

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
профессор



И.В. Ивонин

18 ноября 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Хуторова Владислава Евгеньевича «Структурные характеристики мезомасштабных неоднородностей тропосферы по радиоизмерениям сети приемников GPS-ГЛОНАСС», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Атмосфера Земли является основной средой обитания человека и потому служит предметом многих исследований. Для радиофизики атмосфера – это прежде всего среда для распространения электромагнитных волн. Несмотря на то, что показатель преломления атмосферы в целом мало отличается от свободного пространства, большая протяженность реальных трасс распространения волн приводит к накоплению влияния атмосферы на качество связи, навигации, радиолокации. Широкое развитие спутниковых навигационных систем, так или иначе, использующих радиоканалы способствовало развитию новых физических инструментов для исследования атмосферы и в том числе тропосферы в большом диапазоне пространственно-временных масштабов. В настоящее время такие системы как NAVASTAR (GPS) и ГЛОНАСС все чаще используются для целей дистанционного зондирования атмосферы. Немаловажным фактором актуальности таких исследований является их цена – практически бесплатно. На текущий момент в США и странах Европы сети приемников GPS встроены в систему метеорологического и климатического контроля. В России наземные сети приемников пока слабо используются для исследования мезомасштабной структуры тропосферы. Диссертационная работа направлена на преодоление этого пробела. Работа носит экспериментальный характер.

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Отличительная особенность подхода выбранного в диссертации состоит в использовании стандартных методик извлечения спутниковых данных для нестандартного их использования – мезомасштабных измерений - в области пространственных масштабов от 1 до 40 км. Так в работе впервые:

- создана методика количественной оценки мезомасштабных неоднородностей в пространственно разнесенных точках от 800 метров до 40 км с помощью радиосигналов спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС.
- по данным дистанционного радиозондирования сетью приемников ГНСС получены суточные вариации структурных функций тропосферной задержки радиоволн.
- по данным радиозондирования сетью приемников ГНСС получены сезонные вариации временных структурных функций тропосферной задержки радиоволн.
- получены высотные зависимости горизонтальной структурной функции индекса рефракции дециметровых радиоволн.

Ключевым параметром дистанционного зондирования тропосферы является зенитная тропосферная задержка радиосигналов спутниковых навигационных систем (ZTD), равная разности оптического и геометрического пути сигнала спутниковых навигационных систем в нейтральной атмосфере в зенитном направлении и измеряемая в единицах длины.

К числу значимых исследований выполненных автором могут быть отнесены следующие результаты:

1. Проведен многолетний эксперимент по сбору и анализу синхронных ежесекундных измерений радиосигналов наземной сетью приемников ГЛОНАСС и GPS на территории Татарстана в течение 2008-2012 гг.
2. Разработана методика измерения структурных функций тропосферных задержек дециметровых радиоволн с помощью дистанционного зондирования тропосферы сигналами ГЛОНАСС и GPS с использованием синхронных данных.
3. Показано, что величина структурной функции и ее степенная аппроксимация являются количественными характеристиками неоднородной структуры тропосферы.
4. Проанализированы основные погрешности, влияющие на расчет тропосферной задержки сигналов ГНСС, такие как погрешности вносимые приемником, частотно-временным обеспечением, эфемеридами и влияние многолучевости.
5. Получены оценки точности дифференциальных фазовых измерений радиосигналов ГНСС.

6. Показано, что на исследуемом масштабе неоднородностей от 0.8 до 40 км вклад ионосферной задержки в структурную функцию мал по сравнению с вкладом тропосферной.
7. Оценка временных вариаций подтвердила, что структурная функция тропосферной задержки дециметровых радиоволн испытывает значительную изменчивость в зависимости от времени суток. Величина структурных функций достигает в дневные часы значений $0,06 \text{ м}^2$, что в несколько раз превышает значения для ночных часов.
8. Трехлетние исследования временной структурной функции тропосферной задержки радиоволн показали, что существуют не только значительные сезонные, но и межгодовые вариации.

Полученные в диссертации результаты являются новыми и могут быть классифицированы как новое научно обоснованное решение актуальной научной задачи.

3. ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ

На защиту выносятся 3 защищаемых положения, каждое из которых содержит конкретные характеристики структурной функции тропосферы в мезомасштабном диапазоне. Эти характеристики не противоречат общеизвестным представлениям о динамике тропосферы, но уточняют их. Экспериментальные результаты сравниваются с данными математического моделирования. Отмечается хорошее статистическое согласие.

Сами защищаемые положения сформулированы в достаточно содержательном виде, их обоснованность не вызывает сомнений.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты уточняют и развивают метод дистанционного радиозондирования неоднородной структуры тропосферы.

Методика оценки неоднородной мезомасштабной структуры тропосферы применима для исследований над другими территориями. При этом радиозондирование сигналами спутниковых навигационных систем способствует сокращению расходов на получение экспериментальных данных при увеличении временного разрешения. Обнаруженные зависимости и количественные оценки могут использоваться при разработке новых моделей мезомасштабных процессов в тропосфере, в том числе и для прогноза распространения радиоволн.

