

## РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Утегенова Алмасбека Улубековича на тему: **«Синтез и свойства углеродных наноматериалов полученных в газоразрядной плазме сложного состава»**, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 – Наноматериалы и Нанотехнологии (физика)»

Ознакомившись с диссертацией Утегенова Алмасбека Улубековича на тему: «Синтез и свойства углеродных наноматериалов полученных в газоразрядной плазме сложного состава», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 – Наноматериалы и Нанотехнологии (физика)», рецензент пришел к следующему заключению: Диссертационная работа Утегенова А.У. посвящена экспериментальным исследованиям процесса синтеза и изучения свойств углеродных наноструктурированных материалов полученных в газоразрядной плазменной среде сложного состава.

### **1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами.**

На сегодняшний день большой научный интерес исследователей в области нанотехнологии и синтеза наноматериалов притягивает нелинейная и многокомпонентная среда – газоразрядная плазма сложного состава. Это обуславливается тем, что ведущие специалисты по созданию новых, технологически значимых материалов в сфере промышленности и медицины, прибегают к использованию наноматериалов, полученных с помощью различных плазменных сред. Основным достоинством данной среды является ее универсальность, которая обосновывается возможностями применения различных технологии для создания материалов, в том числе наноразмерных, с требуемыми свойствами. Несмотря на то, что в настоящее время существуют различные методы синтеза наноструктурированных веществ, использование газоразрядной плазменной среды, как инструмента для создания наноматериалов, все еще находится на этапе интенсивного развития из-за широких потенциальных практических применений.

Работа Утегенова А.У. выполнена в соответствии с календарными планами фундаментальных научно-исследовательских работ КН МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» по темам: «Оптимизация режимов работы термоядерных энергетических реакторов на основе комплексного изучения свойств пылевой пристеночной плазмы» 2012-2014 гг., шифр 1115/ГФ4, «Получение и модификация наноструктурных функциональных материалов в плазменно-пылевых средах» 2012-2014 гг., шифр 0182 ПЦФ-2014-ОТ, «Влияние процессов пылеобразования и свойств пристеночной плазмы с пылинками на режимы работы термоядерных энергетических реакторов» 2015-2017 гг., шифр 3112/ГФ4, «Исследование свойств низкотемпературной комплексной плазмы в целях разработки метода манипуляции частицами микро и нано размеров» 2015-2017 гг., шифр 3097/ГФ4.

### **2. Научные результаты в рамках требований к диссертации (пп. 127 Правил присуждения ученых степеней)**

Итогом работы Утегенова А.У. по теме диссертации является ряд новых и вполне достоверных научных результатов. Наиболее впечатляющие из них следующие:

1. На основе конструктивных изменений установки для синтеза углеродных наночастиц разработан новый метод управления пространственными характеристиками пылевых частиц микро- и нано- размеров в газоразрядной плазме сложного состава. Установлено, что при увеличении отрицательного электростатического поля в ВЧ разряде,

где синтезируются наночастицы углерода, площадь пространства, свободного от частиц, уменьшается, что приводит к равномерному распределению наночастиц углерода по размерам. При этом также выявлено, что частицы микронных размеров, находящиеся в левитации в межэлектродном промежутке, смещаются в центральную область разряда.

2. В работе впервые приводятся результаты исследования размерных характеристик наночастиц углерода, синтезированных в газовом разряде смеси газов аргон-ацетилен, на основе метода динамического рассеяния света. Установлено, что время декорреляции углеродных наночастиц в наблюдаемом объеме, синтезируемых в ВЧ газовом разряде смеси газов аргон-ацетилен, зависит от размеров наночастиц. Комплексным анализом свойств газового разряда в режиме модуляции выявлено, что при уменьшении частоты модуляции и коэффициента заполнения ВЧ сигнала уменьшаются температура электронов и концентрация ионов в плазме.

3. По результатам экспериментальных исследований процесса взаимодействия импульсного плазменного пучка, созданного на установке импульсного плазменного ускорителя с графитовой мишенью выявлено, что после взаимодействия помимо наночастиц углерода, образуются наноструктурированные углеродные материалы с фрактальными поверхностями.

