

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.190.06 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕТРОЗАВОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.10.2016 г., протокол № 39

о присуждении **Семенову Александру Владимировичу** гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «*Исследование модификации поверхности частиц меламин-формальдегида (MF-R) в комплексной плазме*» в виде рукописи по специальности 01.04.04 – физическая электроника выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петрозаводский государственный университет» на кафедре информационно-измерительных систем и физической электроники физико-технического факультета.

Диссертация принята к защите «15 » июля 2016 года № протокола 37.

Соискатель Семенов Александр Владимирович, 1986 года рождения, гражданин Российской Федерации, на момент защиты работает на кафедре информационно-измерительных систем и физической электроники физико-технического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» в должности инженера. В 2009 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» по направлению «Информатика и вычислительная техника». В 2013 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» по направлению 01.04.04 – физическая электроника.

Диссертация выполнена на кафедре информационно-измерительных систем и физической электроники физико-технического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент **Пергамент Александр Лионович** работает в должности доцента кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники физико-технического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. **Полищук Владимир Анатольевич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, заведующий сектором электронной микроскопии Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО),
2. **Попель Сергей Игоревич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией плазменно-пылевых процессов в космических объектах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

дали **положительные** отзывы о диссертации.

*Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», г. Москва, в своем **положительном** заключении, подписанном главным научным сотрудником лаборатории плазменно-пылевых процессов НИЦ-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», доктором физико-математических наук, профессором, *Василяком Леонидом Михайловичем*, ведущим научным сотрудником лаборатории плазменно-пылевых процессов НИЦ-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, *Молотковым Владимиром Ивановичем*, заведующим отделением низкотемпературной плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом Российской академии наук, *Петровым Олегом Федоровичем* и*

утвержденным заместителем директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», кандидатом физико-математических наук, Гавриковым Андреем Владимировичем, указала, что «диссертация полностью удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверженного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям». Отзыв о диссертационной работе Семенова А.В. рассмотрен и одобрен на научном семинаре Отделения №1.2 низкотемпературной плазмы Объединенного института высоких температур Российской академии наук от 07 сентября 2016 г., протокол № 1.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Горбенко Анны Петровны, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры общей физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Замечания:

- 1) Результаты главы 4 получены для условий ВЧ разряда, а главы 3 - для тлеющего разряда. Насколько их можно сопоставить между собой?
- 2) Можно ли дать более детальное сравнение результатов деградации поверхности, измеренных различными методами (электронным и атомным силовым микроскопом), т.е., сопоставить с имеющимися литературными данными?

2. Пустыльника Михаила Юрьевича, кандидата физико-математических наук, научного сотрудника Немецкого Аэрокосмического Центра.

Замечания:

- 1) Автор несколько раз употребляет термин «всесторонняя поверхностная модификация». Интересно было бы узнать, что под этим термином подразумевается? В чем особенность метода модификации поверхности полимерного материала в слабоионизованной среде?
- 2) Некоторые уже известные из предыдущих работ и нашедшие подтверждение в данной работе результаты даются автором без ссылок. Например, о большей скорости распыления МФ-частиц в аргон-кислородной плазме по сравнению с чисто аргоновой было сообщено в Mitic et.al., J. Phys. D 45, 335203 (2013). О

масс-спектрометрических исследованиях аргоновой плазмы, содержащей МФ-частицы, сообщалось в Killer et.al., *Plasma Sources Sci. Technol.* 24, 025029 (2015). Было бы интересно увидеть сравнение результатов масс-спектрометрии, проведенной автором, и результатов масс-спектрометрии, опубликованных в упомянутой выше работе. Хотелось бы обратить внимание на то, что результаты масс-спектрометрии являются положением, выносимым автором на защиту.

