

Результаты публичной защиты

Дата защиты: 17 марта 2016 г.

Соискатель: Кашенко Николай Михайлович.

Диссертация «Численное исследование неустойчивости Рэлея-Тейлора в низкоширотной ионосфере» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 — механика жидкости, газа и плазмы.

Заседание ведет: Четверушкин Борис Николаевич, председатель диссертационного совета.

На заседании из 25 членов диссертационного совета присутствуют 19:

1.	ЧЕТВЕРУШКИН Б.Н.	д.ф.-м.н.	05.13.18
2.	ТИШКИН В.Ф.	д.ф.-м.н.	01.01.07
3.	КАЛИТКИН Н.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
4.	КОРНИЛИНА М.А.	к.ф.-м.н.	05.13.18
5.	ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
6.	ГАСИЛОВ В.А.	д.ф.-м.н.	01.02.05
7.	ГОЛОВИЗНИН В.М.	д.ф.-м.н.	01.02.05
8.	ДОЛГОЛЕВА Г.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
9.	ЕЛИЗАРОВА Т.Г.	д.ф.-м.н.	01.02.05
10.	ЗМИТРЕНКО Н.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
11.	КАРАМЗИН Ю.Н.	д.ф.-м.н.	01.01.07
12.	КОВАЛЕВ В.Ф.	д.ф.-м.н.	05.13.18
13.	КОЛЕСНИЧЕНКО А.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
14.	ЛУЦКИЙ А.Е.	д.ф.-м.н.	01.02.05
15.	МАЖУКИН В.И.	д.ф.-м.н.	05.13.18
16.	ПЕТРОВ И.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05
17.	ПОЛЯКОВ С.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
18.	ЯКОВОВСКИЙ М.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18

Докторов по профилю диссертации - 6. Кворум имеется.

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

НАУКИ ИНСТИТУТА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ им.
М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 17 марта 2016 г., № 3

О присуждении **Кащенко Николаю Михайловичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «**Численное исследование неустойчивости Рэля-Тейлора в низкоширотной ионосфере**» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 03 декабря 2015 года, протокол № 16, диссертационным советом Д002.024.03 на базе ФГБУН Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, 125047, Москва, Миусская пл., д.4, приказ №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Кащенко Николай Михайлович**, 1952 года рождения.

В 1975 году соискатель окончил Калининградский государственный университет (КГУ), физико-математический факультет, по специальности «Математика», ему присуждена квалификация «Математик. Преподаватель».

В 1989 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, место защиты ИЗМИРАН, г. Троицк, специальность 04.00.22 – геофизика, тема: «Численное моделирование экваториальной F-области в различных геофизических условиях». Работает в должности доцента кафедры Математического моделирования и информационных систем в ФГАОУ ВО Балтийском федеральном университете им. И. Канта (БФУ им. И. Канта).

Диссертация выполнена в БФУ им. И. Канта.

Официальные оппоненты:

Тащилин Анатолий Васильевич, доктор физико-математических наук, с.н.с., заведующий лабораторией физики ионосферно-магнитосферного взаимодействия, Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки Институт солнечно-земной физики Сибирского Отделения Российской Академии Наук (ИСЗФ СО РАН), г. Иркутск,

Сушинов Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе и инновационной деятельности Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону,

Лобанов Алексей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра вычислительной математики Московского физико-технического института (государственного университета), г. Долгопрудный,
дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, в своем **положительном** заключении, подписанном зам. зав. кафедры «Прикладная математика», д.ф.-м.н., профессором А.В. Кряневым, зав. кафедрой «Физика плазмы», д.ф.-м.н., профессором В.А. Курнаевым, доцентом кафедры «Прикладная математика», к.ф.-м.н. Д.И. Синельщиковым, председателем «Совета по аттестации и подготовке научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ», д.ф.-м.н., профессором Н.А. Кудряшовым, указала, что диссертационная работа Кащенко Н.М. посвящена исследованию численными методами процессов генерации и развития вследствие неустойчивости Рэлея-Тейлора плазменных пузырей в экваториальной ионосфере Земли. В работе представлены иерархия математических и численных моделей процессов развития плазменных пузырей с разным уровнем приближений и результаты исследований динамических свойств среднемасштабных неоднородностей ионосферы на основе численных

