

The Ministry of Education & Science of the Republic of Kazakhstan  
Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігі  
Министерство Образования и Науки Республики Казахстан

al-Farabi Kazakh National University  
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби

The Institute of Combustion Problems/Committee of science MES RK  
Институт проблем горения/Комитет науки МОН РК  
Жану проблемаларының институты/ҚР БҒМ Ғылым комитеті

\*\*\*\*\*



**IX International Symposium**  
**« Combustion and Plasmochemistry»**  
13-15 september 2017

**IX халықаралық симпозиумы**  
**«Жану және плазмалық химия»**  
13-15 қыркүйек 2017

**IX Международный Симпозиум**  
**«Горение и плазмохимия»**  
13-15 сентября 2017

Алматы, 2017

**Chapter 5**  
**Часть 5**

**ORAL PRESENTATIONS**

**Day 2, September 14, 2017**  
**Session 3 - Nanomaterials and SHS synthesis**

**УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ**

**День второй, 14 Сентября, 2017**  
**Секция 3 - Наноматериалы и синтез СВС**

**TABLE of CONTENTS  
СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Utilization of steam-gas activation of carbonized walnut shells in production of electrode materials for supercapacitors</b> <i>V.V. Pavlenko, ICP, Kazakhstan</i>	<b>3</b>
<b>Synthesis of magnesium diboride doped with barium and yttrium oxides and its superconducting properties</b> <i>S.M. Fomenko, ICP, Kazakhstan</i>	<b>6</b>
<b>Coaxial flame as a perspective method of synthesis of carbon nanomaterials</b> <i>B.T. Lesbayev, ICP, Kazakhstan</i>	<b>10</b>
<b>Self-propagating high temperature synthesis composite materials based on transition metal borides</b> <i>R.G. Ablulkarimova, ICP, Kazakhstan</i>	<b>13</b>
<b>Method used to study modifying properties of inorganic radicals such as shs-products at rotation</b> <i>L. Mukhina, ICP, Kazakhstan</i>	<b>16</b>

Z., Dannongoda Ch., Martirosyan K. Superconducting Properties of MgB<sub>2</sub> Doped with Grapheme Produce by SHS Method. // Proceedings and Abstracts Book.

7.Tolendiuly S. Fomenko S.M., Abdulkarimova R.G., Mansurov Z.A., Dannangoda G.C. and Martirosyan K.S. The Effect of MWCNT Addition on Supperconducting Properties of MgB<sub>2</sub> Fabricated by High-Pressure Combustion Synthesis // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. - 2016 - Vol. 25, N 2. - P. 97–101.

## **КОАКСИАЛЬНОЕ ПЛАМЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**Лесбаев Б.Т.<sup>1,2</sup>, Приходько Н.Г.<sup>2,3</sup>, Нажипкызы М.<sup>1,2</sup>, Смагулова Г.Т.<sup>1,2</sup>, Устаева Г.С.<sup>1,2</sup>,  
Кемельбекова А.<sup>1</sup>, Мансуров З.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт Проблем Горения, Богенбай Батыра 172, Алматы, Казахстан*

<sup>3</sup> *КазНУ им. аль-Фараби, проспект аль-Фараби 7, Алматы, Казахстан*

<sup>3</sup> *АУЭС, ул. Байтурсунова 126, Алматы, Казахстан, \*E-mail:lesbayev@mail.ru*

В работе приведены результаты исследований по синтезу в коаксиальном пламени бензола и ацетилен фуллеренов C<sub>60</sub> при низком давлении и результаты исследований по синтезу графена в коаксиальном пламени пропана и спирта при атмосферном давлении.

