

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02,
СОЗДАННОГО 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 11.12.2019г. № 10

О присуждении Мартыновой Инне Александровне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Расчетно-теоретическое исследование термодинамических свойств комплексной плазмы» по специальности 01.04.08 – физика плазмы принята к защите 08.10.2019г., (протокол заседания № б) диссертационным советом Д 002.110.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Мартынова Инна Александровна 1991 года рождения, в 2015 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Работает в должности научного сотрудника лаборатория № 17.3 – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2019 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре физики высоких плотностей энергии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)».

Научный руководитель доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории №1.5 - экстремальных энергетических воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук старший научный сотрудник Иосилевский Игорь Львович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, доцент, заместитель директора Научно-производственного центра физики ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» по НИР Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» Дубинов Александр Евгеньевич;

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук Игнатов Александр Михайлович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (г. Москва) в своем положительном заключении, составленном ведущим инженером д.ф.-м.н. Филипповым А.В. (утвержденном 25.11.2019г. генеральным директором д.т.н. Марковым Д.В.) указала, что научная значимость работы состоит в установлении факта

влияния нелинейного экранирования на термодинамику и положение фазового состояния на фазовой диаграмме комплексной плазмы, а также в изучении термодинамики мало исследовавшейся ранее комплексной плазмы с двумя сортами макроионов.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: ОИВТ РАН, ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, ИПХФ РАН, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», МФТИ(НИУ), Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Исследовательский центр им. М.В. Келдыша, НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына и др.

Соискатель имеет 46 печатных работ, из них 11 статей в рецензируемых журналах (из них 9 статей опубликованы в журналах, которые в настоящее время рецензируются ВАК по направлению 01.04.08 – физика плазмы, список приведен в конце автореферата), 14 докладов и 21 тезис докладов в сборниках трудов конференций:

1. Martynova I., Iosilevskiy I. Effect of the non-linear screening on a modification of the Debye-Hückel plus hole approximation in complex plasma // Contributions to Plasma Physics. – 2019. – V. 59, № 4-5. – P. 1-6.
2. Martynova I., Iosilevskiy I. Effect of non-linear screening on thermodynamic properties of complex plasma // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1147. – P. 012107.
3. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Effect of nonlinear screening on a complex plasma phase state // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2018. – V. 46, № 1. – P. 14–18.
4. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Non-linear screening and phase states of a complex plasma // Contributions to Plasma Physics. – 2018. – V. 58, № 2–3. – P. 203–208.
5. Martynova I., Iosilevskiy I. Non-linear charge screening and interaction energy of macroions in complex plasma // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1094. – P. 012032.

6. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Macroions non-linear screening in complex plasma // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – V. 946. – P. 012147.
7. Martynova I., Iosilevskiy I. Features of Phase Transitions in Models of Complex Plasma // *Contributions to Plasma Physics*. –2016. – V. 56. – P. 432–441.
8. Martynova I., Iosilevskiy I. Problem of phase transitions and thermodynamic stability in complex (dusty, colloid etc) plasmas // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2016. – V. 774. P. 012173.
9. Martynova I., Iosilevskiy I. On melting density gap and non-congruence of phase transitions in models of dusty and colloid plasmas // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2015. – V. 653. – P. 012141.
10. Мартынова И.А., Иосилевский И.Л. О кривой плавления и неконгруэнтности в коллоидной и пылевой плазме // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т. 22. – С. 147–151.
11. Мартынова И.А., Иосилевский И.Л. Пылевая плазма. Фазовые диаграммы, скачок плотности и неконгруэнтность фазовых переходов // *Известия института инженерной физики*. – 2014. – Т. 3, № 33. – С.39–44.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт теоретической физики» имени академика Е.И. Забабахина** (начальник лаборатории НИО-4 к.т.н. Смирнов Е.Б.) – отзыв положительный, с замечанием:
 - в качестве недостатка работы можно отметить то, что эффективный сдвиг фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками на исходной фазовой диаграмме, рассчитанный в работе на основе введения понятий эффективного заряда макроиона и разделения микроионов на свободные и связанные, следовало бы рассчитать для различных значений радиуса макроиона

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (главный научный сотрудник лаборатории 14.1 – теории неидеальной плазмы д.ф.-м.н. Ваулина О.С.) – отзыв положительны, с замечанием:

- К недостаткам работы можно отнести то, что значительная часть цитированных в автореферате источников литературы была опубликована более пятнадцати-двадцати лет назад, и могла потерять свою актуальность.