экспериментов с использованием построенных численных моделей. В диссертации подробно рассматриваются различные механизмы генерации экваториальных плазменных пузырей как естественного, так и техногенного характера, а также динамические свойства одиночных и множественных плазменных пузырей в различных геофизических условиях... Показано, что процессы развития неустойчивости Рэлея-Тейлора приводят к выносу молекулярных ионов, прежде всего NO^+ на высоты внешней ионосферы; к температурным режимам с обострением; геометрическая форма плазменных пузырей, является инвариантом явления для одиночных и слабо взаимодействующих пузырей; антропогенные выбросы водорода, воды и других веществ могут приводить к эффектам генерации пузырей; внутренние гравитационные волны могут приводить к развитию ионосферных пузырей. Практическая значимость диссертации состоит в том, что все полученные теоретические результаты, касающиеся особенностей генерации и развития плазменных пузырей, важны для понимания процессов, приводящих к экваториальному F-рассеянию. Теоретическая значимость исследования важна для развития представлений о физике околоземной плазмы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы, например, в следующих организациях: ИПГ им. академика Федорова Е.К., ИФЗ, ИЗМИРАН, ПГИ КНЦ РАН, ИПФ РАН, МФТИ, МИФИ, и др.

Характеризуя диссертацию в целом, можно отметить, что она является законченным научным трудом, выполненным на актуальную тему. Представленные результаты являются новыми, имеют практическую ценность и получены автором самостоятельно. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, имеет важное научное и практическое значение. Тематика работы соответствует специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы». Автореферат диссертации в достаточной мере передает содержание работы и содержит необходимую информацию об основных положениях и результатах.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. Не исследована тонкая структура экваториальных плазменных пузырей, что могло бы представлять как теоретический, так и прикладной интерес.

2. Недостаточно исследовано влияние взаимосвязи E-слоя и F-слоя ионосферы на динамику развития плазменных пузырей и на их структуру.

3. Недостаточно детально исследованы последние стадии процесса, выхода плазменных неоднородностей на большие высоты.

4. Не уделено достаточное внимание для оценки параллельной эффективности для трехмерных моделей.

5. Отдельные результаты диссертации отражены в автореферате слишком схематично.

Соискатель имеет 46 опубликованных работ по теме диссертации в виде: научных статей в отечественных журналах, в сборниках тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях и съездах, в том числе 17 работ опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК. Среди них:

1. Кащенко Н.М., Ишанов С.А., Мациевский С.В. Развитие неустойчивости Рэлея-Тейлора в экваториальной ионосфере из стохастических ионосферных неоднородностей. // Вестник БФУ им. И. Канта. 2015. Вып.10. С. 13-17.

2. Кащенко Н.М., Ишанов С.А., Мациевский С.В. Модель высокого разрешения низкоширотной F-области ионосферы. // Вестник БФУ им. И. Канта. 2015. Вып.4. С. 87-92.

3. Кащенко Н.М., Мациевский С.В. Неустойчивость экваториального F-слоя ионосферы в условиях переменного электрического поля. // Вестник БФУ им. И. Канта. 2014. Вып.10. С. 30-35.

4. Кащенко Н.М. Численная модель процессов развития мелкомасштабных неоднородностей экваториальной ионосферы. // Вестник БФУ им. И. Канта. 2013. Вып.10. С. 31-35.

5. Смирнов О.А., Кашенко Н.М. Длинноволновые процессы в приполярной термосфере в условиях магнитосферных суббурь. // Математическое моделирование. М. 2009. том 21. № 10. С. 123-128.

