

## Резюме проекта, выполняемого в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 3

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.613.21.0010

Тема: «Развитие теории образования и разработка эффективного метода синтеза эндоэдральных металлофуллеренов, исследование их свойств и возможностей применения»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика; Транспортные и космические системы; Науки о жизни; Индустрия наносистем; Рациональное природопользование; Информационно-телекоммуникационные системы

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 27.08.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 52.40 млн. руб.:

Бюджетные средства 26.20 млн. руб.,

Внебюджетные средства 26.20 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук

Иностраный партнер: Graduate School of Science, Division of Material Science, Department of Chemistry, Nagoya University

Ключевые слова: углеродные кластеры, фуллерены, эндоэдральные металлофуллерены, плазмо-химический синтез, сборка наноструктур

#### 1. Цель проекта

Разработка эффективного дугового плазменно-химического метода синтеза эндоэдральных металлофуллеренов на основе теоретических и экспериментальных исследований, их получение и исследование оптических, электронных и магнитных свойств для целей электроники, оптики и спинтроники

#### 2. Основные результаты проекта

Разработана методика экстракции из углеродного конденсата органическими растворителями и выделения с помощью аналитической хроматографии индивидуальных эндофуллеренов (одноатомных:  $M@C_{82}$  ( $M=Sc, Y, La, Gd$ );  $Ca@C_n$  ( $n=72, 74, 82, 84, 94$ ); двухатомных:  $Ce_2@C_{80}$ ,  $Er_2@C_{80}$ ,  $Sc_2@C_{84}$ ). Выделены HPLC методом из полученных экстрактов индивидуальных ЭМФ и исследованы их основные свойства. Разработана модель образования ЭМФ в плазме дугового разряда и написан алгоритм расчёт выхода фуллеренов в процессе синтеза в зависимости от параметров плазмы.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

1. Изобретение, заявка №2015111279 от 27.03.2015 "Способ синтеза эндоэдральных фуллеренов в плазме высокочастотной дуги при атмосферном давлении", РФ
2. Полезная модель, заявка №2015147088 от 02.11.2015 "Устройство для синтеза фуллеренов и эндоэдральных фуллеренов во вращающейся углеродно-гелиевой плазме", РФ.
3. Ноу-хау №1/2015 от 30.11.2015 "Технология получения сорбента для жидкостной колоночной хроматографии на основе Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с нанесенным тонким слоем углерода", РФ.
4. Ноу-хау №2/2015 от 30.11.2015 "Способ увеличения содержания фуллеренов и эндоэдральных металлофуллеренов в углеродном конденсате, образующемся в струе углеродно-гелиевой плазмы, в 1,5-2 раза без изменения параметров синтеза", РФ.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Достигнутые результаты могут быть использованы в лабораториях и организациях, занимающихся производством, исследованием свойств и практическими применениями ЭМФ. Способность ЭМФ включать атомы металлов с интересными оптическими, магнитными и радиоактивными свойствами делает их потенциальными кандидатами для применений в различных областях, таких как фотогальванические устройства, элементы наноэлектроники и оптоэлектроники, в биомедицинской инженерии и т.д. ЭМФ являются перспективными материалами с рядом потенциальных интересных приложений, связанных с магнетизмом, сверхпроводимостью и нелинейными оптическими свойствами. Поскольку для ЭМФ разница в энергии между HOMO и LUMO зависит от состава внутреннего кластера, размера и симметрии углеродной клетки, а также от наличия внешних функциональных групп, ширина запрещенной зоны может быть точно настроена путем изменения металлического кластера для различных потенциальных приложений в оптике и наноэлектронике. Явления фотоиндуцированного переноса заряда при использовании эндоэдральных фуллеренов в качестве акцептора электронов в электронных донорно-акцепторных диадах (совместно с молекулами-донорами порфиринов, фталоцианинов, их производных и др.) даёт возможность создания перспективных фотоэлектрических материалов, которые будут использоваться в фотовольтаических системах преобразования солнечной энергии.

Некоторые эндоэдральные фуллерены с большим временем жизни спиновых состояний могут в будущем использоваться в квантовых вычислениях или устройствах спинтроники. Относительная инертность углеродной структуры ЭМФ делает эти соединения идеально подходящими для медицинских применений. ЭМФ могут применяться, например, в качестве носителя атомов радиоактивных изотопов для использования в ядерной медицине, в качестве радиоактивной метки или как эффективного контрастного вещества для магнитно-резонансной томографии.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Эффект от внедрения результатов проекта на данном этапе отсутствуют

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Формы и объемы коммерциализации результатов проекта на данном этапе отсутствуют

## **7. Наличие соисполнителей**

Данный проект выполнялся без привлечения соисполнителей.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.