

**ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)**

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ӘЛЬ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ  
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИНІҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

AL-FARABI KAZAKH  
NATIONAL UNIVERSITY

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ**

**СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

**3 (319)**

**МАМЫР – МАУСЫМ 2018 ж.**

**МАЙ – ИЮНЬ 2018 г.**

**MAY – JUNE 2018**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

**Бас редакторы**  
ф.-м.ғ.д., проф., КР ҮФА академигі **F.M. Мұтанов**

**Редакция алқасы:**

**Жұмаділдаев А.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Өмірбаев Ү.Ү.** проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Жусіпов М.А.** проф. (Қазақстан)  
**Жұмабаев Д.С.** проф. (Қазақстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Қазақстан)  
**Бошкаев К.А.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Сұраған Ә.** корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Қыргызстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Белорус)  
**Пашаев А.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

**«КР ҮФА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Үлттық ғылым академиясы» РКБ (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде  
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы қуәлік

Мерзімділігі: жылдана 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Қазақстан Республикасының Үлттық ғылым академиясы, 2018

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Р е д а к ц и о н на я кол л е г и я:

**Джумадильдаев А.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Казахстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Умирбаев У.У.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Жусупов М.А.** проф. (Казахстан)  
**Джумабаев Д.С.** проф. (Казахстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Казахстан)  
**Бошкаев К.А.** доктор PhD (Казахстан)  
**Сураган Д.** чл.-корр. (Казахстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Кыргызстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Беларусь)  
**Пашаев А.** проф., академик (Азербайджан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2018

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

**E d i t o r i n c h i e f**  
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

**Dzhumadildayev A.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kalmenov T.Sh.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zhantayev Zh.Sh.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Umirbayev U.U.** prof. corr. member. (Kazakhstan)  
**Zhusupov M.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Dzhumabayev D.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Asanova A.T.** prof. (Kazakhstan)  
**Boshkayev K.A.** PhD (Kazakhstan)  
**Suragan D.** corr. member. (Kazakhstan)  
**Quevedo Hernando** prof. (Mexico),  
**Dzhunushaliyev V.D.** prof. (Kyrgyzstan)  
**Vishnevskyi I.N.** prof., academician (Ukraine)  
**Kovalev A.M.** prof., academician (Ukraine)  
**Mikhalevich A.A.** prof., academician (Belarus)  
**Pashayev A.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.  
**Tiginyanu I.** prof., academician (Moldova)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 319 (2018), 107 – 116

UDC 539.23; 539.216.1

**Ye. Yerlanuly<sup>1,3</sup>, D.G. Batryshev<sup>1,3</sup>, T.S. Ramazanov<sup>2</sup>, M.T. Gabdullin<sup>3</sup>,  
N.E. Ahmetzhanov<sup>3</sup>, N.E. Ahanova<sup>3,4</sup>, O. Omirzhanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratory of Engineering Profile, Al-Farabi Kazakh National University;

<sup>2</sup>Scientific and Research Institute of Experimental and Theoretical Physics,

Al-Farabi Kazakh National University;

<sup>3</sup>National Nanotechnological Laboratory of Opened Type, Al-Farabi Kazakh National University

Kazakhstan, 050040, Almaty, Al-Farabiavenue, 71;

<sup>4</sup>Kazakh-British Technical University, Kazakhstan, 050000, Almaty, Tole bi st. 59

[yerlanuly@physics.kz](mailto:yerlanuly@physics.kz) [batryshev@physics.kz](mailto:batryshev@physics.kz) [ramazan@physics.kz](mailto:ramazan@physics.kz) [gabdullin@physics.kz](mailto:gabdullin@physics.kz) [nazym@physics.kz](mailto:nazym@physics.kz)

## **EFFECT OF PLASMA PARAMETERS ON THE SYNTHESIS OF CARBON NANOMATERIALS BY THE PECVD METHOD**

**Abstract:** This work covers an experimental study of the effect of plasma parameters on the synthesis of carbon materials by the PECVD method. It was found that, depending on PECVD synthesis parameters in particular, temperature, discharge power, gas pressure, percentage of gas mixture and etc., a various carbon nanomaterials are synthesized. The obtained samples were analyzed by using of analytical equipment such as Quanta 3D scanning electron microscope (SEM, FEI USA), NThegra Spectra Raman spectroscopy and Leica optical microscope. Thus, the morphology and quality of the structure of the obtained samples (carbon nanoparticles (CNP), carbon nanofibres (CNF) and nanotubes (CNTs), carbon nanowalls (CNWs) and multilayered graphene sheets) were studied by optical and electron microscopies, as well as by the method of combined light scattering. Found, that with the increase of power of the radio-frequency discharge, the production of qualitative nanostructures is complicated by formation of their nanoclusters. For the synthesis of CNT, it is necessary to control the thickness of catalytic nanolayer, since the quality of CNT structures can be worsened by the formation of thicker nanofibers. The obtained experimental results can be used to determine the optimum PECVD synthesis condition to synthesize various carbon nanomaterials.

**Keywords:** carbon nanoparticles, carbon nanofibers, carbon nanotubes, carbon nanowalls, multilayer graphene, radio-frequency (RF) discharge plasma.

УДК 539.23; 539.216.1

**Е. Ерланулы<sup>1,3</sup>, Д.Г. Батрышев<sup>1,3</sup>, Т.С. Рамазанов<sup>2</sup>,  
М.Т. Габдуллин<sup>3,4</sup>, Н.А. Ахметжанов<sup>3</sup>, Н.Е. Аханова<sup>3,4</sup>, О. Омиржанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Лаборатория инженерного профиля, КазНУ им. аль-Фараби,

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, КазНУ им. аль-Фараби,

<sup>3</sup>Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, КазНУ им. аль-Фараби,

Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

<sup>4</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Казахстан, 050000 Алматы, ул. Толе-би, 59

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ PECVD**

**Аннотация.** Данная работа посвящена экспериментальному исследованию влияния параметров плазмы на синтез углеродных материалов методом PECVD. Установлено, что в зависимости от параметров PECVD синтеза в частности, температуры, мощности разряда, давление газа, процентное соотношение смеси газов и

т.д., синтезируются различные углеродные наноматериалы. Полученные образцы были исследованы с помощью аналитических оборудований, таких как сканирующий электронный микроскоп Quanta 3D (СЭМ, FEIUSA), Рамановский спектроскоп NThegraSpectra, оптический микроскоп Leica. Таким образом, с помощью оптической и электронной микроскопии, а также методом комбинированного рассеяния света были исследованы морфология и качество структуры полученных образцов: углеродные наночастицы (УНЧ), углеродные нановолокна (УНВ) и нанотрубки (УНТ), углеродные наностены (УНТ) и многослойные графеновые листы. Установлено, что с увеличением мощности ВЧ разряда получение качественных наностен усложняется формированием их нанокластеров. Для синтеза УНТ необходимо контроль толщины каталитического нанослоя, так как качество структур УНТ может ухудшиться формированием более толстых нановолокон. Полученные результаты могут быть использованы для определения оптимальных условий PECVD метода для синтеза различных углеродных наноматериалов.