6. Zakharov V. E., Kaschenko N.M., Khudenko E.V. Coupling Between the Ionospheric Convection and the Thermospheric Circulation Disturbed by Magnetic Storms. // in PROBLEMS OF GEOSPACE 2. Proceedings of the 2nd International Workshop held at St. Petersburg. Russia. June 29 - July 3. 1998. P.231-236.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва. Все отзывы **положительные**, некоторые из них содержат замечания.

В отзыве доктора физико-математических наук Климова Николая Николаевича, профессора кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» Иркутского государственного университета путей сообщения и доктора физико-математических наук Попова Георгия Васильевича, профессора кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск сказано, что «...Диссертация посвящена исследованию неустойчивости Рэля-Тейлора в экваториальной ионосфере на основе созданных автором численных моделей этих процессов в различных приближениях... Основным элементом новизны диссертации является создание алгоритмов и программ комплексной модели экваториальной ионосферы на основе нестационарных квазигидродинамических уравнений, позволяющей проводить численные эксперименты, интерпретировать наблюдаемые эффекты и прогнозировать эффекты естественных и антропогенных воздействий... Вместе с тем по автореферату можно сделать ряд замечаний:

1. Хотелось бы иметь информацию о мелкомасштабной структуре пузырей появляющихся в результате развития неустойчивости Рэля-Тейлора.

2. Не указаны (стр. 23) условия проведения сравнительных численных экспериментов по оценке точности созданных автором численных моделей.

3. Не указаны численные параметры эффектов выноса молекулярных ионов NO^+ на большие высоты (стр. 24).

4. Декларирована, но не проиллюстрирована обоснованность

эквипотенциального и диффузионного приближений.»

В отзыве доктора физико-математических наук Ерохина Николая Сергеевича, профессора ФГБУН Института космических исследований РАН, г. Москва сказано, что «...В диссертации Н.М. Кащенко на основе численных экспериментов проведены исследования процессов развития в экваториальной ионосфере неустойчивостей типа Рэля-Тейлора (НРТ) для разных воздействий и явлений, которые приводят к развитию этих неустойчивостей, разработаны математические и численные модели средне-масштабных явлений в низкоширотной ионосфере Земли, ориентированные на анализ указанных процессов... Научная новизна диссертационной работы связана с разработкой и применением комплексов математических и численных моделей, позволяющих моделировать процессы в низкоширотной ионосфере при сильных и слабых воздействиях разного характера с генерацией плазменных пузырей, учитывать положительные и отрицательные ионы. Это дает корректное описание динамики низкоширотной околоземной плазмы в интервале высот от нижней границы E-области до плазмосферы... Диссертация является законченным исследованием и автором внесен значительный вклад в развитие методов описания аномального переноса в плазменных и гидродинамических турбулентных течениях.»

В отзыве доктора физико-математических наук Карпова Ивана Викторовича, ведущего научного сотрудника Калининградского филиала ИЗМИРАН, г. Калининград сказано, что «...Диссертация посвящена исследованию неустойчивости Рэля-Тейлора в экваториальной ионосфере на основе созданных автором численных моделей этих процессов в различных приближениях. В диссертации исследованы процессы развития экваториальных плазменных пузырей как результата неустойчивости Рэля-Тейлора, механизмы инициализации как естественные, так и антропогенные, численные характеристики рассматриваемого круга процессов... Автореферат диссертации соискателя Кащенко Н.М. выполнен и представлен

как фундаментальная научная работа, в которой изложены основные выполненные автором исследования, а также представлены теоретические положения, общая совокупность которых является существенным научным достижением в физике среднемасштабных процессов экваториальной ионосферы, имеющим важное теоретическое и практическое значение... По автореферату можно сделать ряд замечаний.

