

Отзыв на автореферат диссертации С.З. БЕККЕР

«Вероятностно-статистические модели нижней невозмущенной среднеширотной ионосферы, верифицированные по данным наземных радиофизических измерений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Для выбора наилучших параметров каналов передачи информации СДВ-ДВ диапазона радиоволн применительно к различным условиям обстановки, в том числе к сезону года, часу суток и пространственному положению радиотрассы, проводимого на основе расчётной оценки характеристик работоспособности этих каналов, необходим корректный учёт влияния среды на распространение радиоволн. Решение этой проблемы основывается на использовании моделей ионосферы различных типов и степени сложности. Использование при оценках параметров СДВ-ДВ каналов существующих детерминированных моделей ионосферы в ряде гелиогеофизических условий даёт противоречивые результаты, а следовательно, и невысокую точность прогноза распространения радиоволн СДВ-ДВ диапазона.

Диссертационная работа С.З. Беккер посвящена обеспечению существенного повышения точности прогноза радиофизических параметров радиоканалов, прежде всего – наиболее важных с практической точки зрения СДВ-ДВ протяжённых каналов навигации, систем единого времени, передачи данных на большие расстояния, на основе разработки вероятностно-статистических моделей нижней невозмущенной среднеширотной ионосферы и поэтому **имеет важное прикладное значение и является крайне актуальной.**

Предметом исследования выбрана наименее изученная из-за высокой плотности среды и отсутствия возможности длительных спутниковых измерений *D*-область ионосферы, наиболее важная для распространения радиоволн СДВ-ДВ диапазона.

Научная новизна диссертационной работы заключается в новом подходе к моделированию параметров слоёв ионосферы – вероятностно-статистическом подходе – и в разработке соответствующих новых вероятностно-статистических моделей нижней невозмущенной среднеширотной ионосферы. В диссертации представлены результаты разработки эмпирически-статистических и вероятностной плазмохимической моделей нижней невозмущенной среднеширотной ионосферы и проведена их корректная с научной точки зрения верификация на шести СДВ-трассах. Такой подход до сих пор не применялся и такие немедианные модели не разрабатывались, а потому диссертационная работа представляет особый интерес как с точки зрения предлагаемых в процессе

моделирования методов решения задачи, так и с точки зрения полученных в ходе работы результатов и их верификации. Построенные модели учитывают высокоизменчивый характер параметров ионосферных слоёв, для чего в качестве выходных данных предлагаются не средние профили электронной концентрации, а её плотности вероятности с шагом по высоте. Для более точного прогноза состояния среды распространения радиоволн автором работы предлагается перейти от традиционного использования медианных значений ионосферных и радиофизических параметров к учёту наиболее вероятных значений параметров, которые могут быть получены на основе использования полученных в ходе моделирования плотностей вероятности значений параметров.

Практическую значимость работы определяет объект исследования – модели среды для обеспечения прогноза параметров наиболее важных с практической точки зрения и ответственных СДВ-ДВ каналов передачи информации на большие дальности, – а также то, что значительная часть работы посвящена верификации полученных моделей по данным наземных радиофизических измерений, полученным в геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево». Допустимость и целесообразность предложенного нового подхода к прогнозу параметров среды и радиоканалов подтверждена верификацией на нескольких среднеширотных трассах. Для верификации использовались суточный перепад ΔA амплитуды радиоволны и разность амплитуд на различных частотах от одного передатчика. Такой подход позволяет не привязываться к мощности передатчиков, однако имеет недостатки. Например, показано, что на тех трассах, где верификация проводится по суточному перепаду амплитуды радиоволны, невозможна независимая верификация промоделированных параметров ночной и дневной ионосферы. Помимо этого, показано, что возможно скачкообразное изменение уровня сигнала при переходе от одного канала к другому – как по частоте, так и по положению радиотрассы, и в этом случае полученное значение ΔA малоприменимо. Тем не менее, показано, что для рассматриваемых высот слоёв ионосферы верификация по радиофизическим измерениям – единственный способ оценить работоспособность моделей по большому объёму экспериментальных данных и что для практически используемых моделей этот способ оценки их корректности является наиболее адекватным.

Значительный перечень публикаций свидетельствует о том, что диссертация Беккер С.З. выполнена **самостоятельно** и прошла достаточную апробацию.

Вместе с тем, автор не вышел за пределы получения и применения функций плотности вероятности, в частности, не использовал методы корреляционного и регрессионного анализа. Кроме того, упомянутые в автореферате возможности модификации моделей ионосферы для условий сильно возмущённой среды в

автореферате в достаточной степени не отражены. Эти недостатки не снижают высоких актуальности работы, научной новизны и практической значимости полученных результатов, а указанные два направления работы могут быть, в частности, выбраны для дальнейших исследований.

Считаю, что диссертация Беккер С.З. представляет собой завершённую самостоятельно выполненную научно-исследовательскую квалификационную работу на актуальную тему, результаты которой обладают научной новизной и практической значимостью в области физики невозмущённой ионосферы и распространения радиоволн в особо ответственных каналах передачи информации СДВ-ДВ диапазона, а её значение заключается в развитии теории моделирования ионосферы и в получении практических рекомендаций по созданию и применению вероятностно-статистических моделей нижней невозмущённой среднеширотной ионосферы для прогнозирования параметров связи и выбора наилучших параметров радиоканалов СДВ-ДВ диапазона. Диссертация отвечает требованиям «Положения ВАК...», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Беккер С.З. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы».

Я, Сергеев Сергей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Сергей Николаевич Сергеев

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
4-го Центрального научно-исследовательского института
Министерства обороны Российской Федерации,
141091, Московская область, г. Королёв,
мкр. Юбилейный, ул. М.К. Тихонравова, д. 29.
Тел.: 8(985)153-79-50
E-mail: sn_sergeev@bk.ru.

Подпись Сергеева С.Н. заверяю

Ученый секретарь КТН, СНС

« 28 » ноября 2018 года



А. Боярский