

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию Переваловой Натальи Петровны
«Исследование ионосферных возмущений методом трансionoсферного GPS-
зондирования», представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 25.00.29 – «Физики атмосферы и гидросферы»

Диссертационная работа Н.П. Переваловой посвящена актуальной проблеме диагностики состояния ионосферной плазмы с помощью сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Активное освоение околоземного космического пространства требует новых, более точных, знаний о глобальном распределении, морфологии и динамическом режиме неоднородностей ионосферной плазмы. Создание ГНСС, таких как GPS и ГЛОНАСС, открыло новые возможности для организации глобального непрерывного контроля за состоянием ионосферы, прогноза ионосферных возмущений. В этой связи развитие методов зондирования ионосферы сигналами GPS, ГЛОНАСС и изучение с помощью этих методов динамики ионосферной плазмы, выполненные в диссертации, являются актуальными.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списка цитируемой литературы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приведена классификация ионосферных возмущений. Дано описание систем GPS и ГЛОНАСС, а также принципов их использования для зондирования ионосферной плазмы.

Во второй главе представлено описание аппаратно-программного комплекса для детектирования ионосферных возмущений с помощью сигналов GPS и созданного в ИСЗФ СО РАН при участии автора. Автором разработана также методика тестирования алгоритмов GPS-зондирования на основе моделирования, проведена оценка характеристик наземных сетей приемников GPS/ГЛОНАСС, предназначенных для регистрации и мониторинга возмущений ионосферной плазмы, разработан проект региональной сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС на территории Сибири.

В третьей главе представлены результаты исследования отклика ионосферы на магнитосферные бури. Проведен анализ поведения ПЭС во время 5 крупных магнитных бурь 1998-2004 гг. Показано, что в результате геомагнитных бурь практически синхронно в ионосфере северного и южного полушарий образуются крупномасштабные волновые возмущения ПЭС, которые распространяются в сторону экватора. Скорость и направление распространения крупномасштабных волн имеют ярко выраженную долготную зависимость. Кроме того, наблюдается отклонение распространения этих волн от экваториального

направления. На основе моделирования показано, что на интерпретацию результатов наблюдений отклонения распространения крупномасштабных волн, вызванных магнитной бурей, от экваториального направления может влиять методика расчетов. С помощью разработанных в диссертации технологий в авроральной зоне после внезапного начала магнитной бури выделены два типа возмущений ПЭС: квазихаотические флуктуации ПЭС внутри южной границы аврорального овала; крупномасштабные волны с периодами 40-60 мин, которые генерируются на всем протяжении южной границы аврорального овала и распространяются в направлении экватора до широт 40-30°.

В четвертой главе обсуждаются результаты исследований влияния тропических циклонов (ТЦ) на ионосферу Земли. Для этой цели автором предложено использовать совместный анализ карт возмущений ПЭС и карт приземных метеорологических параметров. Показано, что такой анализ обеспечивает возможность идентификации ионосферных возмущений, обусловленных воздействием ТЦ. С помощью разработанных методов исследованы вариации ионосферных параметров во время действия ряда мощных тропических циклонов, действовавших в Атлантическом и Тихом океанах. Согласно полученным данным, на амплитуду ионосферного отклика на ТЦ оказывают влияние мощность циклона, характер высотного распределения метеорологических параметров (температура, давление, скорость ветра) над зоной действия ТЦ, другие ТЦ, действующие в регионе. Установлено, что регистрация слабых откликов ионосферы на тропические циклоны требует тщательного учета геофизической обстановки. Выявлены основные факторы, маскирующими эффекты тропических циклонов в верхней ионосфере.

Пятая глава посвящена исследованиям отклика ионосферы на землетрясения. В диссертации впервые выполнен анализ отклика ионосферы на землетрясения различной интенсивности в широком диапазоне магнитуд: от 4.1 до 9.0. Анализ позволил сделать заключение, что существует некоторое пороговое значение магнитуды (около 6.5), ниже которого заметных волновых возмущений ПЭС в ионосфере, вызванных землетрясением, не наблюдается. При малых магнитудах сейсмической энергии, очевидно, недостаточно для возбуждения волн в нейтральной атмосфере, способных вызвать возмущения ПЭС в ионосфере, различимые на уровне фоновых флуктуаций.

Основные результаты, представленные в диссертации являются новыми и обоснованными. На основании полученных результатов автором сформулированы пять положений, выносимых на защиту:

1. Результаты исследования динамики возмущений ПЭС после внезапного начала магнитной бури, позволившие выявить два типа возмущений ПЭС, возникающих в авро-

ральной зоне, а также определить характеристики крупномасштабных волновых возмущений ПЭС, вызванных магнитной бурей.