1. Не проиллюстрирована обоснованность эквипотенциального и диффузионного приближений, особенно на развитой стадии плазменных пузырей.
2. В описании результатов гл. 3 не указаны численные параметры эффектов выноса молекулярных ионов на большие высоты.
3. В описании результатов численных исследований процессов развития плазменных пузырей не приведены графические иллюстрации.»

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации объясняется их широко известной компетенцией в исследованиях ионосферной плазмы и численных методах, высоким квалификационным уровнем, знакомством с защищаемой проблематикой.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан комплекс нестационарных гидродинамических моделей низкоширотной ионосферы с различным уровнем приближений и разным разрешением, позволяющий численно исследовать процессы развития неустойчивости Рэля-Тейлора с возможностью учета как положительных так и отрицательных ионов, позволяющий корректно описывать низкоширотную околоземную плазму в интервале высот от нижней границы E-области до высот плазмосферы в различных ситуациях воздействий;

созданы программы, с помощью которых модели реализованы;

показано, что процессы развития неустойчивости Рэля-Тейлора приводят к выносу молекулярных ионов, прежде всего NO^+ на высоты внешней ионосферы; процессы развития неустойчивости Рэля-Тейлора

приводят к температурным режимам с обострением; геометрическая форма плазменных пузырей, развивающихся в результате неустойчивости Рэлея-Тейлора, является инвариантом явления для одиночных и слабо взаимодействующих пузырей; эффекты воздействия на ионосферу антропогенных выбросов водорода, воды и других веществ могут приводить к эффектам генерации пузырей; при выполнении условий пространственного резонанса внутренние гравитационные волны могут приводить к развитию ионосферных пузырей;

исследованы закономерности развития ионосферных плазменных пузырей при нестационарных внешних условиях.

Теоретическая значимость состоит в том, что полученные в расчетах результаты вносят вклад в теорию неустойчивостей в ионосферной плазме, с учетом разного рода внешних возмущения естественного и антропогенного характера, в теорию переноса плазмы и энергии в низкоширотной ионосфере Земли в условиях внешних воздействий и в теорию математического моделирования физических процессов в ионосфере Земли.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** определяется перспективой применения созданных математических моделей как базы для проведения вычислительных экспериментов в физике ионосферы и для целей планирования экспериментальных исследований ионосферы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы, например, в следующих организациях: ИПГ им. академика Федорова Е.К., ИФЗ, ИЗМИРАН, ПГИ КНЦ РАН, ИПФ РАН, МФТИ, МИФИ, и др.

Достоверность результатов исследования подтверждается физическим обоснованием механизмов возникновения и развития неустойчивости Рэлея-Тейлора; сопоставительным анализом между уже существующими и разработанными математическими моделями и методами, а также итогами практического использования построенных семейств математических моделей; результатами многочисленных численных экспериментов по

расчету параметров указанных геофизических систем фрагментарно и в целом; тестированием всех разработанных алгоритмов численного решения дифференциальных уравнений на соответствующих тестовых задачах; сравнением результатов расчетов с данными спутниковых и наземных измерений, а также публикациями в рецензируемых научных журналах и выступлениями на авторитетных международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя определяется тем, что все представленные в диссертации результаты получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии, во всех проведенных исследованиях автор принимал участие в постановке задач, разработке методов их решения, составлении программ и анализе результатов. Построение трехмерных математических моделей, численных методов решения уравнений для всех моделей, а также основная часть расчетов, результаты которых представлены в диссертации, выполнено автором лично.

Диссертация является целостной законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема математического моделирования физики ионосферной плазмы, имеющая существенное научное и практическое значение, решение которой вносит значительный вклад в теорию и практику моделирования процессов в плазме.

На заседании 17 марта 2016 г. диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Кащенко Н.М. представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, которые установлены Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Кащенко Николаю Михайловичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них – 8 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Д 002.024.03, академик РАН

_____ Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 002.024.03, к.ф.-м.н.

_____ М.А. Корнилина

18 марта 2016 года.