

ҚР БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
ӘЛ-ФАРАБИ АТ. ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ФИЗИКА
ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ
АШЫҚ ТҮРДЕГІ ҰЛТТЫҚ НАНОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
ЗЕРТХАНА

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE RK
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY
SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
AND THEORETICAL PHYSICS
NATIONAL NANOTECHNOLOGY OPEN LABORATORY

«ФИЗИКАНЫҢ ЗАМАНАУИ ЖЕТІСТІКТЕРІ ЖӘНЕ
ІРГЕЛІ ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ» атты
9-ші Халықаралық ғылыми конференцияның
ТЕЗИСТЕР ЖИНАҒЫ
12-14 қазан, 2016, Алматы, Қазақстан

СБОРНИК ТЕЗИСОВ
9-ой Международной научной конференции
«СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ФИЗИКИ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»
12-14 октября, 2016, Алматы, Казахстан

BOOK OF ABSTRACTS
of the 9th International Scientific Conference
«MODERN ACHIEVEMENTS OF PHYSICS AND
FUNDAMENTAL PHYSICAL EDUCATION»
October, 12-14, 2016, Kazakhstan, Almaty

Алматы
«Қазақ университеті»
2016

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК PECVDМЕТОДОМ

Д.Г. Батрышев^{1,3}, Т.С. Рамазанов², М.К. Досболаев², М.Т. Габдуллин³,
Е. Ерланулы^{1,3}

¹Лаборатория инженерного профиля, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

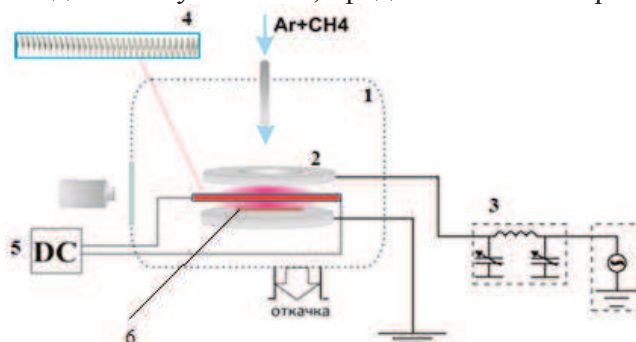
²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, КазНУ им. аль-Фараби

На сегодняшний день углеродные нанотрубки (УНТ) представляют большой интерес, как для фундаментальных научных исследований, так и для прикладных, это обусловлено тем, что УНТ имеют уникальные физическо-химические свойства. Более того, практическое применение УНТ настолько разнообразно, что ее применяют в строительстве (упрочнение легких материалов), энергетике (топливные элементы), электронике (дисплеи, транзисторы, суперконденсаторы и компьютеры на их основе и т.д.), медицине (лечение онкологических заболеваний) и т.д.[1-2].

В настоящее время существуют различные методы синтеза УНТ, среди которых наиболее широкое применение получили методы электродугового распыления (ЭДР) графита [3], лазерная абляция [4], метод химического осаждения углеродсодержащих паров на катализаторах (CVD) [5] и метод PECVD с применением усиленной плазмы [6].

В данной работе рассматривается синтез УНТ методом химического осаждения из газовой фазы усиленной плазмы высокочастотного емкостного разряда, который состоит из двух этапов. Первый этап – процесс формирования нанокластеров (островков) никеля на поверхности кремневой подложки, которые являются основой для роста УНТ по модели паржидкость-кристалл (ПЖК). Для реализации данного этапа, в рабочей камере, после установления высокого вакуума подается поток аргонового газа (Ar) до давления порядка 4 Тор, затем с помощью источника питания включают нагревательный элемент. После того как нагревательный элемент достигает температуру 750 °С, на верхний электрод с помощью высокочастотного (ВЧ) генератора с частотой 13,56 МГц подают ВЧ напряжение с мощностью 5-15 Вт, вследствие которого поджигается аргоновая плазма и выдерживается в течение 15 минут, вследствие которого на поверхности кремневой подложки появляются нанокластеры никеля. Эксперимент проводится на установке, представленной на рисунке 1.