### **Введение**

В настоящее время достаточно полно изучены вопросы, связанные с процессами образования в пламени сажи, фуллеренов [1] и углеродных нанотрубок [2]. Но, несмотря на многочисленные исследования, проблемы, связанные с контролем процесса образования конечных продуктов горения, остаются нерешенными. В настоящее время исследования, связанные с зарождением и ростом твердого углеродного продукта в пламени указывают, что их формирование происходит не мгновенно, а через ряд реакций между короткоживущими промежуточными частицами (радикалы, ионы, молекулы и т.д.) [3,4]. Состав, структура и свойства формирующихся конечных продуктов горения в пламени зависит от плотности, от концентрации и от природы образующихся промежуточных частиц. Эти параметры являются индивидуальными для каждого вида топлива в зависимости от его химического состава. Исходя из вышеизложенного, в предложенной работе приведены результаты исследований по применению коаксиальных пламен для управления процессами образования углеродных наноматериалов в пламени путем изменения состава и концентрационной плотности промежуточных частиц в объединенной зоне пламени.

### **Экспериментальная часть.**

В работе используются горелки в которых организован процесс коаксиального горения разных топлив, когда в пламени начальная стадия горения для разных видов топлив происходит в индивидуальном порядке, с дальнейшим объединением пламен на определенной высоте от матрицы горелки с образованием совмещенной реакционной зоны.

Авторами были проведены экспериментальные исследования процесса образования фуллеренов при горении бензол-кислородной смеси, а также коаксиального пламени

бензола и ацетилена при низком давлении. Исследования по синтезу фуллеренов проводились при горении паров бензола с кислородом при атомарном соотношении  $C/O = 1$  с добавлением 10% аргона по объему при давлении в горелке  $P = 40-45$  Торр. Подача бензола в количестве 1 мл/мин, обеспечивало объемный расход паров в количестве  $C_6H_6 = 250$  см<sup>3</sup>/мин. Спектр инфракрасного поглощения фуллерена  $C_{60}$  содержит 4 пика, по которым определяли процентное содержание фуллеренов в экстрактах сажи.

Проведенные исследования показали, что при горении бензол-кислородной смеси при давлении в системе 35-40 Торр и соотношении углерода к кислороду 0,75-0,95 в полученном экстракте сажи содержится до 1% процента фуллеренов  $C_{60}$ . Не изменяя условий эксперимента, мы исследовали процесс синтеза фуллеренов в коаксиальном пламени бензола и ацетилена. Пламя предварительно-перемешанной бензол-кислородной смеси снаружи опоясывало предварительно-перемешанное пламя ацетилен-кислородной смеси в стехиометрическом соотношении. На рисунке 1 представлен ИК- спектр экстракта сажи, полученный в коаксиальном пламени бензола и ацетилена.

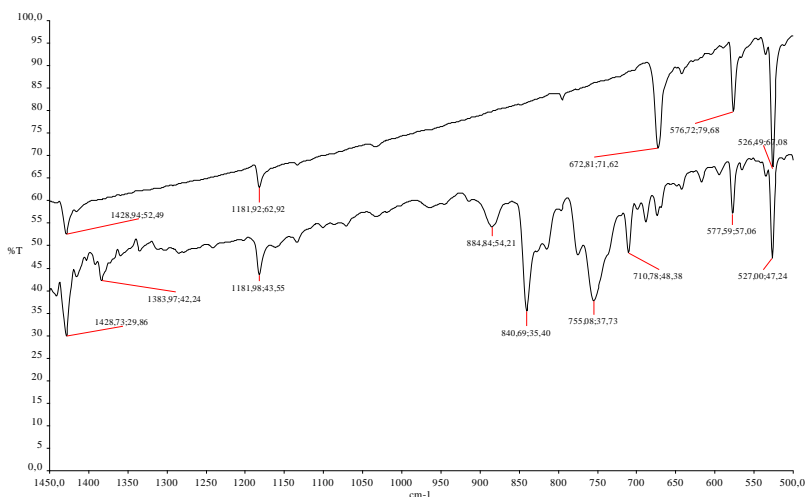


Рисунок 1 - ИК- спектр экстракта сажи полученный в коаксиальном пламени бензола и ацетилена (2), спектр фуллерена  $C_{60}$ (1)