Автор принимал участие в качестве исполнителя в исследованиях, поддержанных: грантом молодых ученых Академии наук РТ 07-2/2008, госконтрактом № П162 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 годы», грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№13-05-97054) и грантом Минобрнауки (соглашение № 8886).

Работа удостоена следующих наград:

- Диплом за лучший доклад на студенческой научно-практической конференции КГУ, Казань, 2009;
- Диплом лауреата конкурса молодых ученых XVI рабочей группы "Аэрозоли Сибири", Томск, 2009;
- Диплом конкурса молодых ученых XVIII рабочей группы "Аэрозоли Сибири", Томск, 2011.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Полагаем, что результаты работы заслуживают расширенного использования как учебном, так в научном плане. Предложенные методики должны быть расширены и расшифрованы в виде доступном для широкой научной общественности.

6. ПУБЛИКАЦИИ

По теме диссертации автором опубликовано 34 работы. Из них 18 статей в научных журналах (5 в журналах, рекомендованных ВАК, 5 индексированы в базе SCOPUS), 3 статьи в сборниках трудов научных конференций, 13 тезисов докладов.

Среди всех обсуждений работы можно выделить выступления на международных симпозиумах «Атмосферная радиация и динамика», Санкт-Петербург (2009, 2011, 2013); VI научной конференции «Промышленная экология и безопасность» Казань (2009); Второй Волжской региональной молодежной научной конференции «Радиофизические исследования природных сред и информационные системы», Казань (2010); Всероссийской научной конференции «Изменяющаяся окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований», Казань (2010); XX и XXIII Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн» (2008, 2011); международном симпозиуме «Progress In Electromagnetic Research», Москва (2012), международной конференции «Турбулентность, динамика атмосферы и климата» (2013), а также на рабочих группах «Аэрозоли Сибири» в Томске (2009, 2010, 2011, 2012 и 2013).

7. ЗАМЕЧАНИЯ

По содержанию диссертации имеется ряд замечаний:

1. В тексте диссертации и автореферата нет подробного описания ни одной методики обработки результатов измерений. Есть только общие слова, что методики разработаны. Не понятна технология использования сингулярных разложений. Ничего не сказано об обусловленности обратных задач.

2. Измерения проводились на GPS- приемниках двух типов с различными характеристиками. Это значит, что они могут обладать различными шумами, различными алгоритмами оценки фазовых задержек и т.д. Из текста не ясно, как это учитывалось при обработке экспериментальных данных.
3. Нигде не приводится объем выборки экспериментальных данных, по которым строились аппроксимирующие кривые. Утверждение, что доверительный интервал - это стандартное отклонение, не верно.
4. Набег фазы - величина безразмерная и измерять его в метрах не следует.
5. Сопоставление результатов моделирования и экспериментов (например, на рис. 2.4) выглядит весьма сомнительно. По крайней мере, нуждается в разъяснении, поскольку, обычно, теория дает более плавные зависимости, чем эксперимент, а здесь все наоборот.
6. Ряд приводимых формул плохо проработан, например, (3.1). Структурная функция должна зависеть от разности расстояний – именно на зависимости от этой разности всё основано в работе. Что это - небрежность или непонимание?
7. Нет сопоставления результатов с отечественными (ИРЭ РАН - Смирнов В.М., Красноярск - Кашкин В.Б., Иркутска - Афраймович Э.Л.) и зарубежными работами по обработке спутниковых данных. Сейчас многие занимаются интерпретацией общедоступных спутниковых данных.

Кроме того имеется масса оформительских неточностей, а, может быть, и ошибок. Так на рис. 3.1 появились метры, где должны быть км, не все обозначения расшифрованы, встречаются грамматические и синтаксические ошибки (рис. 4.1), и т.д. Проведение аппроксимирующих кривых при существующем разбросе данных весьма сомнительно (рис. 3.1, 4.1, 4.2, 4.3 и др.). Нужны весьма веские соображения для такой операции. Думается, что степенные аппроксимации лучше всего искать с представлением данных в двойном логарифмическом масштабе.

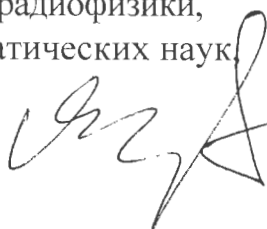
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация В.Е. Хуторова В.П. в целом представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую новое решение актуальной научной задачи, имеющей важное хозяйственное значение для изучения атмосферы и создания адаптивных систем связи и навигации. Новые научные результаты, полученные автором, имеют важное значение для практического использования. По своей актуальности, объему выполненных исследований, научному содержанию, новизне и практической значимости результатов она отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК РФ, соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика. Автор диссертации Хуторов Владислав Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждён на расширенном научном семинаре кафедры Радиофизики Томского государственного университета

« 20 » октября 2014 г., протокол № 95 .

Председатель семинара
заведующий кафедрой радиофизики,
доктор физико-математических наук,
профессор



В.П. Якубов

Якубов Владимир Петрович
доктор физико-математических наук, профессор
зав кафедрой Радиофизики Радиофизического фак-та
Томский государственный университет
Россия 634050 Томск ул. Ленина, 36
тел. (раб): 3822-413463
e-mail: yvlp@elefot.tsu.ru