**Ключевые слова:** углеродные наночастицы, углеродные нановолокна, углеродные нанотрубки, углеродные наностены, многослойныйграфен, плазма высокочастотного разряда

## **Введение**

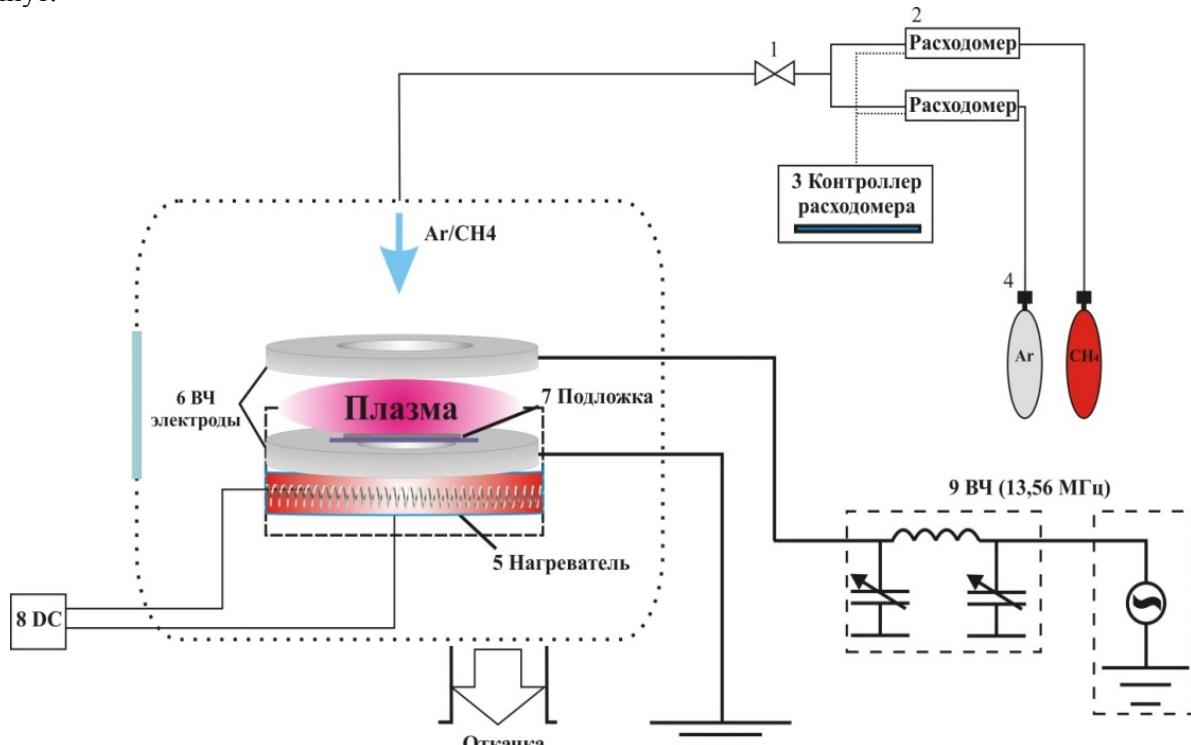
Анализ состояния и тенденции развития объектовnanoиндустрии в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что одной из наиболее перспективных областей нанотехнологии является получение углеродных наноматериалов (УНМ). Как известно углерод существует в твердой фазе в нескольких модификациях, свойства которых резко отличаются друг от друга: углеродные наночастицы [1-2], углеродные нановолокна, углеродные нанотрубки [3-4], графен [5-6], углеродные наностены [7-8], фуллерен [9] и т.п. Актуальность УНМ обусловлена с широким спектром их практического применения в различных отраслях промышленности. Например, углеродные наночастицы могут найти свое применение для отчистки воды [10,11], для автомобильных шин в качестве армирующих наполнителей [12], для определения раковых клеток на ранней стадии [13] и т.д. Ученые также предлагают использовать углеродные нанотрубки, в качестве армирующих элементов для получения высококачественного бетона [14,15] в строительстве, уникальные свойства УНТ также применяются в медицинских целях для дезинфекции воды, создания антимикробных покрытий, препаратов [16] и для адресной доставки лекарств [17]. В энергетике УНТ и их композиты используются для хранения водорода [18], для создания высококомпактных конденсаторов [19] энергий. Уникальные полупроводниковые свойства графена позволяют их применять в электронике для создания высокочувствительных сенсоров, полупроводниковых элементов и [20,23] т.д. Что касается углеродных наностен (УНС), то они являются одной из аллотропных модификаций углерода, представляющие собой вертикально ориентированные графеновые листы [24,25], которые находят свое применение для хранения энергии в качестве абсолютно черного тела, для болометров [26] и солнечных элементов [27] в качестве электродов для суперконденсаторов [28,29] и т.д. Таким образом, учитывая актуальность УНМ, в данной работе будет исследован процесс химического осаждения из газовой фазы с усиленной плазмой (PECVD) углеродных наноматериалов при различных параметрах плазмы.

## **Эксперимент**

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка, PECVD установка состоит из рабочей камеры, системы ВЧ электродов (6), нагревательного элемента (5), позволяющий уменьшить влияние мощности ВЧ разряда на процесс диссоциации углеродсодержащего газа для газофазного процесса осаждения УНТ, источника питания нагревательного элемента (8), ВЧ генератора (9) для поджига плазмы, вакуумной системы и системы напуска газа. Подложку с катализатором, в данном случае никель, располагают на поверхности нижнего электрода.

Эксперимент проводился следующим образом. Для начала отжигали кремниевую подложку с каталитическимнанослом для формирования островков нанокластера никеля. Для этого подложку загружают в рабочую камеру на поверхность нижнего электрода и создают условие вакуума, после установления вакуума, подают поток рабочего газа аргона (Ar) до давления порядка 1 Тор, зажигают ВЧ плазму в диапазоне мощности 1-25 Вт, включают нагревательный элемент при температуре 400<sup>0</sup>С и обрабатывают в течение 10 минут, данный процесс хорошо описан в работе

[30]. Далее для роста УНТ в рабочую камеру напускается дополнительный реакционный углеродосодержащий газ – метан до давления 1,1-1,6 Тор, затем процесс синтеза длится 15-30 минут.



1 – вентиль, 2 – газовые расходомеры, 3 – контроллер газовых расходомеров, 4 – баллоны газов аргона и метана, 5 – нагревательный элемент, 6 – высокочастотные (ВЧ) электроды, 7 – подложка, 8 – источник для нагревательного элемента, 9 – ВЧ генератор с самосогласующим устройством

Рисунок 1 – Структура PECVD установки для синтеза нанокомпозитных материалов на основе УНТ

На рисунке 2 приведены фото кремниевых подложек с никелевым катализатором до и после синтеза УНТ методом PECVD. Видно, что после синтеза УНТ поверхность подложки имеет сажевое образование, что свидетельствует о возможных осаждениях углеродныхnanoструктур.

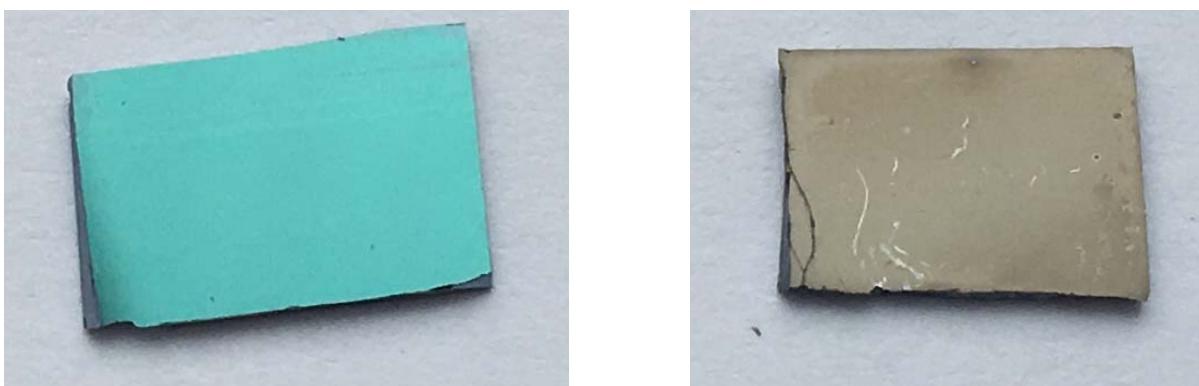


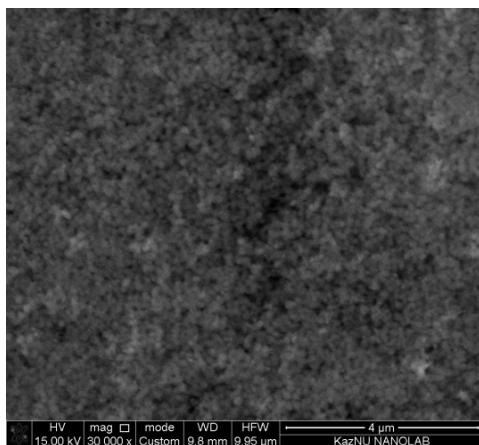
Рисунок 2 – Кремниевые подложки с никелевым катализатором до (слева) и после (справа) синтеза УНТ методом PECVD