### **3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации**

Все результаты, полученные в диссертационной работе Утегенова А.У., являются новыми и достаточно обоснованными. Степень достоверности научных результатов обеспечивается правильностью, точностью и оригинальностью поставленных задач, применением современных экспериментальных методов синтеза и исследования свойств полученных углеродных наноматериалов.

Результаты работы неоднократно докладывались и обсуждались на международных научных конференциях ближнего и дальнего зарубежья. Основные результаты диссертации опубликованы в 37 научных трудах, в том числе в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, а так же в журналах рекомендованных ККСОН МОН РК. Опубликовано 1 патент РК на изобретение. Все это свидетельствует об обоснованности и достоверности полученных в диссертации результатов.

### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации**

Результаты, представленные в диссертации Утегенова А.У. являются новыми и заключаются в следующем:

1. Характерным для синтезируемых наночастиц углерода в газоразрядной высокочастотной (ВЧ) плазме свойством является появление «войда» (пространство свободное от наночастиц) в среде, который сильно влияет на дисперсность создаваемых наночастиц. Обнаружено, что дополнительное отрицательное электростатическое поле дает возможность контролировать дисперсностью наночастиц углерода в плазменном газоразрядном объеме.

2. Выявлено, что разработанная оптическая система по определению размеров наночастиц углерода в плазме ВЧ разряда смеси газов аргон-ацетилен на основе метода динамического рассеяния дает адекватные результаты. Ранее данная система не использовалась для ансамблей из наночастиц, что показывает новизну данного результата. Установлено, что на ранней стадии синтеза углеродных наночастиц время декорреляции варьируется в пределах 5,3-20 мкс.

3. Экспериментально обнаружено, что взаимодействие импульсного плазменного потока с поверхностью материала, перспективного для первой стенки термоядерного реактора, приводит к появлению фрактальных наноструктурированных материалов. Выявлено, что при длительности взаимодействия импульсного плазменного пучка 300 мкс поверхность графитовой мишени становится фрактальной и увеличивается степень дефектности углеродной поверхности.

### **5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов**

Полученные в диссертационной работе результаты представляют ценность для развития технологий при разработке реактивных плазменных систем, предназначенных для синтеза наноматериалов. Изучение процессов взаимодействия плазмы с синтезированными наночастицами и исследование их свойств на ранней стадии синтеза в плазме инертного и реактивного газов позволяет определить структурные характеристики плазменно-пылевых образований, а также их особенности. Необходимость подобных исследований на национальном уровне связана с возможным прикладным применением результатов работы в таких приоритетных направлениях научно-технологического и индустриально-инновационного развития Республики Казахстан как управляемая термоядерная энергетика, нанотехнологии и наноматериалы, приборостроение, новые конструкционные материалы для нужд нефтегазовой и горно-металлургической промышленности.

### **6. Замечания и предложения по диссертации:**

Диссертация выполнена на достаточно высоком научно-методологическом уровне, однако по содержанию имеются следующие замечания:

1) В главе 3 при определении размеров наночастиц углерода, синтезируемых в газоразрядной плазме методом динамического рассеяния света не были учтены такие процессы как седиментация, температурная конвекция и движение плазменной среды, которые протекают наряду с диффузией частиц и могут повлиять на оценку их размеров;

2) В этой же главе при определении размеров синтезируемых наночастиц не приведены результаты по исследованию влияния концентрации частиц в наблюдаемом объеме плазмы на результаты метода динамического рассеяния света. Значительная плотность частиц может исказить результаты, полученные данным методом;

3) Диссертация написана ясным языком, но все же содержит стилистические неточности и опечатки.

Упомянутые выше замечания не снижают общий высокий уровень диссертации и не носят принципиальный характер.

### **7. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Утегенова Алмасбека Улубековича на тему «Синтез и свойства углеродных наноматериалов, полученных в газоразрядной плазме сложного состава», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 – Наноматериалы и Нанотехнологии (физика)», соответствует всем требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, а сам соискатель **Утегенов Алмасбек Улубекович** заслуживает присуждения искомой степени по указанной выше специальности.

**Рецензент,**

д. ф.-м. н., профессор сектора физики  
Базового факультета АО «КБТУ»

Умаров Ф.Ф.