1- рабочая камера, 2 – ВЧ электроды, 3 – ВЧ генератор, 4 – нагревательный элемент, 5 – источник питания нагревательного элемента, 6 – кремниевая подложка с каталитическим нанослоем.

Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки для синтеза УНТ PECVD методом

Второй этап эксперимента – синтез УНТ PECVD методом. После получения нанокластеров никеля для синтеза УНТ в рабочую камеру напускается дополнительный реакционный углеродосодержащий газ – метан (CH_4) до давления 5 Тор. Далее синтез УНТ проводится на протяжении 15 минут. УНТ проводился на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1.

В результате эксперимента на поверхности кремневой подложки образовались нанокластеры никеля и осаждались углеродные наночастицы, об этом свидетельствуют исследования сканирующей электронной микроскопией (рисунок 2), тогда, как внутри кварцевой трубки с нагревателем образовалась сажевое осаждение. Результаты анализа полученной сажи Раманской спектроскопией и сканирующей электронной микроскопией свидетельствуют о том, что внутри сажи присутствуют УНТ (рисунок 3).

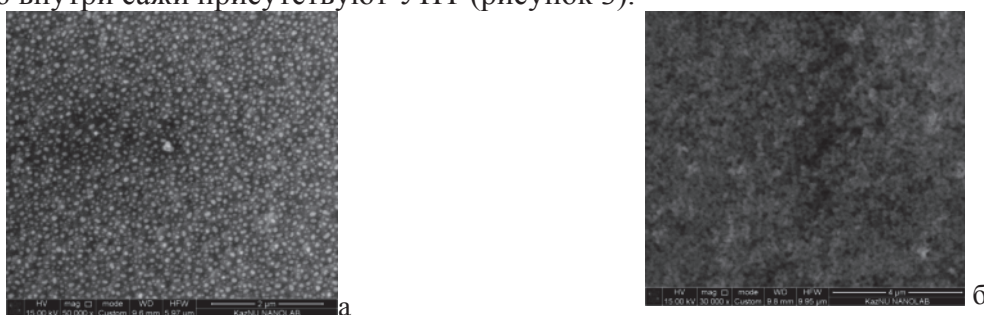


Рисунок 2 – СЭМ изображение полученных нанокластеров никеля и наночастиц углерода на поверхности кремневой подложки

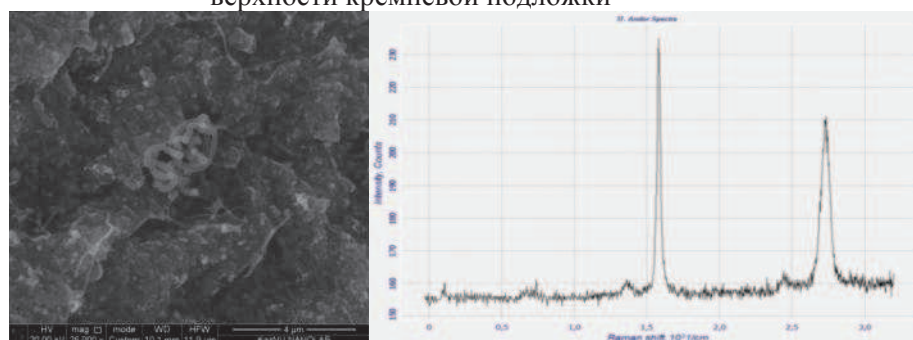


Рисунок 3 – СЭМ изображение и Раманский спектр полученных УНТ PECVD методом

Синтез УНТ внутри кварцевой трубки объясняется с тем, что материалом нагревателя является нихром ($\text{Ni}+\text{Cr}$), и при нагревании из материала выделялась малая доля никеля, который служил катализатором роста УНТ. Таким образом, в данной работе были синтезированы УНТ PECVD методом.

Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3214/ГФ4.

1. A.C. Dillon et al., Nature 386, 377 (1997).
2. Y. Akai and S. Saito // Jpn. J. Appl. Phys. 42, 640 (2003).
3. X.A. Абдуллин, М.Т. Габдуллин, Т.С. Рамазанов, Д.Г. Батрышев, Д.В. Исмаилов, Д.В. Щур // Вестник КазНУ, физическая, 2(53), С. 68-72, (2015)
4. A. Thess et al., Science 273, 483 (1996).
5. Abdullin Kh.A., Batryshev D.G., Chihray E.V., Gabdullin M.T., Ismailov D.V., Kim B.G., Togambaeva A.K., Canadian J. of Phys. Vol. 92, №. 7/8., P. 813-818, (2014)
6. G. Zhong, T. Iwasaki, K. Honda, Y. Furukawa, I. Ohdomari, and H. Kawarada, Jpn. J. Appl. Phys. 44, 1558 (2005).

энергии выпали на август-сентябрь 2016 года, поэтому величина суммарной пиковой мощности при солнечной инсоляции в летние месяцы будет больше. Плюс к этому можно еще уменьшить теплотери, которые присущи опытному образцу. Таким образом, хотя достигнутая в ходе натурных испытаний величина суммарной пиковой мощности для прототипа около 200 Вт, возможности предлагаемой конструкции концентраторного монолитного трехэлементного тепло-фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии полностью не реализованы.

Важно отметить, что использование в системах с концентраторами солнечных элементов большой площади позволяет существенно снизить требования к точности механических узлов следящей системы и, соответственно, уменьшить ее себестоимость. Использованной системы было вполне достаточно для фиксации светового пятна на активных элементах системы в течение светового дня.

Работа выполнена по гранту 3077/ГФ4 МОН РК.

ГИДРИРОВАНИЕ ФУЛЛЕРИТА C₆₀

Х.А. Абдуллин¹, М.Т. Габдуллин¹, Т.С. Рамазанов¹, Д.В. Щур³, Д.Г. Батрышев^{1,2},
Д.В. Исмаилов¹, Д.С. Керимбеков^{1,2}, Е. Ерланулы¹

¹Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа при КазНУ им. аль – Фараби, Алматы, Казахстан

²Лаборатория инженерного профиля КазНУ им. аль – Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН, г. Украина Украины

В настоящее время мир столкнулся с нехваткой электроэнергии и угрозой экологического кризиса, который ставит реальные задачи сохранения традиционных источников энергии и поиска альтернативных. Основными альтернативными источниками является энергия солнца, энергия ветра, энергия морских волн и т.д. В частности, водород, запасы которого неисчерпаемы, является весьма перспективным топливом и источником энергии. Неоспоримым достоинством водородного топлива являются относительная экологическая безопасность его использования, возможность прямого преобразования химической энергии в электричество, минуя фазу перевода энергии в тепло, приемлемость для автомобильных и других двигателей без существенного изменения их конструкции [1-2], высокая калорийность, возможность длительного хранения, не токсичность и др.

Одной из проблем водородной энергетики является то, что газообразный водород имеет низкую плотность, поэтому при его транспортировке и хранении возникают некоторые трудности. Проблемы, которые возникают при связанном хранении водорода – это получение оптимальной среды для хранения водорода, в которой большая емкость водорода может накапливаться обратимым образом. Это либо хранение в химически связанном виде (гидриды), либо хранение с использованием управляемых процессов сорбции - десорбции водорода некоторыми интерметаллидными соединениями. В связи с этим на сегодняшний день исследование новых материалов для хранения является весьма актуальным.