### Результаты и обсуждения

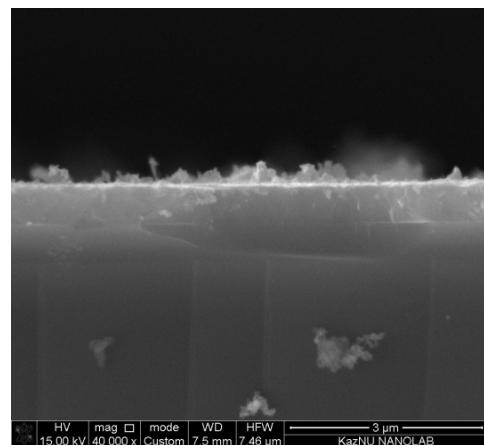
Полученные образцы в результате экспериментальных работ методом PECVD были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), а также методом комбинационного рассеяния света (КРС).

СЭМ и КРС анализы полученных образцов при температурах среды 400-450<sup>0</sup>С, давлении 1,3 Тор, мощности разряда в диапазоне 1-10 Вт представлены на рисунке 3. Как показывают результаты исследования, поверхность полученных образцов имеет осаждение в виде углеродных наночастиц с размерами порядка 50-100 нм и углеродную пленку. Отсутствие УНТ объясняется низкой температурой синтеза для формирования нанокластеров.

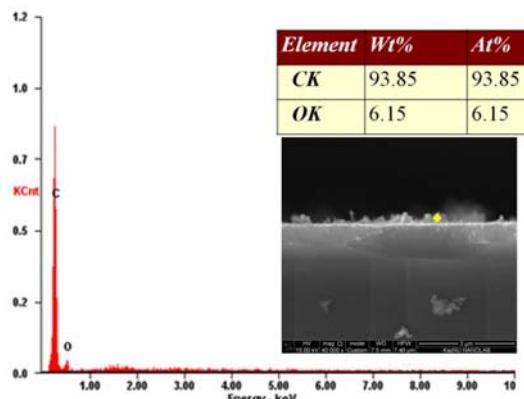
Далее, экспериментальные работы были проведены при температуре 500<sup>0</sup>С, давлении газа метан/аргон 1-1,8 Тор и мощности разряда в диапазоне 1-25 Вт.



а – СЭМ изображение, угол съемки 0<sup>0</sup>



б – СЭМ изображение, угол съемки 90<sup>0</sup>



в – химически состав

Рисунок 3 – СЭМ анализ образцов после PECVD синтеза при температуре 400-450<sup>0</sup>С и мощности разряда 1-10Вт

В экспериментах при следующих условия синтеза: давление 1-1,8 Тор, мощность ВЧ 1-7 Вт, температура 500<sup>0</sup>С и длительность синтеза 20 минут, были получены углеродные нановолокна (1-5 Вт) и нанотрубки (5-7 Вт), этому свидетельствуют полученные результаты СЭМ и КРС анализов, а также оптической микроскопии.

Оптические микрофотографии и СЭМ изображения полученных образцов углеродных нановолокон и нанотрубок представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.

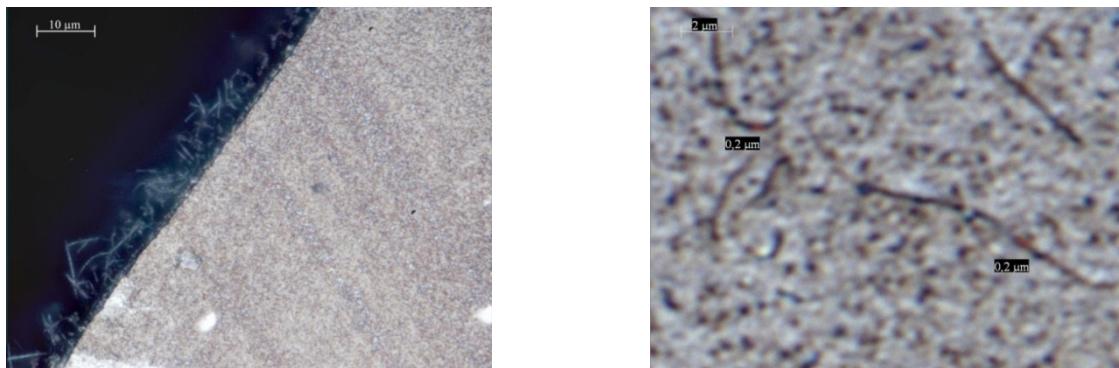


Рисунок 4 – Фотографии оптической микроскопии углеродных нановолокон при мощности разряда 1-5 Вт температуре 500<sup>0</sup>С

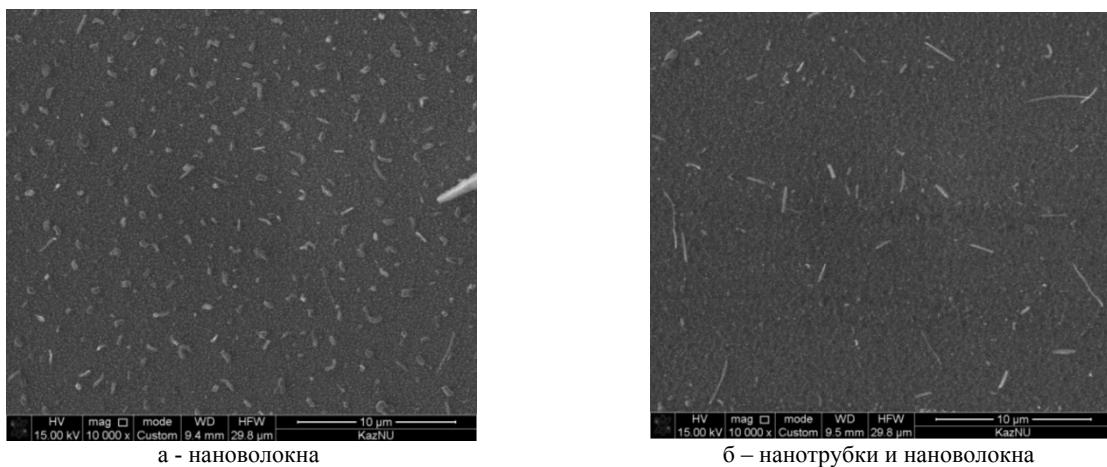


Рисунок 5 – СЭМ изображения углеродных нановолокон и нанотрубок при мощности разряда 1-7 Вт температуре 500<sup>0</sup>С

Рамановский анализ полученных образцов приведен на рисунке 6. Полученный спектр типичен спектру многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) с G модой, которая обычно наблюдается у графит подобных материалах, D модой, которая ассоциируются с дефектами в структуре, второй гармоникой D моды - G'(2D) мода и G+D модой природы, которой еще до конца не ясна.

