ОТЗЫВ

отечественного научного руководителя
на диссертационную работу **Үсенова Ерболата Абуталипұлы**
«Диагностика низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферных давлениях», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика»

Комплексная плазма (плазма сложного состава) отличается от обычной плазмы наличием дополнительных составляющих компонентов плазмы (нано и микро частицы, химический активные радикалы и ионы и т.д.) которые вводятся искусственно или генерируются самопроизвольно. Также плазму можно считать комплексной если она находится во взаимодействии с твердыми поверхностями. Низкотемпературная комплексная плазма на сегодняшний день широко применяется в различных отраслях науки и технологий как энергетика, электроника, медицине, химическая промышленность, био и нанотехнологии. Исследование комплексной плазмы активно ведется в двух направлениях: комплексная плазма низкого и атмосферного давления. Присутствие пылинок в плазме низкого давления приводит к появлению нового плазменного параметра – заряд пылевой частицы, который сильно изменяет характерные свойства обычной плазмы. Из за наличия в составе различных метастабильных атомов, активных ионов и радикалов кислорода и азота, паров воды и из за постоянного взаимодействия с поверхностью материалов и живых клеток низкотемпературная атмосферная плазма также является комплексной средой со сложным составом. Поэтому, для глубокого понимания физико-химических процессов и для оптимизации технологических процессов одной из актуальных задач является исследование свойств и разработка методов диагностики низкотемпературной плазмы.

Диссертация Үсенова Е.А. посвящена экспериментальному исследованию и диагностике различных свойств низкотемпературной комплексной плазмы газовых разрядов в условиях разреженного газа и при атмосферном давлении.

В первом разделе диссертации приведен краткий обзор литературы по диагностике низкотемпературной комплексной плазмы различными методами. Рассмотрены работы по определению параметров пылевой плазмы не традиционными методами как измерение резонансной частоты пылевых частиц, использование пылевых частиц как зондов в плазме, определение заряда пылинок методом воздействия лазерным лучом, бесконтактные

методы как оптическая диагностика и микроволновая интерферометрия. В качестве основных методов диагностики комплексной плазмы атмосферного давления были рассмотрены работы на основе оптико-эмиссионной спектрометрии, абсорбциной спектроскопии и лазер индуциировивонной флуоресценции.

В следующем разделе представлены результаты исследования по диагностике низкотемпературной комплексной плазмы при низких давлениях. Изучены призондовые явления в пылевой плазме тлеющего разряда. Исследована температура электронов пылевой и буферной плазмы газового разряда в смесях инертных газов в высокочастотном разряде. Представлены результаты зондового измерения температуры, плотности электронов и потенциала плазмы в аргон – ацетиленовой плазме ассиметричного ВЧ разряда с наночастицами. На основе исследования размера области свободной от пылевых частиц вокруг электрического зонда был предложен новый метод диагностики буферной плазмы и был получен патент.

В третьем разделе диссертации изучены электрические, оптические и структурные свойства плазмы объемного диэлектрического барьерного разряда и низкотемпературной плазменной струи при атмосферном давлении. Более детально исследована зависимость длины струи от скорости потока воздуха и приложенного напряжения.

Полученные в диссертационной работе результаты представляют ценность для развития физики комплексной плазмы и физики низкотемпературной плазмы в целом. Они будут очень полезны для глубокого понимания механизмов образования самоорганизующихся структур из пылевых частиц в низкотемпературной плазме, для изучения процесса зарядки частиц, для детального исследования свойств плазмы при взаимодействии с поверхностью материалов, для разработки научно технологических основ обработки низкотемпературной плазмой различных материалов, биологических объектов и живых тканей.

Усенов Е.А. в ходе работы над диссертацией проявил себя квалифицированным специалистом в своей области, способным самостоятельно проводить исследования с применением различных экспериментальных методов. Результаты по исследованию свойств низкотемпературной комплексной плазмы с наночастицами были получены во время стажировки соискателя в Институте экспериментальной и прикладной физики, г. Киль, Германия.

Диссертационная работа Усенова Е.А. выполнена в соответствии с планами фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ в рамках проектов «Влияние процессов пылеобразования и свойств

пристеночной плазмы с пылинками на режимы работы термоядерных энергетических реакторов» (2015-2017 гг., шифр 3112/ГФ4), «Исследование свойств и влияния холодной плазмы атмосферного давления на поверхности материалов» (2015-2017 гг., шифр 3220/ГФ4.), «Разработка научно-технологических основ повышения роста растений и урожайности зерновых культур с помощью обработки холодной плазмой атмосферного давления» (2018-2020 гг., ИРН AP05134280).

Полученные результаты в настоящей диссертационной работе отражены в соответствующих публикациях Усенова Е.А.. По основным результатам диссертационной работы опубликовано 24 печатных работ: 5 статьей в журналах из перечня ККСОН МОН РК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание степени PhD и 3 статьи в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором, входящих в Международный информационный ресурс Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus; 15 работ в материалах Международных научных конференций, из них 12 в зарубежных конференциях и 1 патент на изобретение РК.

Полученные в диссертационной работе результаты хорошо востребованы научной общественностью и высоко цитируются. К примеру, по данным Томсон Ройтерс на статьи Усенова Е.А. имеются более 20 ссылок и его индекс Хирша равен 3.

Считаю, что диссертационная работа Усенова Е.А. «Диагностика низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферных давлениях», соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а его автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика».

Научный руководитель,
Академик НАН РК,
д.ф.-м.н., профессор Т.С. Рамазанов

ҚОЛТАҢБАСЫН РАСТАЙМЫН
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