Различные классы материалов уже были исследованы в качестве потенциальных кандидатов для хранения (накопления) водорода, однако подходящие материалы до сих пор не разработаны. В качестве весьма перспективного варианта рассматривается хранение водорода в фуллеренах [3-4]. Фуллерен – это аллотропная модификация углерода, представляющая

собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёх координированных атомов углерода [5-6]. С открытием данной углеродной структуры [6] в научных кругах появился огромный интерес их физико-химическим свойствам. В основном внимание было на водородно-сорбционные свойства фуллеренов [3,7-9]. Теоретически перспектива применение в качестве накопителя водорода выглядит достаточно оптимистично. В случае присоединения к каждому атому углероду по одному атому водорода (что в полнее вероятно) имеет возможность получение сорбирующей матрицы на основе этих материалов.

На данный момент в нашей работе мы отработали метод каталитического гидрирования фуллеренов как способ хранения водорода. Для осуществления работы по гидрогенизации образцов фуллерена была отработана методика на основе определения водород-сорбционных характеристик образцов при различных значениях давления и температуры. В результате были получены наводороженные фуллерены C₆₀ и изучены скорости взаимодействия фуллеритов C₆₀ с водородом. Также автором удалось уменьшить время взаимодействия водорода с помощью предварительного отжига образцов в вакууме, и были получены гидрофуллериты с содержанием водорода около 7,3мас.% Н.

Нам удалось выяснить, что процесс гидрогенизации фуллеренов включает формирование C-H связей в результате разрушения двойных C=C связей фуллеренов и H-H связей молекулярного водорода [7-9]. Несмотря на то, что реакция гидрогенизации является экзотермической, требуется дополнительная энергия для разрыва этих связей. Таким образом, необходимо преодолеть определенный энергетический барьер для осуществления реакции.

Исследования проводились в рамках программы МОН РК: 0265/ПЦФ «Разработка новых углеродных наноматериалов широкого спектра применения», 2015-2017гг.

Литература

1. Schlapbach, L.; Zuttel, A., Hydrogen-storage materials for mobile applications. *Nature* 2001, 414, (6861), 353-358.
2. Schlapbach, L., Technology: Hydrogen-fuelled vehicles. *Nature* 2009, 460, (7257), 809-811.
3. Shigematsu K., Abe K., Mitani M., Tanaka K., Catalytic hydrogenation of fullerene C₆₀ // *Chem. Express.* – 1992. – V.7, N12. – P.37-40.
4. Dresselhaus m.S., Williams K.a., Eklund P.C., Hydrogen absorption in carbon materials// *MRS Bellitin.* – 1999. – V.24, N11. – P.45-50.
5. Otah G.A., Bucsi L. Chemical reactivity and functional of C₆₀ and C₇₀ fullerenes // *Carbon.* –1992. –Vol.30. –P.1203-1211.
6. Kroto, H. W.; Heath, J. R.; O'Brien, S. C.; Curl, R. F.; Smalley, R. E., C-60 - Buckminsterfullerene. *Nature* 1985, 318, (6042), 162-163.
7. Jin C., Hettich R., Compton R., Joyce D., Blencoe J., Burch T. Direct solid-phase hydrogenation of fullerenes// *J. Phes. Chem.* – 1994. – V.98. – P.4215.
8. Henderson, C. C.; Cahill, P. A., C₆₀H₂ - Synthesis of the Simplest C₆₀ Hydrocarbon Derivative. *Science* – 1993. – V.259, N.5103 – P. 1885-1887.
9. Schur D.V., Zaginaichenko S.Yu., Savenko A.F., Bogolepov V.A. // *IntJHydrogenEnergy.* - 2011. –Vol.36(1). –P. 1143-1151.
10. Абдуллин Х.А., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С., Батрышев Д.Г., Исмаилов Д.В., Щур Д.В. // *Вестник КазНУ, серия физическая*, 2015, Том 52, №1, с.40-45.

АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФУЛЛЕРЕНОВ

Х.А. Абдуллин¹, М.Т. Габдуллин¹, Д.Г. Батрышев^{1,2}, Д.В. Исмаилов¹, Д.С. Керимбеков^{1,2}, С.А. Сарбай¹, С.Л. Ли¹

¹Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, г. Алматы, Казахстан

²Лаборатория инженерного профиля КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Антифрикционные материалы (от англ. friction – трение) – это группа материалов, обладающих низким коэффициентом трения, или материалы, способные уменьшить коэффициент трения других материалов. Особенно привлекает антифрикционные материалы на основе фуллеренов [1].

В последние годы, антифрикционные материалы привлекают большое внимание ученых практически во всем мире. Этот материал имеет очень высокий потенциал для использования в качестве добавок в различных индустриях. В связи с тем, что материалов имеющих необходимые антифрикционные характеристики не так много, для уменьшения трения применяют смазочные материалы. Самосмазывающиеся подшипники получают методом порошковой металлургии из материалов различной комбинации: железо – графит, железо – медь – графит или бронза – графит. Графит вводят в количестве 1...4%. После спекания в материале сохраняется 15...35% пор, которые затем заполняют маслом. Масло и графит смазывают трущиеся поверхности [2]. Смазки наиболее применяемый вид материалов, которые способны изменять коэффициент трения трущихся поверхностей. И в дальнейшем мы планируем разработать антифрикционную жидкость в виде смазки. Для этого мы разрабатываем смазки на основе графитовых материалов, то есть на основе фуллеренов. Фуллеренные антифрикционные смазки предназначены для смазывания грубых тяжело - нагруженных механизмов (открытых шестеренчатых передач, резьбовых соединений, ходовых винтов, домкратов, рессор и др.). Допускается применять смазку при температуре ниже -20°C в рессорах и аналогичных устройствах. Смазка работоспособна при температурном интервале применения от -20 до 60°C [3-4].

В нашей работе используется машина трения им. Темкина (рис.1) для смазывающих материалах (жидкостях) с присутствием фуллеренов. Данная машина дает возможность оперативно проверить качество смазывающих материалов на удержание масляной плёнки в парах трения при различных нагрузках. Машина Темкина имитирует работу какого-либо узла рабочих механизмов, где смазывающие материалы играют важную роль в скорости износа деталей данных узлов.

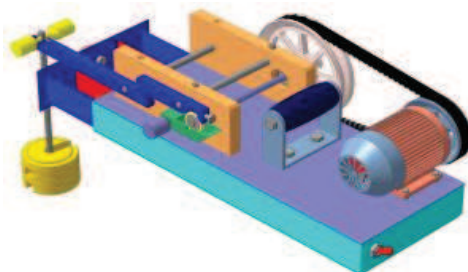


Рисунок 1. – Общая вид установки машина трения им. Темкина

В начальный момент трения происходит диспергирование верхних слоев пары трения с образованием тонкодисперсных частиц материала. Взаимодействуя со средой и с активными металлами окисленные формы материала восстанавливаются, и происходит химические соединения. В дальнейшем при установившемся режиме контактирующие поверхности покрыва-

ваются тонкой пленкой материала, которая резко увеличивает фактическую площадь контакта (более чем в 10 раз). Это способствует увеличению *долговечности* узлов трения.

Таким образом, полученные смазочные материалы дают возможность к повышению коэффициента полезного действия на 1% приводит к увеличению мощности двигателя примерно на 4%, так как 25% КПД соответствует полной мощности двигателя. Снижение потерь в этой паре способствует не только увеличению мощности, но и значительной экономии топлива [6].

Исследования проводились в рамках программы МОН РК: 0265/ПЦФ «Разработка новых углеродных наноматериалов широкого спектра применения», 2015-2017гг.