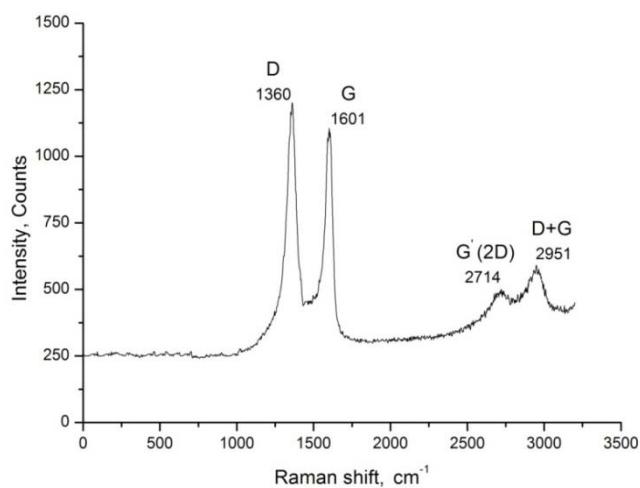


Рисунок 6 – Рамановский спектр полученного нановолокна (нанотрубки) при мощности разряда 1-7 Вт температуре 500<sup>0</sup>С

Из спектра видно, что качество МУНТ не высокое. Отношение интенсивностей  $D$  и  $G$  пиков, отвечающее за совершенство графеновой структуры составляет 1,1, где для УНТ оно равняется порядка 1,5 и выше. К этому, положение и частичное слияние  $D$  и  $G$  пиков свидетельствуют об аморфности структуры. Вероятной причиной ухудшения качества МУНТ объясняется наличием в структуре нановолокон, структура которых намного толще и менее совершенна.

При увеличении мощности разряда в диапазоне 10-15 Вт было обнаружено образование углеродных наностен, этому свидетельствуют полученные результаты СЭМ, КРС анализов (рисунки 7-9).

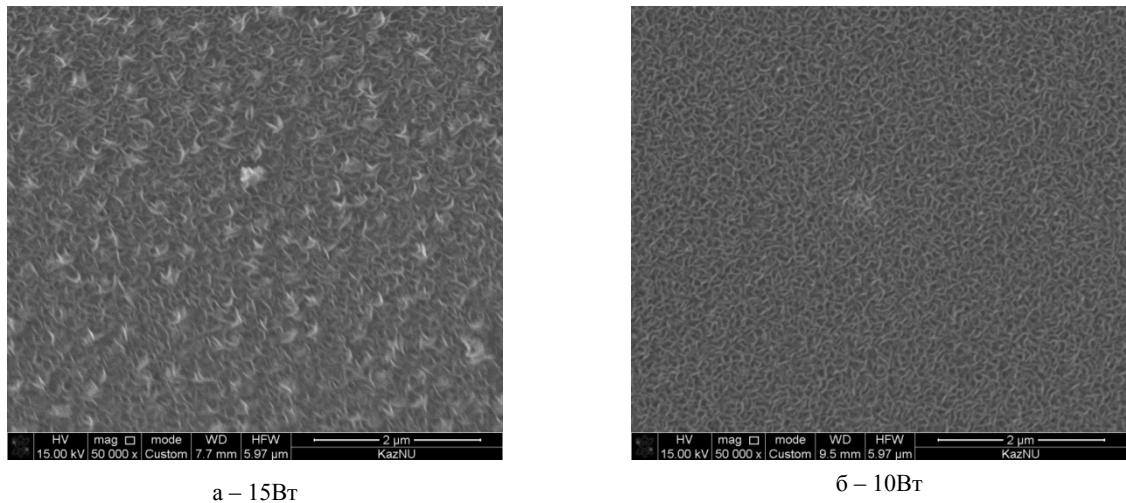


Рисунок 7 – СЭМ изображения УНС, синтезированных на подложках Ni/Si при мощности разряда 15 Вт (а) и 10 Вт (б) температуре 500<sup>0</sup>С

Как видно из СЭМ изображений, после процесса синтеза на поверхности кремниевой подложки формируются вертикальные углеродные листы, которые являются УНС. При увеличении значения мощности разряда можно наблюдать агломерацию нанослоев – образование нанокластеров стен (рисунок 7а и 8).

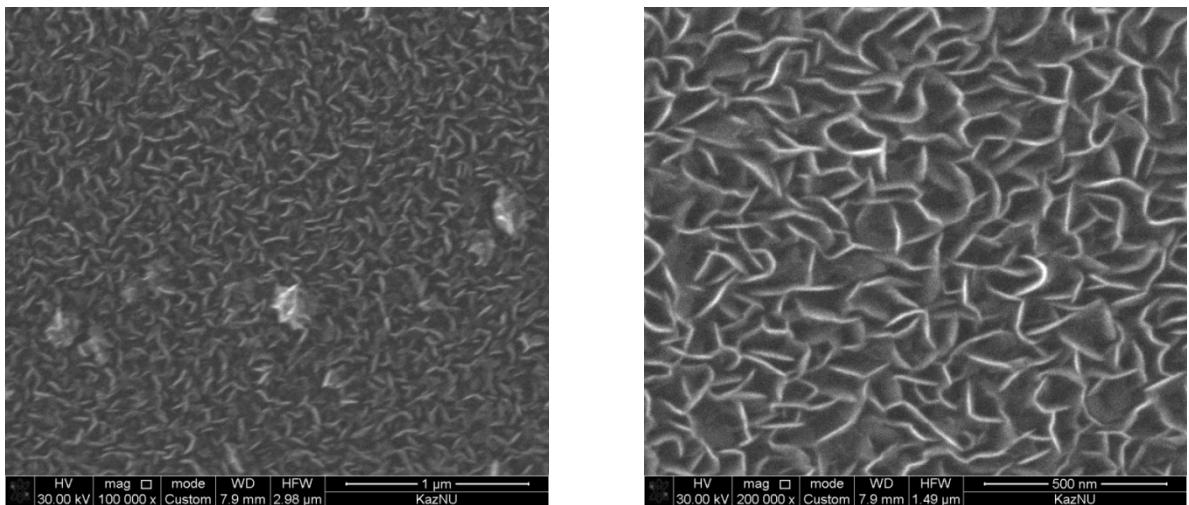


Рисунок 8 – СЭМ изображения УНС, синтезированных на подложках Ni/Si при мощности разряда 15 Вт и температуре 500<sup>0</sup>С

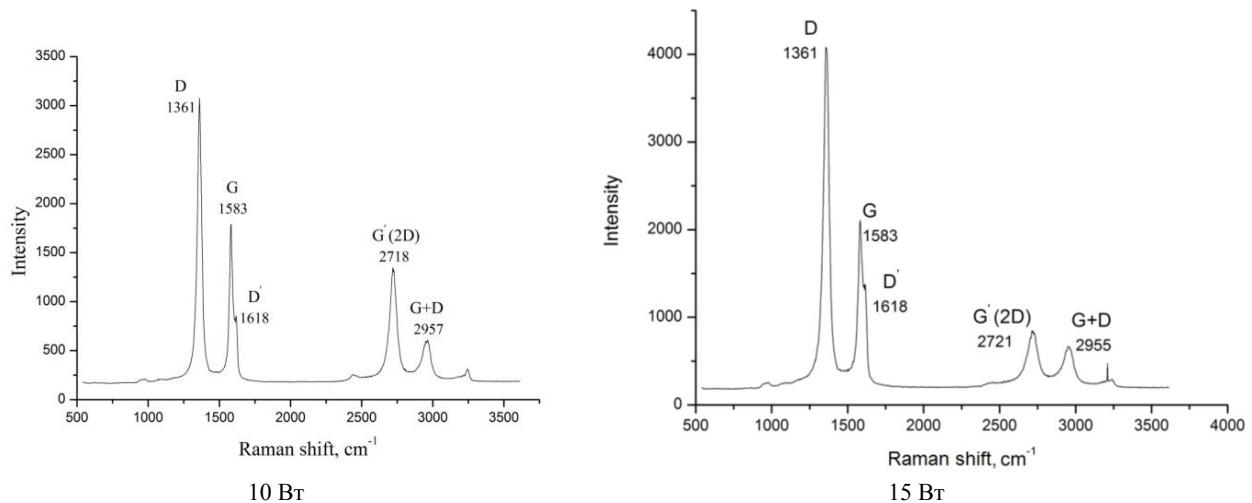
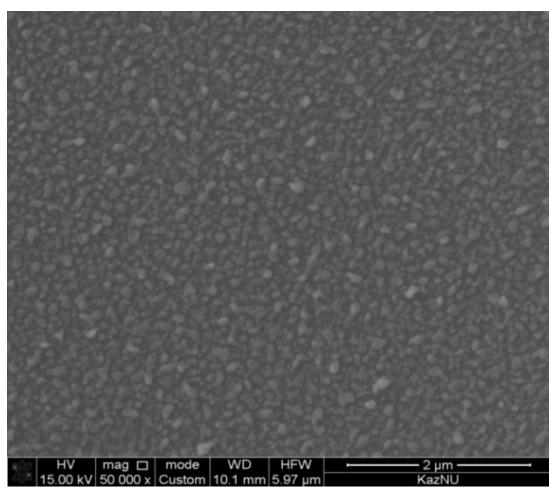