2. Результаты исследований отклика ионосферы на тропические циклоны на основе сравнительного анализа пространственно-временной динамики возмущений ПЭС с картами приземных метеорологических параметров, позволившие установить, что над траекторией тропического циклона существует область неоднородностей ионосферной плазмы, которая формируется, когда циклон достигает стадии урагана, а на амплитуду ионосферного отклика на тропический циклон оказывает влияние характер высотного распределения метеорологических параметров над зоной действия циклона.

3. Результаты сравнительного анализа отклика ионосферы на землетрясения различной интенсивности, позволившие установить существование порогового значения магнитуды $M_w \approx 6.5$, ниже которого заметных волновых возмущений ПЭС в ионосфере, вызванных землетрясением, не наблюдается.

4. Результаты исследования эффектов землетрясения в Японии 11 марта 2011 г., позволившие с помощью методов GPS-интерферометрии получить карты скоростей перемещения возмущений ПЭС.

5. Разработанные принципы и методы дистанционного GPS-зондирования неоднородностей ионосферной плазмы, позволившие определить характеристики и начать создание региональной сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС на территории Сибири.

Замечания по диссертации.

1. Основные методы и алгоритмы GPS-интерферометрии в диссертации (глава 2) основаны на предположении, что возмущение электронной концентрации представляет собой плоскую волну, с плоским фазовым фронтом, нормаль которого совпадает с направлением перемещения возмущения. Однако известно, что внутренние гравитационные волны (ВГВ), определяющие во многих случаях перемещения ПИВ, имеют ненулевой угол между нормалью фазового фронта и направлением движения.

Представляется необходимым провести в этом случае анализ возникающих погрешностей в работе алгоритмов, обеспечивающих детектирование ионосферных возмущений и определение их параметров.

2. Следует отметить некоторую путаницу в терминологии, что привело к неправильной интерпретации. Акустико-гравитационные волны (АГВ) включают акустические волны (АВ) и ВГВ, разделенные по периодам (частотам) частотой Бранта-Вяйсяля (период меняется с высотой от 5 до 10 минут). В диссертации упоминаются теоретические расчеты [171], откуда делается вывод, что «На больших горизонтальных расстояни-

ях от локального источника в атмосфере будут регистрироваться ВГВ с периодами от десятков минут до 2–3 ч. Это связано с тем, что АГВ быстро затухают из-за вязкости и теплопроводности атмосферы». Согласно [171] и стандартной терминологии, «ВГВ с периодами от десятков минут...» и являются частным случаем АГВ, а «быстро затухают...» АВ. Поэтому сообщения [156, 161] о регистрации в F-области АГВ с периодами 10-20 мин на горизонтальных расстояниях до 2000 км от ТЦ не противоречит, а подтверждаются [171].

3. Использованное автором при анализе ионосферного отклика на землетрясение 11 марта 2011 г. в Японии разделение возмущений ПЭС на крупномасштабные и среднемасштабные и последующее раздельное их рассмотрение не слишком хорошо согласуется с картиной генерации и распространения наблюдавшихся в ходе этого события кольцевых волн: длины волн плавно менялись как в ходе их генерации, так и в процессе распространения. Таким образом, возможность разделения возмущения по масштабам в данном случае требует обоснования и соответствующей отдельной процедуры.

Указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на основные результаты, полученные в диссертации.


Новизна основных результатов диссертации не вызывает сомнения. В работе разработан проект региональной сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС на территории Сибири. Впервые выделены два типа возмущений ПЭС в авроральной зоне после внезапного начала магнитной бури. Впервые для исследования воздействий на ионосферу тропических циклонов был использован совместный анализ пространственно-временной динамики возмущений ПЭС с картами приземных метеорологических параметров, что позволило уверенно зарегистрировать отклики ПЭС на тропические циклоны. В результате сравнительного анализа отклика ионосферы на землетрясения различной интенсивности выявлено существование порогового значения магнитуды, ниже которого заметных волновых возмущений ПЭС в ионосфере, вызванных землетрясением, не наблюдается. Основные результаты диссертации получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Достоверность полученных в диссертации результатов обусловлена использованием обоснованных методов анализа экспериментальных данных, большой статистикой наблюдений, качественным и количественным согласием с результатами других исследователей по данной тематике.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Основные выводы и результаты, полученные в диссертации, изложены в научных публикациях, в том числе в 29 публикациях в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, и в трех монографиях. Результаты диссертации прошли апробацию на представительных международных и российских конференциях.

Диссертационная работа Н.П. Переваловой является законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физики атмосферы и гидросферы».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой физики атмосферы,
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
доктор физ.-мат. наук, профессор,


23.05.2014

В.Е. Куницын

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, ФГБОУ ВПО
«Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,
физический факультет.
Телефон: +7(495) 939-38-06
E - mail : kunitsyn77@mail.ru

Декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
доктор физ.-мат. наук, профессор,




Н.Н. Сысоев