Литература

1. М.А. Броневец. Теория трения, износа и проблемы стандартизации // М.А. Броневец и др. Брянск: Приокское книжное издательство. 1978. – 397 с.
2. В.А. Гольгаде. Ингибиторы изнашивания металлополимерных систем // В.А. Гольгаде, В.А. Струк, С.С. Песецкий. – М.: Химия, 1993. – 240 с.
3. Talyzin A.V. New Fullerene Materials Obtained in Solution and by High Pressure High Temperature Treatment Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 663. -2001. -54 p. Uppsala. ISBN 91-554-5138-1.
4. D.V. Schur, M.T. Gabdullin, S.Yu. Zaginaichenko, T.N. Veziroglu, M.V. Lototsky, V.A. Bogolepov, A.F. Savenko Experimental SET-UP for investigations of hydrogen-sorption characteristics of carbon nanomaterials // Int. J. Hydrogen Energy, 10.1016/j.ijhydene.2015.08.087.
5. Report on the research project "Technology fullerene synthesis and hydrogenation for hydrogen storage" for -2013-2015- МЕС РК.
6. В.И. Мигунов, Л.А. Чатынян, Е.В. Иванов, Г.С. Антонова, Т.А. Соловьева. Износостойкие антифрикционные материалы для узлов трения, 1982.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ Фуллеренов, ПОЛУЧЕННЫХ В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ В АТМОСФЕРЕ ГЕЛИЯ

М.Т. Габдуллин¹, Т.С. Рамазанов¹, Х.А.Абдуллин¹, Д.В. Щур³, Д.Г.Батрышев²,
Д.В.Исмаилов¹, Д.С.Керимбеков²

¹Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Лаборатория инженерного профиля КазНУ им.аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Украина, г. Киев

Фуллерен — молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода [1].

В настоящей работе представлены результаты исследования свойств фуллеренов, его характеристик, оптимальные условия при которых достигнуты наибольший выход фуллеренов. Поиски экспериментаторов найти более дешёвые и производительные способы получения граммовых количеств фуллеренов (сжигание углеводородов в пламени, химический синтез и др.) к успеху не привели как метод «дуги».

Фуллерены, полученные методом электродугового разряда не содержат кислород, и поэтому дуговой метод является самым продуктивным и по-прежнему остаётся единственным подходящим методом получения чистых фуллеренов (производительность около 1 г/час)[2-3].

Показанная установка реализует получение граммовых количеств фуллеренов путём сжигания графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях. В процессе эрозии анода на стенках камеры оседает сажа, содержащая некоторое количество фуллеренов. Стенки камеры охлаждаются проточной водой. Форвакуумный насос обеспечивает вакуум в камере реактора. Впоследствии удалось подобрать оптимальные параметры испарения электродов (давление, состав атмосферы, ток, диаметр электродов), при которых достигается наибольший выход фуллеренов, составляющий в среднем 3-12 % материала анода, что, в конечном счёте, определяет высокую стоимость фуллеренов.

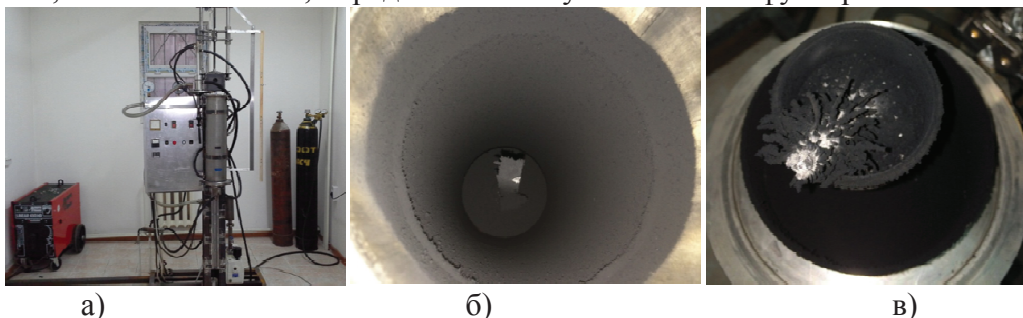


Рисунок 1 – а) Общий вид установки дугового синтеза. б), в) сажа в реакторе после синтеза

Сажа растворяется в бензоле или толуоле и из полученного раствора выделяется в чистом виде граммовые количества молекул C₆₀ и C₇₀ в соотношении 3:1 и примерно 2 % более тяжёлых фуллеренов. О наличии в составе раствора фуллеренов свидетельствует специфическая окраска. В течение 12 часов допускаем растворение, а после пропускается через фильтр для разделения сажи от фуллеренов. Дальнейшие исследования проводились на оптическом микроскопе и Рамановской спектроскопии.