3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (главный научный сотрудник лаборатории 7.2 – теплофизических и кинетических свойств веществ д.ф.-м.н. Хомкин А.Л.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- В одной из рассмотренных моделей используется представление о дебаевском механизме экранировки. Для этого необходимо, чтобы радиус Вигнера-Зейтца всегда был меньше радиуса Дебая (структурный параметр меньше единицы). В тексте автореферата это обстоятельство специально не оговорено.

- В работе не обсуждается связь рассмотренных моделей с реальными объектами: пылевой плазмой и т.д. Желательно сравнение с экспериментом.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (главный научный сотрудник лаборатории 17.1 – плазменно-пылевых процессов д.ф.-м.н. Жуховицкий Д.И.) - отзыв положительный, с замечанием:

- В главе 4, где исследуется влияние нелинейности экранирования заряда макроионов на параметры плазмы, полученные соотношения необоснованно обобщаются на двухтемпературную систему, для которой распределение Больцмана для микроионов, использованное при выводе этих соотношений, не имеет места. В данной неравновесной системе, вообще говоря, не справедливы также и термодинамические соотношения.

5. Institute of Materials in Space, Deutches Zentrum für Luft- and Raumfahrt (Институт Физики Материалов в Космосе, Немецкий Аэрокосмический Центр) (ученый исследователь к.ф.-м.н. Храпак С.А.) -

отзыв положительный, с замечаниями:

- Я не увидел в автореферате того, что заряд пылевых частиц в комплексной плазме не фиксирован, а может например изменяться при изменении концентрации частиц. Это может иметь влияние на термодинамику и заслуживает изучения.

- Отрицательность термодинамических величин для систем Дебая-Хюккеля связана с учетом вклада нейтрализующего фона (давление и энергия расталкивающихся частиц будут очевидно всегда положительными). Можно было бы обсудить, при каких условиях учет фона необходим, а при каких условиях термодинамических свойств однокомпонентной системы достаточно.

- Наконец, было бы интересно обсудить возможную верификацию полученных результатов в экспериментах (с примером необходимых условий, параметров плазмы и частиц и т.д.).

6. Princeton University, School of Engineering and Applied Science (Университет Принстон, Школа инженерии и прикладной науки) (ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н. Стариковский А.Ю.) – отзыв положительный, с замечанием:

- В качестве замечания следует отметить, что в работе И.А. Мартыновой учет эффекта нелинейного экранирования реализован в модификация модели корреляционной полости лишь внутри этой полости, в то время как вне этой полости расчет самосогласованного потенциала оставлен в линеаризованном (дебаевском) приближении, что несколько нарушает логику учета эффекта нелинейности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., доцент Дубинов А.Е. является ведущим ученым в области теоретической физики и физики плазмы, в том числе физики волновых процессов в пылевой плазме.

1. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Backward and Sideward Waves of Space Charge in Neutralized Electron Flux // IEEE Transactions on Plasma Science, 46(8), pp. 2831-2833, 2018;

2. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Backward ion-acoustic waves in plasma with unidirectional ion flow // Contributions to Plasma Physics, 57(9), pp. 373-376, 2017;

3. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Can Ion-Acoustic Waves in Plasma Be Backward Waves? // Physics of Wave Phenomena, 25(2), pp. 137-139, 2017.

- д.ф.-м.н., профессор Игнатов Александр Михайлович является признанным специалистом в области физики плазмы, в том числе динамики пылевой плазмы.