В коаксиальном пламени ацетилена и бензола содержание фуллерена  $C_{60}$  в саже увеличилась до 20%. Резкое повышение выхода фуллеренов в коаксиальном пламени бензола и ацетилена мы объясняем следующими предположениями. В пламени бензола происходит интенсивное образование радикалов арила и фенола, а в пламени ацетилена происходит интенсивное образование радикалов  $НСО$ ,  $НССО$ ,  $С_2$ . В объединённой зоне коаксиального пламени бензола и ацетилена увеличивается вероятность протекания реакций между радикалами арила и фенола с радикалами  $НСО$ ,  $НССО$ ,  $С_2$ , которые приводят к формированию фрагментов структур, содержащих пятичленное кольцо. Структуры, содержащие пятичленные кольца, соединяясь со структурами содержащие шестичленные кольца, образуют чашеобразную структуру, которая является зародышем фуллерена. Таким образом, повышение концентрации зародышей фуллеренов приводит к интенсивному формированию фуллеренов в объединенной зоне коаксиального пламени.

Мы также исследовали синтеза графенов в коаксиальном пламени пропана и паров этанола. Проведенные исследования показали, что организовывая коаксиальное горение разных топлив можно повышать общую температуру пламени. В коаксиальном пламени

пропана и этанола в случае, когда спирт подавался в среднюю часть пламени, максимальное повышение, составляет более 200°C.

На следующем рисунке представлен Раман спектр и Раман карта графенов синтезированных на поверхности никелевой подложки в коаксиальном пламени, когда этанол горит внутри, а пропан по краю пламени.

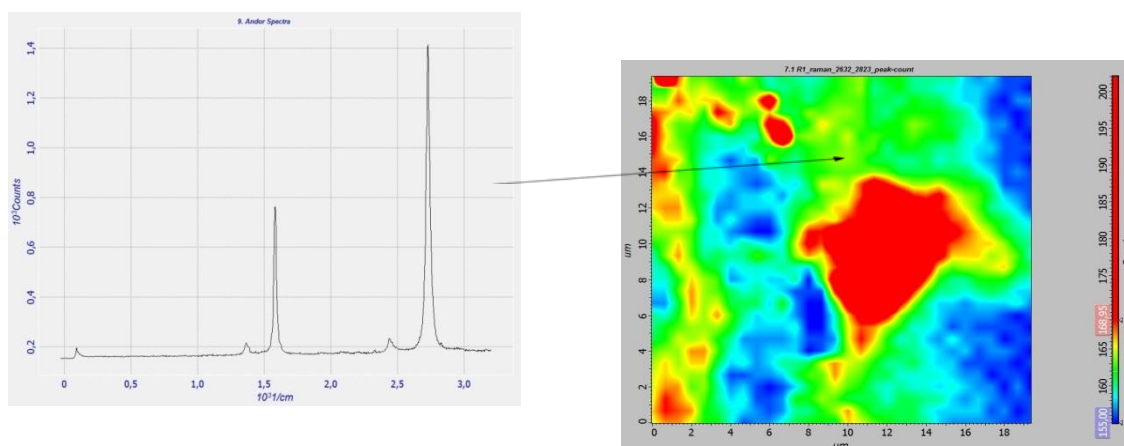


Рисунок 1 - Раман спектр и Раман карта графенов синтезированных на поверхности никелевой подложки в коаксиальном пламени пропана и этанола.

Процесс образования графенов в пламени на поверхности никелевой пластины можно объяснить двумя механизмами наиболее близких к нашим условиям экспериментов. Первый механизм основывается на способности углерода растворяться в нагретых металлах и при охлаждении происходит образование графеновых слоев «выпотеванием» углерода. В последнее время совершенствованием данного метода разработаны способы получения графеновых слоев на поверхности многих металлов: Ni, Pd, Mo, Re, Ir, Pt и др. [51,52].

Второй механизм связан с формированием на поверхности металлической подложки графеновых слоев путем сборки из свободных углеродных атомов, образующихся в процессе горения топлива. Центрами роста в этом случае выступают дефекты кристаллической решетки на поверхности никелевой подложки.

