

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСЗФ СО РАН

чл.-корр. РАН

Медведев А.В.



“30” сентября 2021 г.

Отзыв

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена
Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук
на диссертационную работу Бова Юлии Игоревны
«Исследование особенностей распространения радиоволн в ионосферной
плазме методами бихарактеристик и волновой теории катастроф»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.4 «Радиофизика»

Целью диссертационной работы Бова Ю.И. являлась разработка новых математических методов исследования распространения радиоволн в ионосфере Земли, реализация алгоритмов и программ на основе применения символьных вычислений и математическое моделирование особенностей распространения декаметрового и дециметрового диапазонов с учетом анизотропии плазмы, неоднородностей и различной модуляции излучения.

В соответствии с поставленной целью решались актуальные задачи:

- исследование вариаций поляризационных характеристик при распространении радиоволн дециметрового диапазона в высокоширотной ионосфере с учетом времени суток и влияния неоднородностей ионосферы различных масштабов;
- моделирование особенностей лучевой структуры частотно-модулированного излучения в рамках достаточно реалистичной модели неоднородной нестационарной магнитоактивной ионосферы;
- моделирование распространения частотно - модулированного излучения в регулярных и каустических областях методами расширенной бихарактеристической системы и пространственно-временной волновой теории катастроф.

Разработанные методы численного моделирования распространения радиосигналов с различной модуляцией в неоднородной нестационарной

магнитоактивной ионосфере на основе решения пространственно-временной бихарактеристической системы с применением символьных вычислений и реализация их в виде высокоэффективных алгоритмов и программ имеют важное значение для решения широкого круга научных задач по исследованию особенностей распространения радиоволн декаметрового и дециметрового диапазона в ионосфере Земли, а также для развития методов диагностики ионосферы на основе регистрации поляризационных и амплитудных характеристик частотно-модулированных сигналов. Результаты проведенных исследований влияния анизотропной ионосферной плазмы на вариации фазы и поляризации при распространении дециметрового радиосигнала показали высокую эффективность разработанных алгоритмов и выявили важность оперативной корректировки характеристик ионосферы при прогнозировании ионосферной поправки для радиолокационных систем.

Основные результаты работы опубликованы в печати – 21 статья в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертации. В том числе 15 публикаций входят в библиографические и реферативные базы данных WoS и (или) Scopus. Результаты работы докладывались на крупных Российских и международных конференциях.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав основного материала, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 207 ссылок. Общий объем диссертации 221 страница, включая 3 таблицы и 218 рисунков.

Во введении дана общая характеристика работы, сформулированы цели и решаемые задачи, показана актуальность проведенных исследований и новизна полученных результатов, сформулированы защищаемые положения, выносимые на защиту, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе приведены исходные формулы и уравнения, используемые для исследования распространения монохроматических и частотно-модулированных радиоволн в нестационарной диспергирующей магнитоактивной ионосфере. Структурно описан развиваемый в работе подход с использованием символьных вычислений для численного решения бихарактеристических уравнений лучевых траекторий. Изложены основные понятия пространственно-временной волновой теории катастроф. Приведена классификация краевых катастроф и выражения для равномерных асимптотик и специальных функций краевых волновых катастроф.

Во 2 главе рассмотрено влияние ночной и дневной высокоширотной ионосферы Земли на распространение дециметровых радиосигналов при учете крупномасштабных локальных неоднородностей. Для спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой в диапазоне 200 – 1200 МГц выявлено существенное влияние точности задания характеристик

ионосферной плазмы на погрешность поляризационных и фазовых характеристик регистрируемого сигнала.

В 3 главе на основе разработанного метода решения пространственно-временной бихарактеристической системы с применением символьных вычислений проведено исследование распространения частотно-модулированного излучения декаметрового диапазона в неоднородной анизотропной ионосферной плазме. Для однослойной и двухслойной моделей высотного профиля электронной концентрации в ионосфере выявлены особенности лучевой структуры обыкновенной и необыкновенно волн при квазивертикальном, односкачковом и двухскачковом наклонном распространении радиоволн. Проанализировано влияние нестационарности ионосферы, обусловленное наличием гравитационных волн и быстрым образованием спорадического слоя E, на характеристики обыкновенной и необыкновенной волн. Приведены результаты моделирования лучевой структуры декаметровых радиоволн для различных высот излучателя над поверхностью Земли.

В 4 главе проведено исследование амплитудно-фазовых структур радиосигналов в изотропной плазме с учетом двухслойного распределения фоновой электронной концентрации и возмущений в виде спорадического слоя E и локальной эллиптической неоднородности. Проиллюстрирована работоспособность разработанного алгоритма вычисления структуры волнового поля в окрестности каустики. Выполнено численное моделирование распространения линейно частотно-модулированного (ЛЧМ) сигнала в анизотропной ионосфере. Исследование ослабления ЛЧМ сигнала за счет отклоняющего поглощения и расходимости проведено с использованием моделей электронной концентрации и частоты соударений электронов для высокоширотной ночной и дневной ионосферы. Сопоставлены особенности распространения ЛЧМ сигналов в двухслойной анизотропной ионосфере в случае обыкновенной и необыкновенной волны.

В 5 главе изложены новые методы моделирования пространственно-временной структуры частотно-модулированных сигналов в плазменном слое с сильной частотной дисперсией на основе теории краевых катастроф и пространственно-временной геометрической дифракции. С использованием разработанных алгоритмов и программ исследован ряд краевых катастроф, для которых приведены результаты расчетов каустических структур. Развит метод описания и выполнено математическое моделирование дифракционных фокусировок электромагнитных полей для случая, когда семейство геометрических и краевых лучей образуют фокусировки каспидного типа.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при работе над диссертацией.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа не лишена недостатков. Можно отметить следующие:

1. Текст перегружен иллюстрационным материалом. Многие рисунки мало различаются и могли быть заменены словесными комментариями.
2. При описании результатов расчетов, приведенных на рисунках, анализ часто ограничен качественными рассуждениями.
3. В тексте диссертации не акцентированы вопросы верификации новых методов и алгоритмов на основе символьных вычислений.
4. Имеются отдельные стилистические неточности и орфографические ошибки. Например, абзац, посвященный описанию лучевой структуры в плоскости (y,z) на стр. 86.

Указанные недостатки не отменяют общей положительной оценки диссертации Бова Ю.И., которая представляет собой законченное научное исследование и содержит новые результаты.

Резюмируя вышесказанное можно заключить, что диссертация «Исследование особенностей распространения радиоволн в ионосферной плазме методами бихарактеристик и волновой теории катастроф» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор: Бова Юлия Игоревна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Отзыв заслушан и обсужден на заседании Ученого совета ИСЗФ СО РАН 30 сентября 2021 года.

Отзыв составил заведующий отделом Физики околоземного космического пространства ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН), доктор физико-математических наук, специальность 01.04.03 – радиофизика



Куркин Владимир Иванович

ул. Лермонтова, д. 126А, г. Иркутск,

664033, а/я 291, ИСЗФ СО РАН,

Тел. +7(3952)564054, Email: kurkin@iszf.irk.ru

Подпись Куркина Владимира Ивановича заверяю

Ученый секретарь ИСЗФ СО РАН

Кандидат физико-математических наук



И.И. Салахутдинова

“30” сентября 2021 г.