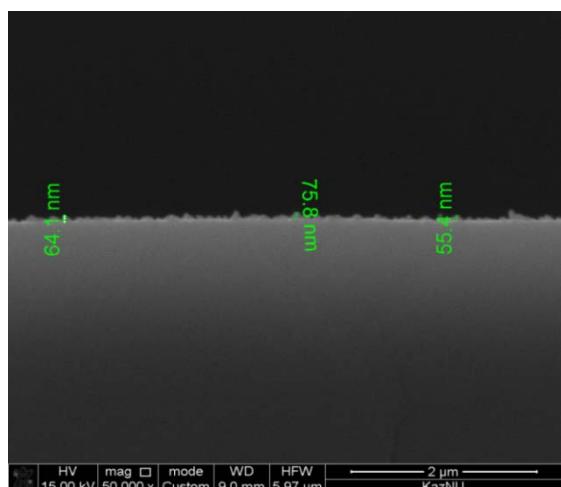
Рисунок 9 – Рамановский спектр УНС, синтезированный на подложке Ni/Si при мощности разряда 10 и 15 Вт температуре  $500^{\circ}\text{C}$

Рамановский спектр полученных образцов соответствует типичному спектру УНС [31-33], при этом G-мода, которая обычно наблюдается у графитовых материалах, расщеплена и на ней выделяется D'-пик, также в спектре присутствуют характерные D-пик, связанный с дефектами в структуре, 2D(G') - пик, который соответствует второму порядку D-моды и моды G+D. Соотношение интенсивностей мод D и G говорит о степени дефектности кристаллической решетки графенового листа, полученное значение, которое колеблется в пределах от 1,7 до 1,9. Расчетная длина корреляции в плоскости La варьируется от 2,5 до 2,3 нм, область в котором УНС можно считать бездефектным. Как уже упоминалось выше, при увеличении значения мощности разряда происходит агломерация наностен, к тому же отношение  $I(D)/I(G)$  увеличивается, что свидетельствует об образовании дефектов в структуре.

При дальнейшем увеличении мощности разряда в диапазоне 20-25 Вт, при тех же параметрах температуры и давления были получены многослойные графеновые листы (рисунок 10,11). Как видно из СЭМ анализа на поверхности кремниевой подложки были образованы островки многослойного графена, толщиной порядка 50-75 нм. Рамановское исследование свидетельствует, что полученный спектр соответствует спектру графита, длина корреляции в плоскости  $L_a$  равна 2 нм, отношение  $I(D)/I(G)$  составляет 1,4.



а – СЭМ изображение, угол съемки  $0^0$



б – СЭМ изображение, угол съемки  $90^0$

Рисунок 10 – СЭМ анализ образцов после PECVD синтеза при температуре 500°C и мощности разряда 15-25 Вт

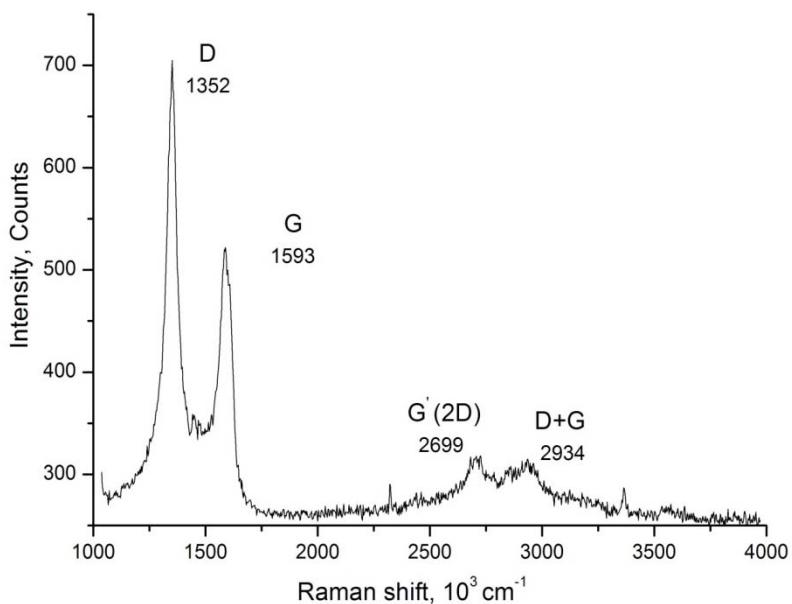


Рисунок 11 – Рамановский спектр образцов после PECVD синтеза при температуре  $500^{\circ}\text{C}$  и мощности разряда 15-25 Вт

В таблице 1 представлены параметры синтеза углеродных наноматериалов методом PECVD.

Таблица 1 – Параметры синтеза углеродных наноматериалов методом PECVD

Получаемый продукт	Параметры синтеза			
	Давление, Тор	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Мощность, Вт	Смесь газа
Углеродные наночастицы	1.1-1.6	400-450	1-15	Ar/CH <sub>4</sub>
Углеродные нановолокна и нанотрубки	1.1-1.6	500	1-7	Ar/CH <sub>4</sub>
Углеродные наностены	1.1-1.6	500	8-15	Ar/CH <sub>4</sub>
Многослойный графен	1.1-1.6	500	20-25	Ar/CH <sub>4</sub>

### Заключение

Таким образом, были получены и исследованы различные углеродные наноматериалы. Экспериментально было выявлено, что от мощности разряда зависит тип синтезируемого наноматериала. При температурах  $400\text{-}450^{\circ}\text{C}$  и мощности разряда 1-15 Вт синтезируются углеродные наночастицы, при увеличении температуры до  $500^{\circ}\text{C}$  формируются углеродныеnanoструктуры, в частности при мощностях 1-7 Вт – углеродные нановолокна и нанотрубки, 8-15 Вт – углеродные наностены, 20-25 Вт многослойный графен. Полученные результаты эксперимента могут быть использованы для определения оптимальных условий PECVD метода для синтеза различных углеродных наноматериалов.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nanoparticle Technology Handbook, Masuo Hosokawa, Kiyoshi Nogi, Makio Naito, Toyokazu Yokoyama (eds.), Elsevier Science, 2007.

