной единице области.

Литература

1. Timofeeva S.S., Garmyshev V.V., Lugovtsova N.Y. Environmental Hazard Identification Technique Developing of Territorial Administrations Strategy as Exemplified in Siberian Federal District // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016 – Vol. 127 - №1, Article number 012023. – p. 1-7.
2. Статистическая информация по вопросам охраны окружающей среды по регионам Сибирского федерального округа за 2015 год // ГКУКО «Областной комитет природных ресурсов», Кемерово, 2016.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2015 году // Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области, г. Кемерово, 2016.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году. Статистический сборник // ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Москва, 2016.
5. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование // под ред. Н.Н. Брушлинского и Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. – 370 с.
6. Тимофеева С.С., Гармышев В.В. Оценка пожарной опасности субъектов российской федерации Сибирского федерального округа на основе комплексного показателя пожарных рисков // Фундаментальные исследования. – 2015. - № 2. – С. 3059-3064.
7. Тимофеева С.С., Гармышев В.В. Оценка пожарной опасности в муниципальных образованиях Иркутской области // Вестник ЗабГУ. – 2016. – Т.22. - № 12. – С. 20-29.
8. ГОСТ 12.1.004 – 91\* Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандарт. – 1992. – 82 с.
9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ РФ от 22.07.2008 г. №123-ФЗ // Собр. Законодательства РФ. – 2008. - №30. ч.1 – Ст.3579.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСФЕР НА ОСНОВЕ СИЛИКАТНЫХ ОТХОДОВ  
ТЕХНОГЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ**

*В.В. Шеховцов, аспирант, О.Г. Волокитин к.т.н., доц,  
Г.Г. Волокитин, д.т.н., проф., Н.К. Скрипникова, д.т.н., проф.  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2  
E-mail: shehovcov2010@yandex.ru, тел. (3822)-65-04-78*

**Аннотация:** В данной работе изучена получения микросфер на основе золошлаковых отходов (ЗШО) с использованием низкотемпературной плазмы. Проведен численный анализ динамики движения и плавления частиц в плазменном потоке. Установлено, что пористость исходных частиц существенно влияет на динамику их движения и плавления. В результате проведенных экспериментов, получены микросферы с насыпной плотностью 0.8 г/см<sup>3</sup>. Поверхность частиц характеризуется отсутствием дефектов.

В большинстве случаев использование традиционных источников нагрева при сфероидизации или получения микросфер на основе порошковых материалов не позволяет использовать тугоплавкое сырье с температурой плавления (>1700 °С) [1]. Расширить область использования тугоплавких материалов возможно с использованием энергии плазмы. Перспективным направлением при получении микросфер является плазменная обработка пористых частиц [2].

Целью данной работы является проведение экспериментальных и теоретических исследований в области использования силикатных отходов техногенного производства (золошлаковые отходы) для получения микросфер с использованием энергии плазмы.

Для предварительного анализа процесса сфероидизации проведен численный анализ динамики движения и плавления частицы в потоке плазмы. Параметры численного анализа: поток плазмы представляется в виде цилиндрической трубки радиусом  $r = 10$  мм и протяженностью  $L = 70$  мм. Температура потока плазмы  $T_{пл} = 3200$  К, объёмный расход плазмообразующего газа  $W = 1$  л/с. Параметры исходного сырья: диаметр частицы  $D_p = 50 \div 150$  мкм; пористость  $\Pi = 0-60$  %; плотность ( $SiO_2$ )  $\rho = 2.65$  г/см<sup>3</sup>; удельная теплоемкость  $c = 743$  Дж/кг/К.

В результате проведенного численного анализа установлена динамика движения и плавления частиц в плазменном потоке (рис. 1).

