

## Отзыв

на автореферат диссертации Дарьи Сергеевны Котовой  
“Исследование формирования лучевых траекторий и поглощения коротких  
радиоволн в ионосфере во время геомагнитных бурь»,  
представленной к защите на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.03 –радиофизика.

Целью представленной диссертационной работы Котовой Д.С. является развитие динамического подхода к описанию радиофизического проявления глобального ионосферного возмущения – геомагнитной бури. Работа основана на использовании двух моделей, описывающих состояние базового компонента ионосферной плазмы - электронной плотности: теоретическая модель ГСМ ТИП (глобальная самосогласованная модель термосферы, ионосферы и протоносферы) и статистическая модель – IRI-2012, являющаяся обобщением долгосрочных обсерваторских наблюдений. Как известно, теоретические модели могут качественно описать динамику ионосферной плазмы при наличии глобального возмущения, но имеют значительные количественные расхождения с экспериментальными данными. Статистические модели достаточно хорошо согласуются с данными радиозондирования ионосферы в спокойных условиях, но их эффективность кардинально уменьшается при мощных динамических процессах в ионосфере. Поэтому исследования автора диссертации, основанные на анализе радиофизического проявления – особенностей поведения лучевых траекторий и интегралов по ним, следует рассматривать как значительный шаг в решении проблемы адекватного представления ионосферной плазмы во время геомагнитных бурь. Метод исследований, имитационное моделирование, основан на современном представлении о механизмах распространения радиоволн в плавно-неоднородных средах и делаются выводы о радиокоммуникационных свойствах ионосферы при динамическом возмущении, что и определяет ее актуальность и научную значимость.

Автор последовательно решает поставленную задачу: во введении сформулированы цели диссертации и обосновывается научная значимость проведенных исследований.

В первой главе представлен обзор работ, выполненных по данной проблематике, включающих теоретические, методические и экспериментальные аспекты задачи распространения радиоволн в магнитоактивной неоднородной ионосферной плазме. Обсуждаются особенности собственной разработанной методики решения системы лучевых уравнений на трехмерной сетке задания электронной плотности среды.

Во второй главе рассматриваются рабочие ионосферные модели: статистическая – IRI-2012 и теоретическая - ГСМ ТИП, которые в дальнейшем применяются к описанию пространственно-временной структуры ионосферы в период ионосферной бури и методические вопросы адаптации модельного представления в технологии построения лучевых траекторий. В частности, для теоретической модели используется линейная внутрисеточная интерполяция, однако для интегрирования системы уравнений необходимо условие непрерывности градиента электронной плотности и непонятно, как преодолевался разрыв градиента на границах сетки.

В третьей главе представлены основные результаты моделирования, выполненные автором. Прежде всего, показана достоверность теоретической модели в анализе суточных ходов плазменной частоты в максимуме слоя F2, что является необходимым условием ее применимости к параметрам наклонного прохождения радиоволн, формируемым всем высотным профилем электронной концентрации в ионосфере. В частности, следует отметить интересные результаты по появлению осциллирующих решений в межслоевых областях, образующихся при уменьшении концентрации электронов в слое F2 во время отрицательной фазы бури. Общим замечанием к представленным результатам является отсутствие иллюстрации трехмерного характера лучевых траекторий, т.е. их выход из плоскости большого круга вследствие наличия поперечных градиентов показателя преломления.

Результаты четвертой главы, на первый взгляд, не имеют прямой связи с поставленной задачей, но исследование свойств дисперсионного расплывания линейно-частотно модулированных сигналов важно в практике экспериментальных исследований по наклонному радиозондированию

ионосферы, поскольку данный метод становится все более применимым в силу своего энергетического потенциала.

Имеются некоторые дискуссионные замечания по представленным результатам:

1. Слишком много пунктов в разделе о научной новизне и ценности диссертационной работы, причем некоторые пункты либо общеизвестны (п.4,в), а пункт 3,в вообще некорректен. Верхние лучи (лучи Педерсена) образуются всегда, но во время бури в отрицательной фазе они становятся более энергетически выгодными из-за подъема главного ионосферного максимума и уменьшения расходимости волны.

2. Желательно бы привести статистические оценки сопоставления модельных и экспериментальных суточных ходов критической частоты (рис. 2 и 3), а также проиллюстрировать динамику высоты максимума слоя F2 ионосферы.

В целом, диссертационная работа соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, ее основные результаты опубликованы в реферируемых научных изданиях.

Автор работы, Котова Дарья Сергеевна, вполне заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика.

Зав. лабораторией моделирования волновых полей в ионосфере  
ФГБУН Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН)

докт. физ.-мат. наук

И.В. Крашенинников

142190, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, 4, ИЗМИРАН

Тел. +7(495)8510279 e-mail: krash@izmiran.ru.

специальность 01.04.03

Подпись Игоря Васильевича Крашенинникова заверяю

Ученый секретарь ИЗМИРАН,

канд. физ.-мат. наук



А.И. Рез

“ 19 ” октября 2015 г.