

"УТВЕРЖДАЮ"



Директор ИЗМИРАН

доктор физ.-мат наук

В.Д. Кузнецов

февраля 2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН на диссертацию Хабитуева Дениса Сергеевича «Определение параметров внешней ионосферы над Восточной Сибирью по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния и карт полного электронного содержания», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Внешняя ионосфера играет важную роль в решении широкого круга задач радиосвязи и радионавигации, поскольку, например, именно внешняя ионосфера вносит существенный вклад в полное электронное содержание вдоль луча от навигационного спутника системы GPS до наземного пункта. Одним из самых эффективных средств исследования внешней ионосферы являются радары некогерентного рассеяния радиоволн. Таких радаров немного, и Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) – единственный радар такого типа в Российской Федерации. С помощью ИРНР были получены новые знания об ионосфере и региональных особенностях ионосферы над Восточной Сибирью.

Одним из ключевых параметров внешней ионосферы является высота перехода hT от области F2 ионосферы, где преобладают ионы кислорода, к протоносфере, где преобладают ионы водорода. Для средних широт высоту hT часто называют высотой перехода между ионосферой и плазмосферой. ИРНР позволяет определить эту высоту лишь в редких случаях, поскольку типичные значения hT составляют 800-1500 км, а энергетический потенциал ИРНР позволяет проводить уверенные измерения только до высот примерно 700 км.

Главной целью данной работы была разработка метода определения высоты перехода hT путем объединения данных ИРНР с данными полного электронного содержания (ПЭС) навигационной спутниковой системы GPS. Актуальность решения этой задачи не вызывает сомнения по отмеченным выше причинам.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи.

1. Разработка модели внешней ионосферы, учитывающей структуру области перехода между ионосферой и плазмосферой, и создание на ее основе методики определения высоты перехода hT по данным ИРНР и ПЭС GPS.
2. Исследование сезонно-суточных вариаций масштабной высоты внешней ионосферы и высоты перехода между ионосферой и плазмосферой в Восточно-Сибирском регионе для разных условий солнечной и геомагнитной активности.

Результаты решения этих задач составляют основное содержание диссертации, которая состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Во введении представлена общая характеристика работы: актуальность темы диссертации, цели работы, научная новизна, практическая значимость, защищаемые положения, сведения об апробации работы и ее краткое содержание. Первая глава содержит обзор современного состояния исследования внешней ионосферы, в первую очередь, средних широт. Отмечено, что характерный масштаб изменения концентрации электронов с высотой (в диссертации этот масштаб назван масштабной высотой) определяется не только диффузионными процессами, но зависит и от термосферного ветра. Подчеркнуто также, что для моделирования внешней ионосферы существует ряд теоретических и полуэмпирических подходов, которые могут приводить к существенно различающимся результатам, что указывает на сложность данной научной проблемы и актуальность ее развития. Во второй главе представлены модель внешней ионосферы и методика определения высоты перехода между ионосферой и плазмосферой, которые являются основными результатами данной диссертации. Одной из важных особенностей разработанной модели области перехода от ионосферы к плазмосфере является учет высотного изменения парциальных концентраций ионов атомарного кислорода и водорода через введение характерного масштаба по высоте (масштабной высоты) переходной области. Отмечено, что данная модель дает хорошее качественное соответствие с результатами реальных данных радара некогерентного рассеяния Аресибо. Эта модель является одним из элементов разработанной методики определения высоты перехода от ионосферы к плазмосфере. Другими элементами являются: а) данные измерений замираний (минимумов) линейного поляризованного сигнала, получаемых с помощью ИРНР, что позволяет определять абсолютное электронное содержание до каждого поляризационного минимума; б) высотный профиль электронной концентрации, рассчитанный по стандартной методике обработки данных ИРНР; в) карты полного электронного содержания (ПЭС), полученных по данным спутниковой навигационной системы GPS. Поэтому разработанный метод определения высоты перехода от ионосферы к плазмосфере назван методом ИРНР–GPS. В третьей главе представлены результаты исследования масштабной высоты внешней ионосферы и высоты перехода от ионосферы к плазмосфере, полученные по данным ИРНР–GPS, т.е. на основе разработанного метода. Там же эти данные сопоставлены с данными других источников, включая данные измерений на других радарх и

данные численных моделей ионосферы и плазмосферы. На этой основе получено, что в целом предложенная методика позволяет получать приемлемые оценки высоты перехода от ионосферы к плазмосфере над Восточной Сибирью. В заключении суммированы основные результаты работы.

Наиболее важные из этих результатов, определяя новизну и значимость работы, сводятся к следующему:

1. Разработана модель области перехода от ионосферы к плазмосфере, в которой изменение с высотой парциальных концентраций ионов атомарного кислорода и атомарного водорода учтено через высотный масштаб переходной области.

