

Отзыв официального оппонента на диссертацию

Щербакова Александра Анатольевича

«Расчет скорости нейтральных ветров на ионосферных высотах по данным иркутского радара НР»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Актуальность темы. В настоящее время наблюдается беспрецедентное по масштабам внедрение технологий спутниковой навигации и связи во все виды человеческой деятельности. Основным фактором, который препятствует дальнейшему совершенствованию указанных систем, является влияние неоднородной и нестационарной среды околоземного космического пространства и, прежде всего, ионосферы. Действие этого фактора во многом можно компенсировать либо за счет использования прямых измерений основных параметров ионосферы либо путем привлечения соответствующих оперативно-прогностических моделей. К сожалению, на практике, ввиду высокой пространственно-временной изменчивости ионосферы, распределение наблюдаемой или прогнозируемой электронной концентрации в значительной степени зависит от эффектов переноса, вследствие диффузии, электрических полей и ветров нейтральной атмосферы. И, даже, несмотря на множество работ, демонстрирующих хорошее согласие измерений с моделями, есть исследования, в которых показано, что существующие модели не могут объяснить всех особенностей в динамике ионосферы, особенно на длинных рядах измерений.

Таким образом, требования практики подталкивают и соответствующее параллельное развитие средств и необходимой теоретической базы для изучения динамического режима верхней атмосферы и определения основных источников динамических эффектов в ионосфере. Такие исследования занимают важное место в международных программах геофизических и космических исследований.

Значительный объем данных по ионосферной динамике, охватывающих значительный диапазон высот в различных долготах и широтах, обеспечивается глобальной сетью радаров некогерентного рассеяния (НР), особенно в сочетании с другими инструментами дистанционного зондирования ионосферы. Настоящая работа нацелена на развитие теории и практики применения метода некогерентного рассеяния для получения в автоматическом режиме уточненных измерений скоростей дрейфа ионосферной плазмы над Восточно-Сибирским регионом. Эту цель предполагается достигнуть путем разработки и реализации модифицированного метода расчета скорости нейтрального меридионального ветра в средних широтах восточносибирского региона по данным Иркутского радара НР (ИРНР).

Указанная тема и цель данной работы, несомненно, являются **актуальными**, поскольку ориентированы на уточнение характеристик динамического режима верхней атмосферы (скорости нейтрального ветра и дрейфа ионосферной плазмы). Решение этой задачи, в свою очередь, может послужить хорошим теоретическим фундаментом для построения и уточнения локальных моделей динамических параметров ионосферы, имеющих как прикладное, так и научно-исследовательское значение.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов. В диссертации поставлена и решена задача разработки модифицированной корреляционной методики определения скорости дрейфа плазмы вдоль луча зрения Иркутского радара некогерентного рассеяния. На защиту выносятся следующие положения:

1. Программный комплекс цифровой обработки сигналов некогерентного рассеяния, позволяющий в автоматическом режиме получать скорость дрейфа ионосферной плазмы с помощью корреляционной методики, с учетом конструктивных особенностей Иркутского радара некогерентного рассеяния.
2. Методика расчета скорости нейтральных меридиональных ветров на высотах F2 слоя ионосферы, учитывающая перпендикулярные магнитному полю Земли движения плазмы, с помощью измерения лучевых скоростей в двух направлениях сканирования Иркутского радара некогерентного рассеяния.

Достоверность и обоснованность научных положений, выносимых на защиту, обусловлена согласованностью полученных результатов моделирования и обработки реальных измерений и выводов по ним с известными теоретическими представлениями о механизмах дрейфа неоднородностей ионосферной плазмы на средних широтах.

Предложенная методика и программно-алгоритмический комплекс обработки данных, основанный на ней, протестированы двумя путями: моделированием измерений в условиях действия шума и при его отсутствии при использовании физически адекватных допущений; в процессе обработки реальных измерений Иркутского радара некогерентного рассеяния. Результаты тестирования показали хорошее согласие с известными оценками динамических параметров ионосферы, которые были получены ранее, как на Иркутском радаре НР, так и на других установках НР на средних широтах.

Оценка научной новизны и значимости для теории и практики. Основное положение научной новизны диссертации состоит в том, что автор впервые предложил модифицированную методику определения скоростей дрейфа ионосферных неоднородностей и нейтрального, в которой учитываются и устраняются эффекты несдвиговой асимметрии сигнала НР, а также действие электрического поля на скорость дрейфа на средних широтах.