- 3) В автореферате отсутствуют данные о характерных энергиях связей в МФ. Известны ли автору эти (ключевые для понимания процессов модификации поверхности) величины?
- 4) При рассмотрении потоков энергии на поверхность частицы (уравнение 2) не учитывается вклад неравновесного излучения плазмы и метастабильных атомов. Почему?
- 5) Остается неясным механизм распыления МФ в плазме чистого благородного газа. Может ли автор назвать процессы, которые потенциально могли бы приводить к распылению? Какой механизм представляется автору наиболее вероятным?
- 6) Крайне интересны данные по фрактальной структуре поверхности МФ-частиц. Подобные данные приводятся впервые. Каковы физические последствия фрактальной структуры поверхности частиц, ее влияние, например, на равновесный заряд частицы в плазме?
- 7) Может ли автор на основе имеющихся экспериментальных данных дать какие-либо рекомендации для космических экспериментов с комплексной плазмой, содержащей МФ частицы? Например, каково было бы ограничение на длительность работы на статическом давлении из-за загрязнения рабочего газа продуктами распада частиц и вследствие изменения размеров частиц?

3. Семенова Владимира Евгеньевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего отделом физики плазмы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН).

Замечание: автореферат написан хорошим грамотным языком, но отдельное сочетание терминов является, на мой взгляд, неудачным. Например, при

описании влияния добавок кислорода в газовую смесь на результаты взаимодействия микрочастиц с плазмой (соответствующие результаты изложены в третьей главе диссертации) автор говорит о трансформации плазмы из электрон-ионной в ион-ионную, что достаточно типично, т.к. электроны достаточно эффективно прилипают к молекулам кислорода с образованием отрицательных ионов кислорода. Однако в тексте автореферата на стр. 15 после упоминания об ион-ионной плазме говорится одновременно о положительных ионах кислорода, как основных ионах плазмы, и подавлении электронной компоненты, а упоминание об отрицательных ионах кислорода, образование которых и подавляет электронную компоненту, несколько запаздывает, что может создать искаженное представление у неискушенного читателя.

Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, **положительные** (из них 3 отзыва с замечаниями, указанными выше) и заканчиваются выводом, что диссертационная работа Семенова А.В. полностью соответствует требованиям, которые ВАК предъявляет к кандидатским диссертациям, а ее автор – Семенов А.В. – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в области физики низкотемпературной плазмы, значимым вкладом ведущей организации в области изучения упорядоченных плазменно-пылевых структур в комплексной плазме, что подтверждается публикациями за последние пять лет оппонентов и ученых из ведущей организации в высокорейтинговых научных журналах в области физики конденсированного состояния и физики плазмы.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 10 научных работ общим объемом 5,1 печатных листа, в том числе 6 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 1 работа в зарубежном научном издании, индексируемом в базе данных SCOPUS; 3 работы опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Семенов А. В., Хахаев А. Д., Щербина А. И., Пискунов А. А., Жариков Н. Е., Подрядчиков С. Ф. Модификация свойств плазменно-пылевых структур и микрочастиц в комплексной плазме. // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2010. - 6: – С. – 99-108.
2. Семенов А. В., Хахаев А. Д., Щербина А. И., Величко А. А. Поверхностная и объемная модификация микрочастиц меламин-формальдегида (MF-R), взвешенных в комплексной плазме. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – Наука, 2012. - 2: – С. 1-8.
3. Семенов А. В., Пергамент А. Л., Пустыльник М. Ю. Масс-спектрометрические исследования состава газовой среды комплексной плазмы с частицами меламин-формальдегида // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2012. - 8: – С. 99-102.
4. Семенов А. В., Хахаев А. Д., Щербина А. И., Величко А. А. Исследование модификации поверхности частиц плазменных кристаллов. // Физическое образование в вузах. Приложение. Труды конференции – конкурса молодых физиков. Под редакцией Н. В. Калачева и М. Б. Шапочкина, Т.15, №1, 2009. – С. 48-49.
5. Семенов А. В., Хахаев А. Д., Щербина А. И., Величко А. А. Пылевая плазма как новый способ всесторонней модификации поверхности микро- и наноразмерных частиц для биомедицинских приложений. // Физическое образование в вузах. Приложение. – 2012. Т. 18, № 1. – С. 33.
6. Семенов А. В., Пергамент А. Л., Щербина А. И., Пикалев А. А. Исследование модификации поверхности микрочастиц меламин-формальдегида (MF-R) в комплексной плазме. // Прикладная физика, 2016, № 2. – С. 57-61.
7. Semenov A. V., Pergament A. L., Pikalev A. A. Raman spectroscopy of melamine-formaldehyde resin microparticles exposed to processing in complex plasma. // Journal of Raman Spectroscopy, 2016, DOI: 10.1002/jrs.4958.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены новые способы и методы, позволяющие исследовать процессы деструкции материала полимерных микрочастиц при их экспозиции в составе упорядоченных плазменно-пылевых структур в комплексной плазме;