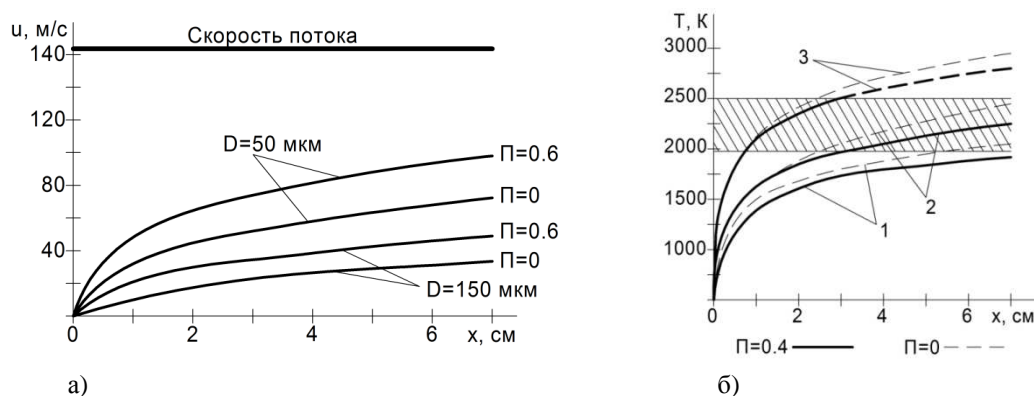


Рис. 1. а) Динамика движения частиц  $\text{SiO}_2$  в зависимости от исходной пористости.  
б) Плавление частицы  $\text{SiO}_2$  в зависимости от пройденного пути:  
1 – диаметр частицы  $D = 150$   $\mu\text{m}$ ; 2 –  $100$   $\mu\text{m}$ ; 3 –  $50$   $\mu\text{m}$ .

Анализ рисунка 1, б позволил установить, что частица диаметром  $50$   $\mu\text{m}$  испаряется, пройдя  $30$   $\text{mm}$  пути в потоке плазмы, в то время, как частица диаметром  $100$   $\mu\text{m}$  перешла в  $100\%$  расплавленное состояние через  $33$   $\text{mm}$ . Однако частица диаметром  $150$   $\mu\text{m}$  прошедшая  $70$   $\text{mm}$  пути не успевает  $100\%$  расплавиться.

Для проведения экспериментальных исследований предварительно золошлаковые отходы проходили подготовку, состоящую из двух этапов. На первом этапе производится помол порошковой смеси в планетарной шаровой мельнице со скоростью  $600$  об/мин в течение  $10$  минут до фракции  $1-2$   $\mu\text{m}$ . Целью помола является достижение равномерного гранулометрического состава по всему объему порошковой смеси. На втором этапе выполняется грануляция порошковой смеси. Грануляция выполняется на тарельчатом *грануляторе*, в качестве связующего используется водный раствор поливинилового спирта [3], который распыляется на поверхность приготовленной порошковой смеси. Отношения массы раствора к массе порошка –  $3:7$ .

В результате проведенных экспериментов [4, 5] исследовалась морфология полученных микросфер. Съемка проводилась на электронном микроскопе Quanta 200 3D. На рисунке 2, а представлено электронное изображение микросфер с насыпной плотностью  $0.8$   $\text{g}/\text{cm}^3$  полученных на основе золошлаковых отходов плазменным методом. На рисунке 2, б представлено распределение элементного состава в спектре, полученного с помощью РФЭС.

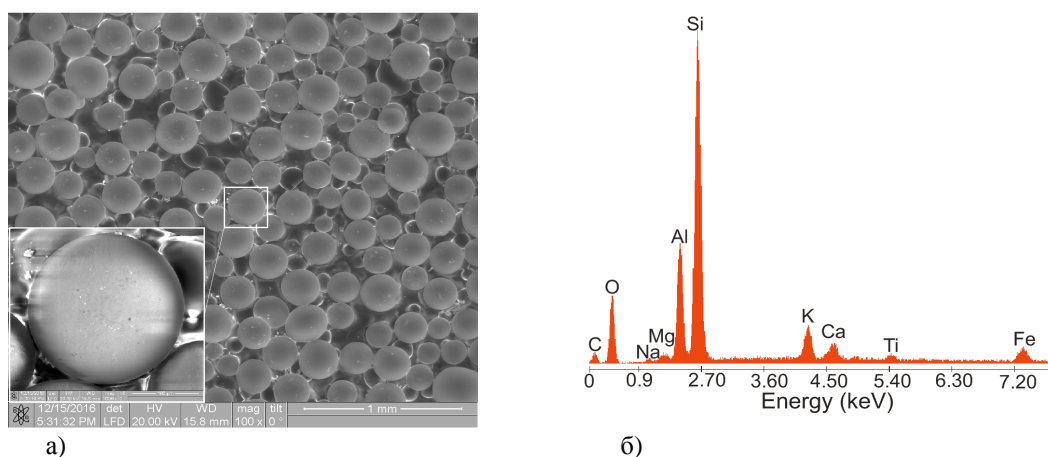


Рис. 2. а) Электронное изображение микросфер на основе ЗШО полученных плазменным методом; б) Распределение элементного состава, мас. %:  $\text{Al} = 11.34$ ;  $\text{Ca} = 2.63$ ;  $\text{Fe} = 6.23$ ;  $\text{Mg} = 0.67$ ;  $\text{Na} = 0.34$ ;  $\text{Si} = 34.39$ ;  $\text{Ti} = 1.32$ ;  $\text{K} = 5.29$ ;  $\text{O} = 23.67$ ;  $\text{C} = 14.10$ .

