



Отзыв утверждаю  
Директор ИДГ РАН

д.ф.-м.н.

С.Б. Турунтаев

22 мая 2017 г.

## Отзыв ведущей организации

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт динамики геосфер Российской академии наук,  
на диссертационную работу Мыльниковой Анны Александровны  
«Восстановление абсолютного значения, пространственных градиентов  
и временной производной полного электронного содержания по данным  
GPS/ГЛОНАСС», представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03-  
«Радиофизика»**

Целью диссертационной работы Мыльниковой А.А. являлась разработка метода расчета абсолютного ПЭС на луче спутник–приемник, а также получения абсолютного вертикального ПЭС, градиентов, временной производной ПЭС и дифференциальных кодовых задержек (ДКЗ) по данным совместных групповых и фазовых двухчастотных измерений на отдельном приемнике GPS/ГЛОНАСС. Для достижения поставленной цели была решена задача разработки методов, алгоритмов и программного обеспечения для оценки абсолютного вертикального ПЭС, градиентов ПЭС и ДКЗ. В работе проведено тестирование метода и программного обеспечения с использованием модели IRI-2012 и выполнено сравнение полученных с помощью разработанного метода значений, с аналогичными данными, полученными из глобальных ионосферных карт. Также в работе проведен анализ длительных рядов ДКЗ, для изучения возможности долговременной калибровки навигационных приемников.

Значения абсолютного вертикального ПЭС важны как для уточнения ионосферных моделей, так и в задачах коррекции ионосферной составляющей ошибки в современных системах радиолокации и навигации.

В диссертационной работе впервые разработан метод, позволивший осуществлять с высоким временным разрешением расчет абсолютного вертикального ПЭС в области размером  $20^\circ$  по долготе и  $10^\circ$  по широте, а также ДКЗ приемника и спутников по данным двухчастотных измерений отдельных станций приема сигналов GPS/ГЛОНАСС.

Впервые выявлены недостатки определения абсолютного ПЭС по данным ГЛОНАСС при использовании ДКЗ, которые получаются в

результате расчета глобальных ионосферных карт. Предложен альтернативный вариант решения данной задачи.

Также, впервые отмечена невозможность долговременной калибровки приемника для получения абсолютного наклонного ПЭС и обоснована необходимость регулярного обновления ДКЗ.

Основные результаты работы опубликованы в печати - две статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций. Семь статей в журналах, включенных в международные базы систем цитирования и рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Результаты работы докладывались на крупных международных и Российских конференциях.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав основного материала, заключения, и списка цитируемой литературы, содержащего 71 ссылку. Общий объем диссертации – 98 страниц, включая 5 таблиц и 36 рисунков.

Во введении дана общая характеристика работы, показана актуальность ее темы, сформулированы цели диссертации и поставленные на основе целей, решаемые задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе приведен обзор литературы, посвященной современным методам оценки абсолютного вертикального полного электронного содержания (ПЭС) и дифференциальных кодовых задержек (ДКЗ), а также методики построения региональных и глобальных ионосферных карт полного электронного содержания.

Во второй главе приводится анализ длительных рядов ДКЗ в каналах спутников и приемников по данным публикуемым службой IGS. Обосновывается необходимость регулярных оценок ДКЗ.

В третьей главе приводится детальное описание и обоснование разработанной методики оценки абсолютного вертикального ПЭС, его градиентов, временной производной, а также ДКЗ. Приведены методики определения ПЭС вдоль лучей «спутник-приемник» на основе фазовых и групповых измерений, выбросов и срывов сопровождения фазы, устранения фазовой неоднозначности. Также приведена и обоснована модель измерений ПЭС, функция преобразования наклонного ПЭС в вертикальный ПЭС, описана процедура формирования уравнений для нахождения требуемых параметров.

В четвертой главе представлены сведения о тестировании разработанной в диссертационной работе методики. Приведены результаты тестирования с помощью модели IRI-2012. Моделирование проводилось для трех регионов: экваториального, среднеширотного, высокоширотного. Представлены результаты восстановления вертикального абсолютного ПЭС, градиентов и производной ПЭС, ДКЗ в сравнении с исходными модельными значениями.



Вторая часть главы 4 посвящена сравнению получаемых параметров с данными Глобальных Ионосферных Карт (CODE и JPL).

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при работе над диссертацией.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа не лишена недостатков. Можно отметить следующие:

1. В работе используется условие «zero-mean condition». Данное условие является достаточно искусственным и в реальности практически не выполнимым. Однако нигде не обсуждается, как оно влияет на получаемые результаты.
2. В работе используются данные двух систем GPS и ГЛОНАСС. При этом не ясно, может ли использоваться для таких расчетов только отечественная система ГЛОНАСС, даст ли какие-нибудь плюсы использование навигационных систем Galileo и Beidou.
3. Автором использовались данные в постобработке. Остался неясным вопрос, может ли данный метод использоваться для оперативной диагностики ионосферы в квазиреальном режиме времени.
4. Автор не использовал данные Иркутского радара некогерентного рассеяния, которые позволили бы выполнить более точную количественную верификацию предложенного метода в разных геофизических условиях и, возможно, уточнить ограничения на требуемые углы визирования спутников GPS и ГЛОНАСС для достижения требуемой точности расчетов ПЭС.
5. Имеется ряд недочетов. Плохо выполнены рис. 1.2, 1.3. Рис. 4.10 необходимо было выполнить в виде 8 двумерных карт. Также имеются отдельные стилистические неточности и орфографические ошибки. Например, раздел 2.1, абзац 5 при описании динамики дифференциальных кодовых задержек в каналах навигационных приемников.

Указанные недостатки не отменяют общей положительной оценки диссертации А. А. Мыльниковой, которая представляет собой законченное научное исследование и содержит новые результаты.

Резюмируя вышесказанное можно заключить, что диссертация «Восстановление абсолютного значения, пространственных градиентов и временной производной полного электронного содержания по данным GPS/ГЛОНАСС» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор: Мыльникова Анна Александровна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03- «Радиофизика».

Отзыв составлен Зецером Юлием Израиловичем, доктором физико-математических наук, научным руководителем Института динамики геосфер РАН и Ляховым Андреем Николаевичем, кандидатом технических наук, заместителем директора по научной работе Института динамики геосфер РАН, заведующим лабораторией «Электродинамических процессов в геофизике» ИДГ РАН.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре лаборатории «Электродинамических процессов в геофизике» Института динамики геосфер РАН.

Научный руководитель ИДГ РАН,  
доктор физико-математических наук  
специальность: 25.00.29 –  
Физика атмосферы и гидросферы



Зецер Юлий Израилович

119334, Ленинский проспект, 38, корпус 1, Москва, Россия  
E-mail: zetzer@idg.chph.ras.ru  
Телефон: (495) 939-7944

Заместитель директора по научной работе,  
Заведующий лабораторией «Электродинамических  
процессов в геофизике» ИДГ РАН,  
кандидат технических наук  
специальность: 01.04.14  
Теплофизика и молекулярная физика



Ляхов Андрей Николаевич

119334, Ленинский проспект, 38, корпус 1, Москва, Россия  
E-mail: alyakhov@idg.chph.ras.ru  
Телефон: (495) 939-7513