Результаты проведенных исследований показывают, что при образовании графена в пламени более предпочтителен второй механизм, когда углеродсодержащий газ, термически разлагается над поверхностью металлической подложки, затем происходит сборка графенового слоя из образовавшихся углеродных атомов. В пользу этого механизма говорит то, что заметное растворение углерода в никеле начинается при температурах которые не достигаются в пламени. Также нужно учесть тот факт, что для растворения углерода на поверхности никелевой пластины необходимо большее время, а образование графенового слоя в наших экспериментах происходит за время порядка 30 с.

Интенсификация процесса образования графена в коаксиальном пламени пропана и этанола происходит по следующим предположениям. Процесс образования графенов в пламени является результатом сложной последовательности реакций, конкурирующих с сажеобразованием. Этанолу характерна высокая активность при горении по сравнению с пропаном. Основной причиной этого является диссоциация этанола при высоких температурах пламени, которая приводит к образованию активных радикалов ускоряющих процесс окисления топлива. При температуре свыше 700°C часть молекул этанола подвергается термическому распаду с образованием ОН радикала. И при дальнейшем окислении этанола за счет внедрения атомов кислорода между атомами углерода и водорода

образуются молекулы содержащие группу ОН. Это процесс ускоряет окисление сажевых зародышей, и снижают процесс сажеобразования, которая конкурирует с процессом образования графенового слоя. Пламя пропана в основном выступает в роли поставщика свободных атомов углерода. Таким образом, в объединенной зоне коаксиального пламени пропана и этанола за счет горения этанола ускоряется процесс окисления сажевых зародышей и повышается вероятность образования графена за счет сборки из свободных углеродных атомов, образующихся в пламени пропана.

### **Литература**

1. Мансуров З.А. Образование сажи полициклических ароматических углеводородов, фуллеренов и углеродных нанотрубок при горении углеводорода // Инженерно физический журнал. Том 84 – Минск, 2011. – С. 116-149.
2. Раков, Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: учебное пособие. – М.: Логос, 2006. – 376 с.
3. Appel J., Bockhorn H., Frenklach M. Kinetic modeling of soot formation with detailed chemistry and physics: laminar premixed flames of C<sub>2</sub> hydrocarbons // Combustion and Flame. – 2000. – Т. 121. – №. 1. – С. 122-136.
4. Height M. J. J.B Howard, J.W Tester, J.B Vander Sande. Flame synthesis of single-walled carbon nanotubes // Carbon. – 2004. – Т. 42. – №. 11. – С. 2295-2307.
5. Kim K.S., Zhao Y., Jang H., Lee S.Y., Kim J.M., Kim K.S., Ahn J.-H., Kim P., Choi J.-Y., Hong B.H. Large-scale pattern growth of graphene films for stretchable transparent electrodes // Nature, 2009, 457, 7230, 706-710.
6. Reina A., Jia X., Ho J., Nezich D., Son H., Bulovic V., Dresselhaus M.S., Kong J. Large area, few-layer graphene films on arbitrary substrates by chemical vapor deposition // Nano Lett., 2009, 9, 1, 30-35.

## **SELF-PROPAGATING HIGH TEMPERATURE SYNTHESIS COMPOSITE MATERIALS BASED ON TRANSITION METAL BORIDES**

**R.G. Abdulkarimova, A.J. Seidualieva, A.Spabekova, Z.A. Mansurov**

The Institute of Combustion Problems, 050012, Almaty, 172 Bogenbai Batyr Str., Kazakhstan  
[abdulkarimovaroza@mail.ru](mailto:abdulkarimovaroza@mail.ru)

### **Abstract**

The aim of this investigation is self propagating high temperature synthesis (SHS) of composition materials with a wide range of phase compositions using borate ore of Inder deposite of the Republic of Kazakhstan.

### **Introduction**

Development of new composition ceramic materials with a unique set of properties and simultaneously a high level of physic-chemical properties is the most important and actual task of modern materials science. Often it is impossible to solve this problem within the framework of notions on equilibrium states and it is necessary to use new approaches and methods of synthesis of a special class of composition ceramic materials [1].