Предложенная автором методика позволила получить новые результаты по измерениям динамических параметров ионосферы в Восточно-Сибирском регионе. Указанные новые результаты имеют значение для дальнейшего развития теории физических процессов при взаимодействии верхней атмосферы и ионосферы в различных геофизических условиях. Важным практическим приложением результатов данной диссертации может стать, во-первых, автоматизация высокоточных измерений динамических параметров ионосферы по сигналам НР и, во-вторых, использование таких измерений для построения точных оперативных локальных прогностических моделей ионосферы.

Научная новизна полученных результатов подтверждается наличием у автора 14 опубликованных работ, в том числе 8- в рецензируемых изданиях по перечню ВАК РФ и 6 – в известных рецензируемых международных журналах по специальности проведенных исследований.

Очевидным достоинством диссертации является всестороннее обоснование и тщательная проверка предложенной новой модифицированной методики обработки данных НР. При этом используемые в моделировании физические допущения, а также интерпретация результатов обработки реальных измерений НР, строго согласуются с известными теоретическими положениями, так что работоспособность и расширенные возможности предложенной методики не вызывают сомнений.

Замечания по диссертационной работе.

В результате изучения диссертации и автореферата возникли следующие **замечания:**

1. Текст диссертации написан чрезвычайно нелогично и небрежно, имеется множество неточностей и умолчаний в изложении, например:
 - в табл. 1.1.1 указаны рабочие характеристики ИРНР – частота повторения импульсов 24.4 Гц и диапазон регулирования длительности зондирующих импульсов 70-820 мкс, однако при рабочем цикле модулятора равном 40 мкс (см. стр. 29) частота повторения должна быть около 25 кГц, а при проведении исследований, автор, почему то, использует импульсы длительностью 900 мкс (см. стр. 47);
 - Большинство рисунков в тексте приведены без необходимого обсуждения, комментариев и выводов, которые из них следуют. Например, это рисунки: 1.3.1, 1.4.2, 1.4.3, 3.1.2, 3.3.1 и т.д.
2. Согласно изложенного на стр. 38-41 существует систематическая несдвиговая асимметрия (перекос) спектра сигнала НР, которая объясняется наличием зависимости направления излучения ИРНР от несущей частоты. Далее, явление возникновения систематической асимметрии связывается с наличием горизонтальных градиентов электронной концентрации (ЭК) в плоскости сканирования. Кроме этого, указывается, что регулярный вклад в асимметрию спектра могут вносить и проходящие через диаграмму направленности антенны сигналы дискретных космических радиоисточников (пульсаров?). Из этого изложения непонятно следующее:
 - Величина горизонтального градиента ЭК вдоль оси сканирования в процессе измерений может меняться нерегулярно, равно как и отклик сигнала НР на прохождения через ДН электромагнитной волны космических радиоисточников, однако автор утверждает, что эти случайные причины вносят регулярный (т.е. систематический, надо понимать) вклад в несдвиговую асимметрию, что же здесь имеется в виду?
 - Если указанные выше случайные воздействия имеют некую регулярную составляющую, то каковы ее величины и каков вклад на формирование максимальных наблюдаемых границ асимметрии спектра сигнала НР?
3. На рис. 1.4.4 иллюстрируется пример успешного применения методики, разработанной автором, а именно автор успешно разделил эффекты несдвиговой асимметрии, вызванные доплеровским сдвигом частоты (дрейф неоднородностей плазмы) и малого вклада асимметрии спектра. На рис. 1.4.4 приведен пример сравнения поведения во времени скорости дрейфа и изменения высоты максимума F2. Известно, что эти явления действительно связаны и на рисунке это видно. Вместе с тем совершенно неясно, как рис. 1.4.4 подтверждает эффективность и адекватность защищаемой методики?
4. Для «калибровки» защищаемой методики использовались сигналы НР, отраженные от спутников GLOBALSTAR разных модификаций, однако в тексте диссертации нет сведений о сравнительных характеристиках орбитальных движений этих спутников, в частности о высоте орбиты в зоне наблюдений, скорости и направлении движения. Кроме этого, нет сравнения указанных характеристик с характерными значениями преобладающих значений скорости и направления движения неоднородностей ЭК в ионосфере на средних широтах.
5. Глава 3 посвящена описанию программного комплекса обработки сигналов НР и, вскользь, описанию собственно методики обработки данных. В посленем случае,

автор указывает, что эффективность использования защищаемой методики ограничивается по высоте отражения сигнала: снизу отражениями сигнала НР от земли, а сверху - низкой электронной концентрацией. Далее, автор утверждает, что «подгонка (модели) может осуществляться для различных гелио-геофизических условий с помощью варьирования границ фитирования». Перечисленные моменты являются существенными с точки зрения оценки универсальности и границ практической применимости результатов автора, поэтому хотелось бы поподробнее узнать:

- В каких пределах по высоте использование защищаемой методики наиболее эффективно по критерию точности полученных оценок скорости дрейфа плазменных неоднородностей?
- В каких пределах осуществляется «варьирование границ фитирования» и что же такое, наконец, понимает автор под «фитированием»?
- От чего и как именно зависят границы варьирования при «фитировании»?

