

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ  
ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 23.12.2015 № 18

О присуждении Бутлицкому Михаилу Анатольевичу, гражданину РФ ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Термодинамика ультрахолодной ридберговской плазмы» по специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника, принята к защите 14.10.2015 г., протокол № 15, диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр.2, [jiht.ru](http://jiht.ru), +7 (495) 485-83-45), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Бутлицкий Михаил Анатольевич 1982 года рождения, в 2005 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский инженерно-физический институт (государственный университет).

В 2008 году окончил очную аспирантуру Московского инженерно-физического института (государственного университета).

Работает младшим научным сотрудником Лаборатории № 1.2.3.3. — теплофизических свойств материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (г. Москва).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединенном институте высоких температур Российской академии наук, в лаборатории № 1.2.3.3. — теплофизических свойств материалов.

Научный руководитель — Зеленер Борис Вигдорович, к. ф.-м. н., заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

**Официальные оппоненты:**

Воронцов-Вельяминов Павел Николаевич, д. ф.-м. н., Санкт-Петербургский государственный университет (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб.,



д. 7-9, тел: +7 (812) 328-20-00, эл. почта: [srbu@srbu.ru](mailto:srbu@srbu.ru)), профессор кафедры молекулярной биофизики и физики полимеров;

Баско Михаил Михайлович, д. ф.-м. н., Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук (125047, Москва, Миусская пл., д. 4, тел.: +7 499 978-13-14, факс: +7 499 972-07-37, эл. почта: [office@keldysh.ru](mailto:office@keldysh.ru)), ведущий научный сотрудник отдела Вычислительной физики и кинетических уравнений;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», в своем положительном заключении, подписанном деканом факультета проблем физики и энергетики, доктором физико-математических наук, профессором Леоновым А. Г. (утвержденном ученым секретарем канд. физ.-мат. наук доцентом Скалько Ю. И.), указала что:

1. В диссертации для расчета термодинамики ультрахолодной плазмы использована модифицированная псевдопотенциальная модель, где вклад во взаимодействие связанных состояний ридберговских атомов учтен из первых принципов в разложении по водородным волновым функциям.
2. Впервые исследована в широком диапазоне параметров модель плазмы «кулон с полочкой».
3. В модифицированной псевдопотенциальной модели ридберговской плазмы обнаружена область формирования квазикристаллической структуры. Сделано предположение о возможности существования метастабильных периодических структур в ридберговской плазме.
4. Предсказывается возможность фазового перехода первого рода типа «газ–жидкость» в модели плазмы «кулон с полочкой».

Соискатель имеет 5 опубликованных научных статей по теме диссертации, 5 из них — в реферируемых журналах из списка ВАК.

#### Основные работы:

1. *Butlitsky M.A., Fortov V.E., Manykin E.A., Zelener B.B., Zelener B.V.* Thermodynamics of nonideal Rydberg plasma created by dye laser // *Laser Physics*. – 2005. – Vol. 15. N 2. – С. 1-6

Статья посвящена расчету термодинамических свойств ридберговской плазмы в рамках модифицированной псевдопотенциальной модели. Личный вклад автора 4.5 из 6 страниц.



2. Бутлицкий М.А., Зеленер Б.Б., Зеленер Б.В., Манькин Э.А. Двухчастичная матрица плотности и псевдопотенциал электрон–протонного взаимодействия для ультранизких температур // Жур. выч. мат. и мат. физ. – 2008. – Т. 48. №1. – С. 156–160.

Статья посвящена точному численному расчету псевдопотенциалов электрон-ионного взаимодействия в разложении по водородным волновым функциям. Личный вклад автора 4 из 5 страниц.

3. Бутлицкий М. А., Зеленер Б. Б., Зеленер Б. В., Манькин Э. А., Хихлуха Д. Р. Функция распределения и кинетические процессы в ультрахолодном ридберговском веществе // Ядерная физики и инжиниринг. – 2012. – Т. 3. №2. – С. 151-157

Статья посвящена анализу кинетики и влиянию термодинамических и структурных свойств ридберговской плазмы на замедление рекомбинации. Личный вклад автора 2 из 7 страниц.