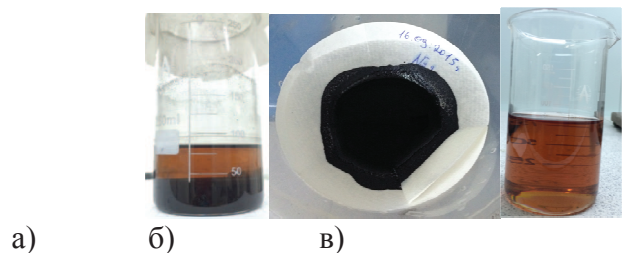


Рисунок 2 – Процесс разделения

Результаты оптического микроскопа позволяют увидеть в данных микроснимках наличие фуллеренов C_{60} и C_{70} и рассчитать размеры частиц.

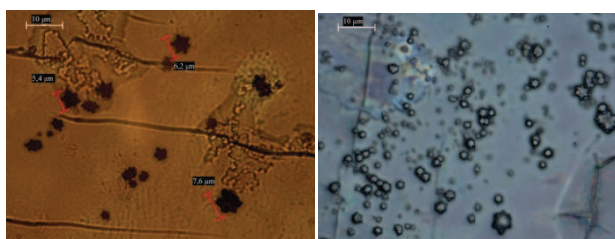
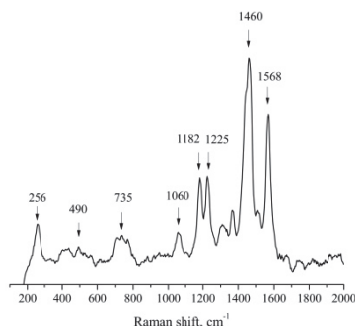


Рисунок 3 - Микроснимки фуллеренов

Рисунок 4 – Спектры фуллеренов C_{70}

Результаты Рамановской спектроскопии подтверждают о наличии C_{70} . Пики спектров соответствуют справочным данным.

Разделение смеси фуллеренов на индивидуальные молекулярные фракции производят с помощью жидкостной хроматографии на колонках и жидкостной хроматографии высокого давления (ЖХВД). Последняя используется главным образом для анализа чистоты выделенных фуллеренов, так как аналитическая чувствительность метода ЖХВД очень высока (до 0,01 %). Наконец, последний этап — удаление остатков растворителя из твёрдого образца фуллерена. Оно осуществляется путём выдерживания образца при температуре 150—250 °С в условиях динамического вакуума (около 0,1 торр) [4].

Исследования проводились в рамках программы МОН РК: 0265/ПЦФ «Разработка новых углеродных наноматериалов широкого спектра применения», 2015-2017гг.

1 Alexey A. Popov, Shangfeng Yang, Lothar Dunsch, Endohedral Fullerenes // Chem. Rev. – 2013. – Vol. 113. – P. 5989–6113.

2 Andreas Rüegg, Sinisa Coh, Joel E. Moore, // Phys. Rev. B. – 2013. – Vol. 88. – P. 155127.

3 Baoxing Xu, Xi Chen. // Phys. Rev. Lett. – 2013. – Vol. 110. – P. 156103.

4 Douglas A Knight, Joseph A Teprovich Jr, Andrew Summers, Brent Peters, Patrick A Ward, Robert N Compton and Ragaiy Zidan // Nanotechnology. – 2013. – Vol. 24. – P. 455601.