2. На основе разработанной модели, а также совместного использования данных Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) и карт полного электронного содержания GPS разработан метод определения высоты перехода от ионосферы к плазмосфере, который назван методом ИРНР–GPS.

3. На основе этого метода и данных измерений за 1998-2005 годы выделены суточные и сезонные закономерности изменения этой высоты для Восточно-Сибирского региона при разных уровнях солнечной и геомагнитной активности.

4. На основе сравнения результатов расчетов по методу ИРНР–GPS с данными других полуэмпирических и теоретических моделей получено, что расчеты по методу ИРНР–GPS дают результаты, которые количественно соответствуют полуэмпирическим моделям, но могут отличаться от анализируемых теоретических моделей.

Замечания по работе:

1. В третьей главе приведены графики суточных изменений масштабной высоты H_{eff} (т.е. характерного масштаба изменения концентрации электронов с высотой) во внешней ионосфере в области преобладания ионов кислорода, полученные по данным ИРНР. Однако в тексте этой главы не указано, для какого интервала высот получена H_{eff} (непосредственно над максимумом F2-слоя или для всего интервала высот выше этого максимума, где преобладают ионы кислорода), что затрудняет чтение этой части диссертации.

2. На стр. 65 в первом предложении после «2.4. Выводы» допущена опечатка: перед словами «атомарного кислорода» отсутствует слово «ионов».

Эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне. Выносимые на защиту положения, выводы и рекомендации являются новыми и научно обоснованными. Достоверность научных выводов и положений обеспечена использованием физически обоснованных методов и статистикой наблюдений. Ряд характеристик внешней ионосферы был впервые получен для региона Восточной Сибири, тем не менее, полученные результаты не противоречат результатам аналогичных исследований, выполненных на радарх некогерентного рассеяния в других регионах.

Значимость для науки результатов диссертации определяется прежде всего тем, что для региона Восточной Сибири впервые с высоким временным

разрешением получены данные о динамике высоты перехода от ионосферы к плазмосфере. Результаты и разработанные методы могут быть использованы для улучшения существующих и разработки новых моделей химического состава и концентрации электронов внешней ионосферы. Методика объединения данных ИРНР и ПЭС GPS является перспективным методом исследований внешней ионосферы и позволяет получать параметры, ранее недоступные для измерений.

Результаты диссертации и в первую очередь разработанную методику определения высоты перехода от ионосферы к плазмосфере и закономерности изменения этой высоты для региона Восточной Сибири рекомендуется использовать в работах по исследованию и прогнозу состояния внешней ионосферы в Институте динамики геосфер РАН, Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Институте прикладной геофизики им. акад. Е.К. Федорова, Институте солнечно-земной физики СО РАН, Полярном геофизическом институте РАН, Балтийском федеральном университете им. И. Канта и других организациях соответствующего профиля.

Основные результаты и выводы, приведенные в диссертации, изложены в научных публикациях, включая 2 публикации в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Диссертация соответствует специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Автореферат верно отражает содержание диссертации.

ВЫВОДЫ. Диссертация Д.С. Хабитуева удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям: она является законченной научной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития физики верхней атмосферы – разработан и реализован метод определения высоты перехода от ионосферы к плазмосфере по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) и карт полного электронного содержания GPS, который назван методом ИРНР–GPS. Следовательно, Денис Сергеевич Хабитуев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Отзыв составлен зав. лабораторией динамики ионосферы ИЗМИРАН доктором физ.-мат. наук М.Г. Деминовым.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Секции ученого совета ИЗМИРАН по солнечно-земной физике 26.02.2015 г., протокол № 1.

Зав. лабораторией динамики
ионосферы ИЗМИРАН
доктор физ.-мат. наук



/М.Г. Деминов/

142190, Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, ИЗМИРАН.
Телефон: 8(495)851-55-60, E-mail: deminov@izmiran.ru

Председатель Секции
зам. директора ИЗМИРАН
доктор физ-мат наук

/В.В. Фомичев/

142190, Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, ИЗМИРАН.
Телефон: 8(485)851-01-23, E-mail: fomichev@izmiran.ru

Секретарь Секции
с.н.с. ИЗМИРАН
кандидат физ-мат наук

/Е.В. Непомнящая/

142190, Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, ИЗМИРАН.
Телефон: 8(485)851-01-05, E-mail: evn@izmiran.ru

Подписи М.Г. Деминова, В.В. Фомичева и Е.В. Непомнящей удостоверяю.
Ученый секретарь ИЗМИРАН
кандидат физ.-мат. наук



/А.И. Рез/

«26» февраля 2015 г.