- [2] S. C. Ray, ArindamSaha, Nikhil R. Jana, Rupa Sarkar, Fluorescent Carbon Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Bioimaging Application// *J. Phys. Chem. C*. **2009**, 113 (43), pp. 18546–18551.
- [3] T. Ikuno, S. TakahashiI, K. Kamada, S. Ohkura, S. Honda, M. Katayama,T. Hirao, K. Oura, Influence of the plasma condition on the morphology of vertically aligned carbon nanotube films grown by RF plasma chemical vapor deposition//*Surface Review and Letters*, **2003**. Vol. 10, No. 4. P.611-615.
- [4] T.Kato, R. Hatakeyama,Formation of Freestanding Single-Walled Carbon Nanotubes by Plasma-Enhanced CVD//*Chem. Vap. Deposition*. **2006**, 12, P. 345–352.
- [5] Ning G.Q., Wang H., Zhang X.X., Xu C.G., Chen G.J., Gao J.N., Synthesis and methane storage of binder-free porous graphene monoliths//*PARTICUOLOGY*. **2013**. Vol. 11 №4. P.415-420.
- [6] Shibuta Y., Arifin R., Shimamura K., Oguri T., Shimojo F., Yamaguchi S., Low reactivity of methane on copper surface during graphene synthesis via CVD process: Ab initio molecular dynamics simulation // *CHEMICAL PHYSICS LETTERS*. **2014**. Vol. 610. P.33-38.
- [7] S.Y. Kim, S. K. Shin, H. Kim, Y.-H. Jung, H. Kang, W. S. Choi, G. B. Kweon, Synthesis of Carbon Nanowalls by Microwave PECVD for Battery Electrode // *TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC MATERIALS*. **2015**. Vol. 16, No. 4, pp. 198-200
- [8] S. Kurita, A. Yoshimura, H. Kawamoto, T. Uchida, K. Kojima, M. Tachibana, P. Molina-Morales, H. Nakai, Raman spectra of carbon nanowalls grown by plasma-enhanced chemical vapor deposition// *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*.**2005**. 97, 104320.
- [9] Kroto, H. W.; Heath, J. R.; Obrien, S. C.; Curl, R. F.; Smalley, R. E., C-60 - Buckminsterfullerene. *Nature* **1985**, 318, (6042), 162-163.
- [10] R. KhaydarovR. KhaydarovEmailauthorO. Gapurova, Application of Carbon Nanoparticles for Water Treatment/Water Treatment Technologies for the Removal of High-Toxicity Pollutants. **2009**.pp. 253-258.
- [11] Simpson A., Pandey R.R., Chusuei C.C., Ghosh K., Patel R., Wanekaya A.K., Fabrication characterization and potential applications of carbon nanoparticles in the detection of heavy metal ions in aqueous media//*CARBON*. **2018**. V.127. P.122-130.
- [12] <http://carboninspired.com/blog/?p=561&lang=en>
- [13] Lu Yu, Wei J.Y., Yao D.S., Pan Z.M., Yao Y., Application of carbon nanoparticles in laparoscopic sentinel lymph node detection in patients with early-stage cervical cancer//*PLOS ONE*. **2017**. V.12, No 9 – e0183834.
- [14] Raki, L.; Beaudoin, J.J.; Alizadeh, R.; Makar, J.M.; Sato, T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology//*Materials*. **2010**. Vol. 3. P. 918-942.
- [15] Cwirzen A.; Habermehl-Cwirzen K.; Penttala V., Surface decoration of carbon nanotubes and mechanical properties of cement/carbon nanotube composites// *Adv. Cem. Res.* **2008**. Vol. 20. P. 65-73.
- [16] Coccinia T., Rodab E., Sarigiannisc D.A., Mustarellid P., Quartaroned E., Profumoe A., Manzoa L. Effects of water-soluble functionalized multi-walled carbon nanotubes examined by different cytotoxicity methods in human as-trocyte D384 and lung A549 cells// *Toxicology*. **2010**. Vol.269. P. 258-269
- [17] Dumortier H., Lacotte S., Pastorin G., Marega R., Wu W., Bonifazi D., Briand J.P., Prato M., Muller S., Bianco A. Functionalized carbon nanotubes are non-cytotoxic and pre-serve the functionality of primary immune cells//*NanoLett.* **2006**. № 6. P. 1522-1528.
- [18] Frackowiak E.,BéguinF., Electrochemical Storage of Energy in Carbon Nanotubes and Nanostructured Carbons// *Carbon*.**2002**. Vol.40.P.1775-1787.
- [19] Frackowiak E, Jurewicz K, Delpoux S, Beguin F. Nanotubular materials for supercapacitors//*J. Power Sourc.* **2001**. Vol.97- P.822–825.
- [20] EliasD.C.,NairR.R., MohiuddinT.M.G., MorozovS.V., BlakeP., HalsallM.P.et. al. *Science* 323 610 2009.
- [21] Seah T.H., Poh H.L., Chua C.K., Sofer Z., Pumera M., Towards Graphane Applications in Security: The Electrochemical Detection of Trinitrotoluene in Seawater on Hydrogenated Graphene// *Electroanalysis*. **2014**. Vol. 26, №1. P. 62-68
- [22] Gharekhlanlou B., Tousaki S.B., Khorasani S: Bipolar transistor based on graphane. *Phys. Conf. Ser* 2010, 248:012061.
- [23] Savchenko A: Transforming graphene. *Sci* 2009, 323:589.
- [24] Y.H. Wu, P.W. Qiao, T.C. Chong, Z.X. Shen. *AdV. Mater.* 14 (**2002**) 64.
- [25] S. Kurita, A. Yoshimura, H. Kawamoto, T. Uchida, K. Kojima, M. Tachibana, P. Molina-Morales, H. Nakai. *J. App.Phys.* 97 (2005) 104320.
- [26] V.A. Krivchenko et al, *Sci. Rep.* 3 (**2013**) 3328.
- [27] S.Y. Kim et al. *J.Trans. Electrical and electronic materials* 16 (**2015**) 198-200.
- [28] S. Hassan, M. Suzuki, Sh. Mori and A. Abd El-Moneim,, *RSC Adv.* 4 (**2014**) 20479.
- [29] H. Matsumura. *Thin Solid Films* 395 (**2001**)1.
- [30] Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye., Synthesis of carbon nanotubes by plasma enhanced chemical vapor depositionmethod in radio-frequency capacitive discharge // *NAS RK, physico-mathematical series*. **2016**. Vol.310, № 6, P. 10-16
- [31] S. Kurita, A. Yoshimura, H. Kawamoto, T. Uchida, K. Kojima, M. Tachibana, P. Molina-Morales, H. Nakai. *J. App.Phys.* 97 (**2005**) 104320.
- [32] S. Matsumoto, Y. Sato, M. Kamo, N. Setaka. *Jpn. J. Appl. Phys.* 21 (**1982**)183.
- [33] R. Liu, Ya. Chi, L. Fang, Zh. Tang and X. Yi,. *J. Nanoscience and Nanotechnology* 14 (**2014**) 1647–1657

**Е. Ерланұлы<sup>1,3</sup>, Д.Г. Батрышев<sup>1,3</sup>, Т.С. Рамазанов<sup>2</sup>, М.Т. Габдуллин<sup>3</sup>,**  
**Н.А. Ахметжанов<sup>3</sup>, Н.Е. Аханова<sup>3,4</sup>, О.Омиржанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Инженерлі бейіндегізертхана, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ;

<sup>2</sup>Эксперименттік және теориялық физика ғылыми-зерттеу институты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ;

<sup>3</sup>Ашық түрдегілгіткіңанотехнологиялар қозметкіші, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,

Қазақстан, 050040 Алматы, әл-Фараби, 71;

<sup>4</sup>Қазақстан-Британтехникалық университеті, Қазақстан, 050000 Алматы, Төлеби көш., 59