4. Butlitsky M. A., Zelener B. B., Zelener B. V. Critical point of gas–liquid type phase transition and phase equilibrium functions in developed two–component plasma model // J. Chem. Phys. – 2014. –N 141. – P. 024511(1-6)

Статья посвящена анализу термодинамики модели «кулон с полочкой» и расчету параметров критической точки фазового перехода. Личный вклад автора 5 из 6 страниц.

5. Бутлицкий М. А., Зеленер Б. Б., Зеленер Б. В. К вопросу о кулоновском фазовом переходе // ТВТ. — 2015. — Т. 53 № 2. — С. 163–168.

Статья посвящена анализу модели «кулон с полочкой» и расчету линий спинодали, бинодали фазового перехода. Анализируется также возможность экспериментального обнаружения фазового перехода в модели «кулон с полочкой». Личный вклад автора 5 из 6 страниц.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва** (доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры физики твердого тела и наносистем Кашурников В. А.) — отзыв положительный, с замечанием:

— Вызывает сомнение справедливость некоторых из расчетов, сделанных в работе. Следует более точно определить область применимости предложенной схемы расчета;

2. **Казахский национальный университет им. аль-Фараби, КазНУ, г. Алматы** (Зам. декана физико-технического факультета доктор физ.-мат. наук, профессор Джумагулова К. Н.) — отзыв положительный, без замечаний;



**3. Объединенный институт высоких температур РАН, ОИВТ РАН, г. Москва** (Главный научный сотрудник теоретического отдела №1.2.4. им. Л. М. Бибермана, доктор физ.-мат. наук Хомкин А. Л.) — отзыв положительный, с вопросом:

— хотелось бы знать мнение автора о составе фаз полученного фазового перехода;

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

Воронцов-Вельяминов Павел Николаевич, д-р физ.-мат. наук, профессор, является ведущим ученым в области теоретического исследования свойств многочастичных систем численными методами (в том числе исследования термодинамики и фазовых переходов кулоновских систем методом Монте-Карло):

1. Voroncov-Velyaminov P. N., Voznesenskiy M. A., Calculation of Canonical Properties of a Quantum System by Path Integral Numerical Methods // Contributions to Plasma Physics Vol. 53, Issue 4-5, 2013, pp. 270–275

2. Voroncov-Velyaminov P. N., Silantyeva I. A., Thermodynamic Properties of Star Shaped Polymers Investigated with Wang-Landau Monte Carlo Simulations // Macromol. Symp. 2012, v. 317-318, p. 267–275

3. Воронцов-Вельяминов П. Н., Силантьева И. А., Расчет плотности состояний и термических свойств полимерных цепей и звезд на решетке методом Монте-Карло с использованием алгоритма Ванга–Ландау // Вычислительные методы и программирование, 2011, т. 12, вып. 4, с. 397–408

Баско Михаил Михайлович, д-р физ.-мат. наук, является признанным специалистом в области физики плазмы (в том числе неидеальной), теории кулоновского торможения заряженных частиц, инерциального термоядерного синтеза. Автор ряда теоретических и соавтор экспериментальных работ по исследованию свойств плазмы, в том числе численными методами:

1. Basko M. M., Novikov V.G., Grushin A.S. On the structure of quasistationary laser ablation fronts in strongly radiating plasmas // Physics of Plasmas, T. 22, C. 053111, 2015

2. Basko M. M., Faik S., Tauschwitz A., Maruhn J. A., Rosmej O., Rienecker T., Novikov V. G., Grushin A. S. Creation of a homogeneous plasma column by means of hohlraum radiation for ion-stopping measurements // High Energy Density Physics, T. 10, C. 47, 2014



3. Basko M. M., Tauschwitz A., Frank A., Novikov V., Grushin A., Blazevic A., Roth R., Maruhn J.A. 2D radiation-hydrodynamics modeling of laser plasma targets for ion stopping measurements // High Energy Density Physics, T.9, C. 158, 2013