Исследование морфологии полученных микросфер плазменным методом показало, что все они имеют сферическую форму (коэффициент сферичности равен  $0.9$  по диаграмме Крумбьена-Шлосса). На поверхности микросфер отсутствуют дефекты, но присутствуют приплавленные частицы исходного

сырья микронного размера остроугольной формы. Морфология микросфер, полученных по плазменной технологии схожа с зольными микросферами, полученными традиционным способом на тепловых электростанциях в камерных печах [6].

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что золошлаковые отходы являются перспективной сырьевой базой для получения микросфер с использованием энергии плазмы. Числено, показано, что пористость исходной частицы существенно влияет на динамику нагрева и может находиться в различных агрегатных состояниях в потоке плазмы с температурой 3200 К. В результате проведенных экспериментов, получены микросфер с насыпной плотностью 0.8 г/см<sup>3</sup>.

Литература.

1. Arkhipov V.A., Kozlov E.A., Zharova I.K., Titov S.S., Usanina A.S. Evolution of liquid-drop aerosol cloud in the atmosphere // *Arabian Journal of Geosciences. Special Issue. Dust. Vol. 9, Issue 2. 2016. 9:114.*
2. Solonenko O.P., Gulyaev I.P., Smirnov A.V. Thermal plasma processes for production of hollow spherical powders: Theory and experiment // *Journal of Thermal Science and Technology. 2011. Vol. 2 (6). P. 219-234.*
3. Dudina D.V., Zlobin S.B., Bulina N.V., Bychkov A.L., Korolyuk V.N., Ulianitsky V.Yu., Lomovsky O.I. Detonation spraying of TiO<sub>2</sub>-2.5 vol. % Ag powders in a reducing atmosphere // *Journal of the European Ceramic Society. 2012. Vol. 32. P. 815-821.*
4. Shekhovtsov V. V., Volokitin O. G., Kondratyuk A. A., Vitske R. E. Fly ash particles spheroidization using low temperature plasma energy. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 156 (2016).
5. Shekhovtsov V. V., Volokitin G. G., Skripnikova N. K., Volokitin O. G., Gafarov R. Plasma treatment of agglomerating aluminosilicate powders based on coal ash. AIP Conference Proceedings 1800, Issue 1 (2017).
6. Vassilev S. V. Menendez R., Diaz-Somoano M., Martinez-Tarazona M.R. Phase-mineral and chemical composition of coal fly ashes as a basis for their multicomponent utilization. 1. Characterization of feed coals and fly ashes // *Fuel vol. 82, no. 14, pp. 1793-1811, 2003.*

#### ТЕХНОЛОГИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

*С.В. Литовкин, ассистент каф. БЖДЭ и ФВ*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

*НИ Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: Protoniy@yandex.ru*

*Аннотация:* Показана проблема использования каменного угля как источника тепловой и электрической энергии. Рассмотрена технология разделения, сбора и хранения углекислого газа, позволяющая снизить его выбросы и воздействие на окружающую среду.

Большинство людей (особенно в развитых странах и крупных городах) редко видит уголь, в результате чего может сложиться впечатление, что этот продукт, который иногда называют черным золотом, уже не используется и является пережитком прошлого (19-20 веков). Однако сегодня, благодаря использованию угля, генерируется порядка сорока процентов мировой электрической энергии. А электрическая энергия, это двигатель современной жизни. И использование угля в энергетике растёт.

Самым большим потребителем угля на планете является Китай. Более семидесяти пяти процентов электричества в Китае производится с использованием угля. Еще больше угля уходит на отопление миллионов домов, плавление стали (Китай производит почти половину мировой стали), обжиг известняка для производства цемента (Китай изготавливает почти половину цемента, производимого в мире).

Использование угля в качестве топлива, позволяет получать тепло и генерировать электроэнергию. В то же время его использование создает проблемы, наносит вред окружающей среде – загрязняет атмосферу вредными выбросами, а почву золой и шлаком. Но данные проблемы относятся не только к Китаю. Уголь используют во всем мире.

Страны по всему миру, включая европейские государства, не могут в одночасье прекратить использовать уголь. Германия, активно использующая солнечную и ветряную энергетику, не только получает половину своей энергии из угля, но также, в 2013, открыла больше угольных ТЭС, чем в любом другом году за последние два десятилетия. В Польше восемьдесят шесть процентов электри-