

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу

Котовой Дарьи Сергеевны

### "Исследование формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере во время геомагнитных бурь",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика

Диссертация посвящена исследованию особенностей формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере в периоды магнитных бурь в сравнении со спокойными условиями.

Целью работы является исследование особенностей распространения коротких радиоволн и поглощения в ионосфере в периоды геомагнитных бурь в сравнении со спокойными условиями.

Актуальность работы обусловлена, с одной стороны, изменчивостью параметров ионосферы в зависимости от геофизических условий и положения точки наблюдения. С другой стороны – широким применением коротких радиоволн для зондирования ионосферы и прогноза условий распространения и приема ионосферных сигналов.

Практическая значимость работы определяется применимостью результатов численных расчетов лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн для свехкраткосрочного прогноза условий распространения и приема ионосферных сигналов не только в спокойных условиях, но и в периоды магнитных бурь.

Впервые для исследования формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в периоды геомагнитных бурь была использована Глобальная Самосогласованная Модель Термосферы, Ионосферы и Протоносферы (ГСМ ТИП, ЗО ИЗМИРАН). Это позволило исследовать динамические особенности формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере по мере развития геомагнитного возмущения. Для этого были рассмотрены геомагнитные бури 2–3 мая 2010 г. и 26-29 сентября 2011 и показано, что наличие слоя  $F1$  в высокоширотной ионосфере и слоя  $F3$  в низкоширотной ионосфере существенно изменяет тип распространения радиоволн. Полученные результаты расчетов позволили описать отражение и преломление коротких радиоволн от неоднородностей электронной концентрации в высотном, широтном и долготном направлениях.

За время обучения в аспирантуре и подготовки диссертации Котова Д.С. проявила себя, как подготовленный специалист, обладающий необходимыми навыками теоретических и экспериментальных исследований, программирования и работы с научной литературой. Перед диссертантом стояли задачи:

- 1) развить численную модель распространения коротких радиоволн в ионосфере посредством замены описания модели среды динамической моделью;
- 2) выполнить численные эксперименты по расчету лучевых траекторий и поглощения в периоды магнитных бурь в сравнении со спокойными условиями;
- 3) провести анализ дисперсионных искажений сложных сигналов при распространении в ионосфере.

Диссертант проявила инициативу и настойчивость в поисках подходов к решению поставленных задач на основе анализа научной литературы по теме диссертационной работы.

Высокий профессионализм потребовался от автора при разработке программного обеспечения с целью согласования численной модели распространения коротких радиоволн в ионосфере (БФУ им. И. Канта) с ГСМ ТИП для получения единого программного комплекса. Комплекс позволяет проводить модельные исследования распространения коротких радиоволн в ионосфере для широкого диапазона геофизических условий (от спокойных - до возмущенных) в любой выбранной области.

Была проведена большая работа по сравнительному анализу ионосферных параметров ( $f_oF2$  - критическая частота  $F2$  слоя,  $h_mF2$  – высота максимума слоя  $F2$ ,  $N_{max}$  - максимальная электронная концентрация  $F$  области,  $TEC$  - полное электронное содержание), рассчитанных по модели ГСМ ТИП, с данными сети ионозондов и GPS.

Проведены количественные оценки ограничений, возникающих в связи с применением



эмпирической модели IRI для описания среды распространения коротких радиоволн по сравнению с моделью ГСМ ТИП. Последняя модель имеет динамический характер, что позволяет учесть инерционность развития отклика ионосферы на действие магнитосферных возмущений. Это потребовало определенного анализа динамики лучевых траекторий и их поглощения в процессе развития каждой геомагнитной бури в зависимости от области ионосферы.

Важным качеством проведенных исследований является комплексный характер проведенных самостоятельно научных исследований.

Результаты работы согласуются с опубликованными экспериментальными данными и с результатами исследований, выполненных другими авторами, что определяет их достоверность. Достоверность полученных результатов также следует из корректного применения гидродинамических методов для описания среды распространения радиоволн и метода геометрической оптики для описания распространения и поглощения коротких радиоволн в плавно неоднородной среде.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Положения, вынесенные на защиту, принадлежат диссертанту, обоснованы и прошли апробацию через публикации и доклады на международных конференциях. Список цитируемой литературы достаточно обширен и отражает современное состояние заданной области исследования. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Содержание и оформление диссертации «Исследование формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере во время геомагнитных бурь» соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года ВАК, а ее автор: Котова Дарья Сергеевна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Научный руководитель  
заведующий кафедрой радиофизики и информационной  
безопасности БФУ им. И. Канта, д.ф.-м.н.  
236040, Калининград, ул. А. Невского, 14к1, т. (4012) 338217  
E-mail: VEZakharov@kantiana.ru

В.Е. Захаров

Подпись Захарова В.Е. удостоверяю  
Начальник управления кадров



Т.А. Кузнецова