## **ПЛАЗМА ПАРАМЕТРЛЕРИНІҢ КӨМІРТЕКТІ НАНОМАТЕРИАЛДАРДЫҢ PECVD ӘДІСІМЕН СИНТЕЗІНЕ ӘСЕРІ**

**Аннотация:** Аталған жұмыс плазма параметрлерінің көміртекті наноматериалдардың PECVD әдісімен синтезіне әсрін эксперименталды зерттеуге арналған. PECVD параметрлеріне, температура, разряд қуаты, газ қысымы, газдардың пайыздық үлесіне байланысты әртүрлі көміртекті наноматериалдар синтезделетіні анықталды. Алынған үлгілер сканерлеуші электрондық микроскоп Quanta 3D (CЭМ, FEI USA), Рамандық спектрометр NThegra Spectra, оптикалық микроскоп Leica сияқты аналитикалық қондырғылар көмегімен зерттелді. Осылайша, оптикалық және электрондық микроскоп, және де комбинациялық жарық шашырау көмегімен құрылымдардың морфологиясы мен сапасы зерттелді: көміртекті нанобөлшектер (КНБ), көміртекті наноталшық (КНТ) пен нанотүтікше (КНТ), көміртекті наноқабырға (КНҚ) және көпқабатты графен паракшалары. ЖЖ разряд қуатын өсірген кезде наноқабырғалардың нанокластерге құрылуы көрінілді. КНТ синтезі үшін каталитикалық наноқбықтықшаның қалындығын бақару қажет, себебі КНТ құрылымы нашарлап наноталшықтың өсуіне алып келеді. Алынған нәтижелер, PECVD әдісімен әртүрлі көміртекті наноматериалдарды синтездеуде колданылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** көміртекті нанобөлшектер, көміртекті наноталшықтар, көміртекті нанотүтікшелер, көміртекті наноқабырғалар, көпқабаттыграфен, жоғары жиілікті разряд плазмасы.

### **Сведения об авторах:**

Батрышев Д.Г. - КазНУ им. аль-Фараби, Ст. преподаватель. Аль-Фараби 71а, физ-тех, 123 каб. e-mail batryshev@physics.kz;

Рамазанов Т.С. - КазНУ им. аль-Фараби, Профессор. Аль-Фараби 71а, физ-тех, 332 каб. Телефоны, e-mail ramazan@physics.kz;

Габдуллин М.Т. - КазНУ им. аль-Фараби, Ст. преподаватель. Аль-Фараби 71а, физ-тех, 427 каб. e-mail gabdullin@physics.kz

Ерланұлы Е. - КазНУ им. аль-Фараби, Инженер, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 120 каб. Телефоны: +77073234341 e-mail yerlanuly@physics.kz

Аханова Н.Е. - ННЛОТ, Ученый секретарь, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 120 каб. e-mail: nazym@physics.kz

**МАЗМУНЫ**

<i>Серебрянский А., Рева И., Кругов М., Yoshida Fumi.</i> Фаэтон (3200) астероидының фотометрлік талдауларының нәтижелері (ағылшын тілінде).....	5
<i>Ерланұлы Е., Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Ахметжанов Н.А., Аханова Н.Е., Омиржанов О.</i> Плазма параметрлерінің комірткесті наноматериалдардың реcvd әдісімен синтезіне әсері (ағылшын тілінде).....	14
<i>Тейфель В.Г., Вдовиченко В.Д., Лысенко П.Г., Каримов А.М., Кириенко Г.А., Филиппов В.А., Харитонова Г.А.,</i> Хожсенец А.П. Юпитердегі үлкен қызыл дақ: аммиакты жұтылуудың кейбір ерекшеліктері (ағылшын тілінде).....	23
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Зазулин Д.М., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Курахмедов А.Е., Чункибаева А.,</i> Еділбаев Е.Н. Төменгі энергияларда $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ реакциясын эксперименттік зерттеу (ағылшын тілінде).....	32
<i>Серебрянский А., Серебряков С., Ергешев А.</i> Үлкен ауқымдағы ЗБА-бакылау мәліметтерін фотометрлеу және ағымдық астрометрияның әдіснамасы (ағылшын тілінде).....	37
<i>Минглибаев М. Дж., Шомшекова С.А.</i> Реактивті құشتі есепке алып анизатропты айнымалы массадағы еki планеталы үш дene есебінің ұйытқышы функцияның аналитикалық тендеулері (ағылшын тілінде).....	48
<i>Кондратьева Л.Н., Рыспаев Ф.К., Денисюк Э.К., Кругов М.А.</i> M1-77 планетарлық тұмандықтың жаңа нәтижелері (ағылшын тілінде).....	59
<i>Павлова Л.А., Кондратьева Л.Н.</i> Планетарлық тұмандардың біркелкі құрылымын қалыптастыру механизмдері (ағылшын тілінде).....	63
<i>Асанова А.Т., Сабалахова А.П., Толеуханова З.М.</i> Ұшінші ретті дербес туындылы дифференциалдық тендеулер жүйесі үшін бастапқы-шеттік есептің шешімі туралы (ағылшын тілінде).....	67
<i>Кұльжумиеева А.А., Сартабанов Ж.А.</i> Тұракты коэффициентті төрт дифференциалдық тендеулердің сзықты жүйесінің көппериодты шешімінің бар болуының коэффициенттік белгілері (ағылшын тілінде).....	74
<i>Мусабеков А., Сарибаев А., Куракбаева С., Калбаева А., Исмаилов С., Сатыбалдиева Ф., Мусабеков Н., Аубакирова Т.</i> Айна шоғырландыруши жүйенің қозғалыс тендеуі мен алгоритмін зерттеу (ағылшын тілінде).....	81
<i>Ақылбаев М.И., Бейсебаева А., Шалданбаев А. Ш.</i> Сингуляр эсерленген Коши есебінің әлді жайынықталуының кепілдігі (ағылшын тілінде).....	90
* * *	
<i>Ерланұлы Е., Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Ахметжанов Н.А., Аханова Н.Е., Омиржанов О.</i> Плазма параметрлерінің комірткесті наноматериалдардың PECVD әдісімен синтезіне әсері (орыс тілінде).....	107
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Зазулин Д.М., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Курахмедов А.Е., Чункибаева А.,</i> Еділбаев Е.Н. Төменгі энергияларда $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ реакциясын эксперименттік зерттеу (орыс тілінде).....	117
<i>Серебрянский А., Серебряков С., Ергешев А.</i> Үлкен ауқымдағы ЗБА-бакылау мәліметтерін фотометрлеу және ағымдық астрометрияның әдіснамасы (орыс тілінде).....	122
<i>Минглибаев М. Дж., Шомшекова С.А.</i> Реактивті құشتі есепке алып анизатропты айнымалы массадағы еki планеталы үш дene есебінің ұйытқышы функцияның аналитикалық тендеулері (орыс тілінде).....	134
<i>Кондратьева Л.Н., Рыспаев Ф.К., Денисюк Э.К., Кругов М.А.</i> M1-77 планетарлық тұмандықтың жаңа нәтижелері (орыс тілінде).....	144
<i>Павлова Л.А., Кондратьева Л.Н.</i> Планетарлық тұмандардың біркелкі құрылымын қалыптастыру механизмдері (орыс тілінде).....	149
<i>Рамазанов Т.С., Коданова С.К., Бастыкова Н.Х., Тихонов А., Майоров С.А.</i> Тығыз ыстық плазма жынтығының гидродинамикалық қасиеттерін зерттеу (орыс тілінде).....	153