1. Ignatov A.M. Collective Ion Drag Force // Plasma Physics Reports, 45(9), pp.850-854, 2019.

2. Ignatov A.M. Edge Wave Propagating along a Thin Plasma Layer // Plasma Physics Reports, 44(10), pp.926-932, 2018.

3. Ignatov A.M. Oscillations of a molecular dusty-plasma crystal // Plasma Physics Reports, 43(11), pp.1072-1079, 2017.

- Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» является известным в России и за рубежом своими результатами и достижениями центром научных исследований в области управляемого термоядерного синтеза, физики плазмы, лазерной физики и техники. Результаты проводимых там исследований обладают высокой степенью новизны, крайне актуальны и имеют обширную сферу применения. Во-первых, они имеют фундаментальное значение для физики

плазмы, Во-вторых, они находят свое применение при разработке термоядерных реакторов, приборов и устройств для диагностики высокотемпературной плазмы и твердых тел, плазменных ускорителей, новых технологических процессов с использованием плазменных потоков и лазерного излучения и т.д.

1. Решетняк В.В., Филиппов А.В. Свойства кристаллов и жидкости Юкавы в условиях жидкого равновесия // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 156, выпуск 3(9), с. 545-556, 2019.
2. Филиппов А.В., Дербенев И.Н., Куркин С.А. Экранирование в многокомпонентной плазме на примере плазмы влажного воздуха // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 152, выпуск 5(11), с. 1131-1143, 2017.
3. Филиппов А.В., Загородний А.Г., Момот А.И., Паль А.Ф., Старостин А.Н. Исследование экранирования заряда макрочастиц в неравновесной плазме на основе столкновительной кинетической модели точечных стоков // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 152, выпуск 5(11), с. 1088-1103, 2017.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Впервые проведена теоретическая оценка величины скачка плотности вдоль всей границы плавления и получена аналитическая зависимость скачка плотности на границе плавления от параметров κ и Γ на этой кривой. Максимальный скачок плотности составил около 10%.

2) Предложена оригинальная научная гипотеза, что положение границ фазового состояния равновесной электронейтральной резко-асимметричной классической двухкомпонентной системы на фазовой диаграмме комплексной плазмы определяется эффективным зарядом макроиона и его экранированием только свободными микроионами, а не исходным зарядом макроиона и экранированием всеми микроионами. На основе этого

предположения впервые рассчитаны сдвиги фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками исходной диаграммы системы с потенциалом Юкавы.

3) Впервые продемонстрировано, что на исходной фазовой диаграмме системы с потенциалом Юкавы должен быть дополнительный ранее неучтенный фазовый переход газ-жидкость.

4) Впервые показано, что энергия кулоновского взаимодействия, рассчитанная в приближении Дебая-Хюккеля в корреляционной области с учетом эффекта нелинейного экранирования внутри этой полости, существенно отличается от энергии кулоновского взаимодействия, полученной в линеаризованном (дебаевском) приближении корреляционной полости.

5) Опираясь на результаты расчета нелинейного экранирования в приближении средних сферических ячеек Вигнера-Зейтца для одного сорта макроионов, впервые обобщена теория нелинейного экранирования на случай смеси двух сортов макроионов и одного сорта микроионов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– продемонстрированы сдвиги фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками исходной диаграммы на основе введения понятий эффективного (видимого) заряда макроиона и разделения микроионов на свободные и связанные,

– показано, что кулоновская энергия существенно отличается от полученной в линеаризованном (дебаевском) приближении корреляционной полости;

– рассчитаны границы неустойчивости относительно самопроизвольного распада флюидного состояния системы на фазы разной плотности.

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

– рассчитана область характерных параметров на фазовой диаграмме двухкомпонентной трехмерной асимметричной комплексной плазмы

– выявлено положение ранее неучтенного фазового перехода флюид-флюид на фазовой диаграмме двухкомпонентной трехмерной асимметричной комплексной плазмы.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: ОИВТ РАН, ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, ИПХФ РАН, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», МФТИ(НИУ), Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Исследовательский центр им. М.В. Келдыша, НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов подтверждается сравнением с результатами прямого численного моделирования методами Монте-Карло и молекулярной динамики для одинаковых условий.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка полученных результатов к публикациям проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены автором лично.

Апробация результатов исследования проводилась более, чем на 35 конференциях различного уровня. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 11.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Мартыновой Инне Александровне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.08 — «Физика плазмы» и 11 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 - 22, 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

д.ф.-м.н.

 Васильев М.М.
11.12.2019г.