выбраны и обоснованы диагностические методы, позволяющие в полной мере охарактеризовать степень воздействия активных компонентов среды комплексной плазмы на структуру и свойства вещества, проэкспонированного в составе упорядоченных плазменно-пылевых структур.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработана методика анализа поверхностных свойств микрочастиц при помощи методов атомного-силовой микроскопии;

предложена модель оценки основных потоков энергии активных компонентов плазмы на поверхность частицы, приводящих к ее модификации, что может быть учтено при дальнейшей более глубокой проработке и развитии теории комплексной плазмы с целью определения новых свойств упорядоченных плазменно-пылевых структур в зависимости от компонентного состава плазмы, условий их формирования и зарядки, а также процессов деструкции вещества в заданных условиях;

выявлены зависимости параметров шероховатости поверхности, фрактальной размерности поверхности микрочастиц от вида плазмообразующего газа и времени экспозиции в комплексной плазме;

оценен вклад потоков энергии на поверхность частицы при процессах модификации в условиях комплексной плазмы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан подход для создания и применения способа всесторонней поверхностной модификации микро- и наноразмерных объектов и веществ в низкотемпературной плазме инертных газов;

представлены результаты масс-спектрометрических исследований состава газовой среды комплексной плазмы, которые важны при изучении комплексной плазмы в условиях микрогравитации с использованием закрытых газоразрядных камер и трубок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены на сертифицированном научном оборудовании;

использованы современные методы получения и обработки данных физического эксперимента и методики математической обработки экспериментальных данных, позволяющие получить статистически достоверный результат;

полученные результаты основаны на совокупности экспериментальных данных исследования процессов модификации поверхности микрочастиц в условиях комплексной плазмы;

проведено корректное сопоставление полученных результатов с опубликованными данными по тематике исследования;

установлено соответствие авторских результатов с результатами, имеющимися в литературных источниках по данной тематике;

Личный вклад соискателя состоит в:

- анализе литературных данных по теме диссертации;
- разработке и реализации экспериментальных методик по исследованию:
 - модификации поверхности частиц меламин-формальдегида, составляющих упорядоченные плазменно-пылевые структуры в комплексной плазме аргона, неона, смеси аргон-кислорода;
 - поверхностной структуры сферических микрочастиц с помощью методов атомно-силовой микроскопии;
 - масс-спектров состава газовой среды комплексной плазмы;
 - состава и структуры частиц, составляющих упорядоченные плазменно-пылевые структуры в комплексной плазме с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния;
- планировании и проведении численных экспериментов;
- проведении анализа построенных моделей;
- непосредственном участии в обсуждении и интерпретации полученных результатов и формулировке выводов. Подготовка публикаций по теме диссертации осуществлялась совместно с соавторами работ.

Научные публикации и автореферат полностью отражают содержание диссертации и результаты, полученные в работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием

последовательного плана исследований, непротиворечивостью результатов и взаимосвязью выводов.

Диссертационный совет Д 212.190.06 на заседании 14 октября 2016 г. пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475), и принял решение присудить Семенову Александру Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 14, против присуждения учёной степени – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Гуртов Валерий Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пикулев Виталий Борисович

14 октября 2016 г.