Выбор Московского физико-технического института (государственного университета) в качестве ведущей организации обусловлен тем, что МФТИ является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования, в том числе в области термодинамики неидеальной плазмы и кулоновских систем. На кафедрах факультета проблем физики и энергетики, а также на кафедре физической механики активно ведутся работы по исследованию термодинамики сильно неидеальной плазмы, фазовых переходов в кулоновских системах, физики низкотемпературной плазмы, что близко к тематике диссертационного исследования соискателя:

1. Son E. E., Current Investigations of Thermophysical Properties of Substances // High Temperature, 2013, vol. 51, No 3, pp. 351-368

2. Konovalov V. P., Savelev A. S., Son E. E., Probe Measurements of Plasma Parameters in Torch Plasmatron // High Temperature, 2014, Vol. 52, No. 2, pp. 145–149

3. Konovalov V. P., Son E. E., Degradation spectra of electrons in the ionosphere // J. Phys.: Conf. Ser., 2015, 653, 012120

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

— предложен способ расчета термодинамических свойств ридберговской плазмы с сильно замедленной рекомбинацией в рамках модифицированной псевдопотенциальной модели, в которой реализуется только часть уровней дискретного спектра ридберговских атомов. Расчет взаимодействия в модели сделан численно в разложении по водородным волновым функциям

— получены новые данные по структурным свойствам модифицированной псевдопотенциальной модели неидеальной ридберговской плазмы

— предсказана возможность существования в ультрахолодной ридберговской плазме метастабильной квазикристаллической структуры

— в широкой области параметров исследована псевдопотенциальная модель двухкомпонентной плазмы «кулон с полочкой», в ней обнаружен фазовый переход типа газ—жидкость, рассчитаны параметры критической точки.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

— исследованы модели неидеальной плазмы, построенные из первых принципов, в новой области температур и плотностей системы, в которой на данный момент



существуют лишь отдельные экспериментальные данные, но не существует универсальных теоретических моделей;

— обнаружены новые структурные свойства ридберговской плазмы в рамках псевдопотенциальной модели (формирование ближнего и дальнего порядков);

— обнаружен и подробно исследован фазовый переход первого рода в модели плазмы «кулон с полочкой».

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

— разработан алгоритм точного численного расчета псевдопотенциалов электрон-ионного взаимодействия в разложении по водородным волновым функциям. Это позволяет рассчитывать из первых принципов взаимодействие в кулоновских невырожденных системах;

— разработан алгоритм расчета термодинамических свойств двухкомпонентной плазмы методом Марковских цепей для псевдопотенциальной модели;

— обнаруженные структурные свойства и фазовый переход могут служить основой для создания эксперимента, подтверждающего наличие новых свойств в ультрахолодной ридберговской плазме. Результаты работы позволяют оценить области параметров и особенности системы, где можно обнаружить новые свойства;

— отдельно можно подчеркнуть, что результаты работы легли в основу эксперимента по ультрахолодной плазме, который в данный момент реализуется в Объединенном Институте Высоких температур РАН в лаборатории 1.2.3.3, сотрудником которой является соискатель.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в ОИВТ РАН, Институте проблем химической физики Российской академии наук, МФТИ, Московском энергетическом институте и многих других научных учреждениях.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

— расчетно-теоретические исследования построены на известных, проверяемых данных, фактах, общепризнанных законах термодинамики и статистической физики. Они согласуются с опубликованными данными по теме диссертации;

— идея диссертационной работы базируется на особенностях ультрахолодной ридберговской плазмы, обнаруженных экспериментально и подтвержденных многочисленными теоретическими результатами и оценками;

— использованы современные методы численного счета;



— установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех областях, где существуют такие результаты;

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в выборе темы исследования, постановке задачи. Все расчеты и анализ их результатов выполнены лично соискателем. Апробация результатов исследования проводилась на 8 российских и международных научных конференциях и семинарах, в которых соискатель принимал личное участие. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены лично автором.

На заседании 23.12.2015 г. диссертационный совет сделал вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., и принял решение присудить Бутлицкому М. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 26 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 14 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 26, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02  
д.ф.-м.н., профессор



Андреев Н. Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02  
к.ф.-м.н.



Васильев М. М.

23.12.2015 г.

М.П.