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Серебрянский А., Рева И., Кругов М., Yoshida Fumi.</i> Результаты фотометрического анализа астероида фаэтон (3200) (на английском языке) .....	5
<i>Ерланулы Е., Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Ахметжанов Н.А., Аханова Н.Е., Омиржанов О.</i> Влияние параметров плазмы на синтез углеродных наноматериалов методом PECVD (на английском языке).....	14
<i>Тейфель В.Г., Вдовиченко В.Д., Лысенко П.Г., Каримов А.М., Кириенко Г.А., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хожсенец А.П.</i> Большое красное пятно на Юпитере: некоторые особенности аммиачного поглощения (на английском языке).....	23
<i>Буртбаев Н., Керимкулов Ж.К., Зазулин Д.М., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Курахмедов А.Е., Чункибаева А., Еділбаев Е.Н</i> Экспериментальное исследование реакции $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ при низких энергиях (на английском языке).....	32
<i>Серебрянский А., Серебряков С., Ергешев А.</i> Методика потоковой астрометрии и фотометрии большого массива ПЗС-наблюдений (на английском языке).....	37
<i>Минглибаев М.Дж., Шомшекова С.А.</i> Аналитические выражения возмущающих функций в двухпланетной задаче трех тел с анизатропно изменяющимися массами при наличии реактивных сил (на английском языке).....	48
<i>Кондратьева Л.Н., Рснаев Ф.К., Денисюк Э.К., Кругов М.А.</i> Новые результаты исследования планетарной туманности M1-77 (на английском языке).....	59
<i>Павлова Л.А., Кондратьева Л.Н.</i> Механизмы формирования неоднородной структуры планетарных туманностей (на английском языке).....	63
<i>Асанова А.Т., Сабалахова А.П., Толеуханова З.М.</i> О решении начально-краевой задачи для системы дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка (на английском языке).....	67
<i>Кульжумиеева А.А., Сартабанов Ж.А.</i> Коэффициентные признаки существования многопериодических решений линейной системы четырех дифференциальных уравнений с постоянными на диагонали коэффициентами (на английском языке).....	74
<i>Мусабеков А., Сарибаев А., Куракбаева С., Калябаева А., Исмаилов С., Сатыбалдиева Ф., Мусабеков Н., Аубакирова Т.</i> Исследование уравнения и алгоритма движения зеркальной концентрирующей системы (на английском языке).....	81
<i>Ақылбаев М.И., Бейсебаева А., Шалданбаев А. Ш.</i> Критерии сильной сходимости решений сингулярно возмущенной задачи Коши (на английском языке).....	90
<b>* * *</b>	
<i>Ерланулы Е., Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Ахметжанов Н.А., Аханова Н.Е., Омиржанов О.</i> Влияние параметров плазмы на синтез углеродных наноматериалов методом PECVD (на русском языке).....	107
<i>Буртбаев Н., Керимкулов Ж.К., Зазулин Д.М., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Курахмедов А.Е., Чункибаева А., Еділбаев Е.Н</i> Экспериментальное исследование реакции $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ при низких энергиях (на русском языке).....	117
<i>Серебрянский А., Серебряков С., Ергешев А.</i> Методика потоковой астрометрии и фотометрии большого массива ПЗС-наблюдений (на русском языке).....	122
<i>Минглибаев М.Дж., Шомшекова С.А.</i> Аналитические выражения возмущающих функций в двухпланетной задаче трех тел с анизатропно изменяющимися массами при наличии реактивных сил (на русском языке).....	134
<i>Кондратьева Л.Н., Рснаев Ф.К., Денисюк Э.К., Кругов М.А.</i> Новые результаты исследования планетарной туманности M1-77 (на русском языке).....	144
<i>Павлова Л.А., Кондратьева Л.Н.</i> Механизмы формирования неоднородной структуры планетарных туманностей (на русском языке).....	149
<i>Рамазанов Т.С., Кодanova С.К., Бастыкова Н.Х., Тихонов А., Майоров С.А.</i> Исследование гидродинамических свойств сгустка плотной горячей плазмы (на русском языке).....	153

**CONTENTS**

<i>Serebryanskiy A., Reva I., Krugov M., Yoshida Fumi.</i> Results of photometrical analysis of asteroid (3200) phaethon (in English).....	5
<i>Yerlanuly Ye., Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Ahmetzhanov N.E., Ahanova N.E., Omirzhanov O.</i> Effect of plasma parameters on the synthesis of carbon nanomaterials by the pecvd method (in English).....	14
<i>Teifel V.G., Vdovichenko V.D., Lysenko P.G., Karimov A.M., Kirienko G.A., Filippov V.A., Kharitonova G.A., Hozhenets A.P.</i> The great red spot on Jupiter: some features of the ammonia absorption (in English).....	23
<i>Burtebaev N., Kerimkulov Zh.K., Zazulin D.M., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S., Kurahmedov A.E., Chunkibayeva A., Edilbayev E.N.</i> Experimental study of $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ reaction at low energies (in English).....	32
<i>Serebryanskiy A., Serebryakov S., Ergeshev A.</i> Methodology of pipeline data reduction for astrometry and photometry of a large array of ccd observations (in English).....	37
<i>Minglibayev M. Zh., Shomshekova S.A.</i> Analytical expressions of the perturbing functions in two planetary three- body problem with masses varying non-isotropically when available for reactive forces (in English).....	48
<i>Kondratyeva L.N., Rspaev F.K., Denissuk E.K., Krugov M.A.</i> New results of study of the planetary nebula M1-77 (in English) .....	59
<i>Pavlova L.A., Kondratyeva L.N.</i> Mechanisms for forming the inhomogeneous structure of planetary nebulae (in English)... 63	
<i>Assanova A.T., Sabalakhova A.P., Toleukhanova Z.M.</i> On the solving of initial-boundary value problem for system of partial differential equations of the third order (in English).....	67
<i>Kulzhumiyeva A.A., Sartabanov Zh.A.</i> Coefficient criterion of existence of multiperiodic solutions of a linear system of four differential equations with constant coefficients on diagonal (in English).....	74
<i>Musabekov A., Saribayev A., Kurakbayeva S., Kalbayeva A., Ismailov S., Satybaldieva F., Musabekov N., Aubakirova T.</i> The investigation of equation and algorithm of the mirror concentrating system movement (in English).....	81
<i>Akylbayev M.I., Beisebayeva A., Shaldanbaev A.Sh.</i> Criteria for strong convergence of solutions singularly of the perturbed Cauchy problem (in English).....	90
* * *	
<i>Yerlanuly Ye., Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Ahmetzhanov N.E., Ahanova N.E., Omirzhanov O.</i> Effect of plasma parameters on the synthesis of carbon nanomaterials by the pecvd method (in Russian).....	107
<i>Burtebaev N., Kerimkulov Zh.K., Zazulin D.M., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S., Kurahmedov A.E., Chunkibayeva A., Edilbayev E.N.</i> Experimental study of $^{10}\text{B}(\text{p},\alpha)^7\text{Be}$ reaction at low energies (in Russian).....	117
<i>Serebryanskiy A., Serebryakov S., Ergeshev A.</i> Methodology of pipeline data reduction for astrometry and photometry of a large array of ccd observations (in Russian).....	122
<i>Minglibayev M. Zh., Shomshekova S.A.</i> Analytical expressions of the perturbing functions in two planetary three- body problem with masses varying non-isotropically when available for reactive forces (in Russian).....	134
<i>Kondratyeva L.N., Rspaev F.K., Denissuk E.K., Krugov M.A.</i> New results of study of the planetary nebula M1-77 (in Russian).....	144
<i>Pavlova L.A., Kondratyeva L.N.</i> Mechanisms for forming the inhomogeneous structure of planetary nebulae (in Russian)..... 149	
<i>Ramazanov T.S., Kodanova S.K., Bastykova N.Kh., Tikhonov A., Maiorov S.A.</i> Investigation of hydrodynamic properties of hot dense plasma (in Russian).....	153

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www:nauka-nanrk.kz

http://www.physics-mathematics.kz

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Редакторы М. С. Ахметова, Т.А. Апендиев, Д.С. Алеков  
Верстка на компьютере А.М. Кульгинбаевой

Подписано в печать 05.06.2018.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
10 п.л. Тираж 300. Заказ 3.

---

Национальная академия наук РК  
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19