6. Рисунки 4.1.1-4.1.7 приведены в тексте просто, как констатация фактов проведения измерений. Из этих рисунков я не вижу:

- Насколько результаты, приведенные на этих рисунках адекватны, поскольку нет никаких сравнений с подобными наблюдениями других авторов;
- Насколько приведенные результаты точны и какой выигрыш в точности получил автор за счет внедрения своей методики, поскольку автор не привел ни сравнительных оценок точности, ни сравнения полученных результатов с требованиями к точности измерения скоростей дрейфа и нейтрального ветра;

7. Из рис. 4.1.3. сделаны заключения о закономерностях изменения скорости ветра, суточного хода его величины и направления. Но эти заключения ни к чему не ведут и ничем не подкрепляются. Нет никакой интерпретации наблюдений и их взаимосвязи с условиями наблюдений. Просто очередная констатация факта проведения измерений с использованием методики;

8. Вывод, сделанный автором по рис. 4.1.11 слабо соответствует самому рисунку, на котором непонятно что и как нарисовано. Здесь есть и совпадения максимумов скорости дрейфа с максимумами ЭК (например, в 08.00 UT), а в другое время, видно совпадение минимумов скорости дрейфа опять с максимумами ЭК (например, в 02.00 и 03.30 UT). Поэтому непонятно, что же из этого рисунка следует?

9. При оценке скорости нейтрального ветра (формула 4.3.1, рис. 4.3.1) необходимо точно знать угол между магнитной силовой линией и направлением оси диаграммы направленности. Однако автор ни слова не говорит о том, откуда он эту информацию берет и какова ее точность и достоверность. Это порождает и известное недоверие к полученному результату. Это недоверие усиливается, когда смотришь на рис. 4.3.2, из которого неясно, почему имеется такое расхождение между прогнозом по модели HWM93 и результатом измерений нейтрального ветра на ИРНР. Непонятно, толи точность измерений низка, толи модель неадекватна? И, главное, а какой же вывод из полученного результата? Вывода нет, есть только констатация факта в виде рисунка.

10. На рис. 4.3.2 и 4.4.3 производится сравнение точности определения скорости нейтрального ветра без учета влияния электрического поля и с его учетом, соответственно. Делается вывод о том, что точность в последнем случае повышается. Однако этот вывод базируется на результатах сравнения измерений с разными моделями нейтрального ветра. В первом случае это модель HWM93, а во

втором- НWM07! Такое сравнение некорректно и ставит под сомнение этот результат.

11. На нижней панели рис.4.4.4 показаны квадраты невязок между моделью и измерениями скорости нейтрального ветра при применении регуляризации. Видно, что, например, в 08.00, 10.00, 12.00 и 21.00 LT невязки равны нулю. Однако, на панели Б) этого же рисунка мы видим, что, в частности, в 08.00 и 10.00 LT имеется расхождение между моделью и измерениями. Как увязать эту неувязку с невязками?

Отмеченные недостатки в целом не носят принципиального характера, не затрагивают главных научных положений, выносимых на защиту, а также не снижают ценности и значимости полученных результатов и выводов.

Заключение

Рассмотренная диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как решение актуальной научной и прикладной задачи, ориентированной на создание систем дистанционного мониторинга ионосферы и атмосферы (п. 5 Паспорта специальности 01.04.03). Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения в достаточной степени обоснованы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертационная работа отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор - Щербаков Александр Анатольевич - заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь»
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС)»,
доктор технических наук по специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация»,
доцент по специальности 01.04.03 «Радиофизика»
Почтовый адрес: 664009, Иркутск, ул. Советская 176/181-7
Тел. +7-950-051-3095, e-mail sword1971@yandex.ru

Демьянов Владислав Владимирович



Подпись	<i>Щербаков А.А.</i>
ЗАВЕРЯЮ:	
Начальник общего отдела ИрГУПС	
Подпись	<i>Щербаков А.А.</i>
" 22 "	" 11 "
20 16 г.	