



УТВЕРЖДАЮ"
Директор КФ ИЗМИРАН
кандидат физ.-мат.наук
И.И. Шагимуратов
2016г

Калининградский филиал
Федерального бюджетного учреждения науки
Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В.Пушкова Российской академии наук
(КФ ИЗМИРАН)

236017, г. Калининград,
проспект Победы, 41

Факс: (4012) 21-56-06

mailto:office@wdizmiran.ru

Тел. канц.: (4012) 21-56-06

ОКПО 32763700, ОГРН 1035009350375, ИНН/КПП 5046005410 / 390602001

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Калининградского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук на диссертацию Щербакова Александра Анатольевича «Расчет скорости нейтральных ветров на ионосферных высотах по данным Иркутского радара НР», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03- Радиофизика

Важным звеном в цепочке солнечно-земных связей является верхняя атмосфера Земли – часть земной атмосферы, включающая ионосферу, где количество заряженных частиц достаточно велико, чтобы оказывать заметное влияние на распространение радиоволн. В верхней атмосфере Земли процессы переноса, такие как нейтральный ветер (движение нейтрального газа) и электромагнитный дрейф плазмы являются важнейшими механизмами взаимосвязи нейтральных и заряженных частиц околоземного космического пространства. Таким образом, одной из ключевых проблем изучения верхней атмосферы является исследование ее динамического

режима. Теоретическое и экспериментальное изучение процессов переноса в ионосфере и верхней атмосфере занимает важное место в международных программах геофизических и космических исследований. Сложность протекающих в верхней атмосфере процессов, сильная изменчивость ее динамического режима, совместно с нелинейностью реакции на действие внешних факторов, ведет к необходимости проводить измерения различных параметров среды, в том числе нейтрального ветра и электромагнитного дрейфа плазмы, для определения закономерностей поведения динамических характеристик ионосферы. Многопараметрические измерения ионосферной динамики, охватывающие значительный диапазон высот на различных долготах и широтах, осуществляются глобальной сетью радаров некогерентного рассеяния (НР). В мире таких радаров совсем немного, а Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) является единственным радаром такого типа в Российской Федерации. С помощью ИРНР были получены новые знания об ионосфере и региональных особенностях ионосферы над Восточной Сибирью.

Главной целью работы Щербакова А.А. является разработка и реализация метода и алгоритмов расчета скоростей переноса ионосферной плазмы и нейтрального меридионального ветра в средних широтах восточносибирского региона по данным ИРНР. Актуальность решения этой задачи не вызывает сомнения по отмеченным выше причинам.

Для достижения поставленной цели в диссертации решаются следующие основные задачи:

1. Разработка комплекса программ, позволяющего в автоматическом режиме получать скорость дрейфа ионосферной плазмы с помощью корреляционной методики по данным ИРНР.
2. Экспериментальная проверка работоспособности корреляционной методики получения скорости дрейфа плазмы вдоль луча зрения радара, а также моделирование в условиях наличия и отсутствия шумов. Определение границ применимости методики.
3. Разработка и тестирование методики расчета скорости нейтральных меридиональных ветров по данным ИРНР.

Результаты решения этих задач составляют основное содержание диссертации, которая состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Во введении изложены актуальность работы, цели и основные задачи работы, научная новизна, практическая значимость, основные результаты, выносимые на защиту, а также представлен обзор методов и результатов измерения нейтрального ветра и его влияние на динамические процессы в ионосфере за последние десятилетия. В первой главе представлена корреляционная методика определения скорости дрейфа плазмы вдоль луча зрения радара, изложены технические характеристики Иркутского радара НР, рассмотрена методика представления спектра НР в

виде двух гауссовых распределений, представлен вывод формулы, описывающей фазу автокорреляционной функции (АКФ) при таком представлении. Показано, что при малых значениях коэффициента асимметрии и доплеровского смещения частоты спектра с помощью представленной корреляционной методики могут быть получены устойчивые значения скоростей дрейфа ионосферной плазмы. Во второй главе рассмотрена экспериментальная проверка работоспособности методики получения скорости дрейфа плазмы вдоль луча зрения радара, а также ее моделирование в условиях наличия и отсутствия шумов, определены границы применимости метода. Проанализирована степень возникающих ошибок в получаемой скорости дрейфа плазмы в случае недоучета асимметрии в спектре НР. Показано что, в соответствии с представленными в диссертации результатами моделирования, методика позволяет с допустимой погрешностью производить измерения скорости дрейфа и асимметрии спектра сигнала НР, при условии, что асимметрия не выходит за рамки 8%, а скорость дрейфа не превышает по модулю 150 м/с. В третьей главе представлен программный комплекс вторичной обработки сигналов НР, рассмотрены принципы фитирования аналитического выражения для фазы АКФ по экспериментальным данным, описаны алгоритмы определения скорости дрейфа плазмы в условиях ассиметричного спектра, обобщены методики по устранению шумов и помех из спектра сигнала НР. С помощью программного комплекса можно рассчитывать спектры полученных АКФ, складывать каналы приема с различной фазой, производить шумовую коррекцию, получать ключевые параметры АКФ сигнала НР и с их помощью рассчитывать такие параметры ионосферной плазмы как температура ионов и температура электронов, а также, с помощью корреляционной методики, производить подгонку фазы АКФ и получать скорость дрейфа плазмы вдоль луча зрения радара. В четвертой главе подробно рассматривается методика расчета скорости нейтральных меридиональных ветров, представлена геометрия экспериментов, проводимых на ИРНР. Представлены скорости нейтральных меридиональных ветров, рассчитанные по двух лучевой методике с дополнительным регуляризирующим условием, учитывающим как зональный, так и меридиональный поперечные магнитному полю дрейф плазмы. Показано, что возможный недоучет влияния электрических полей на скорость дрейфа плазмы теоретически может вызывать серьезные ошибки в определении скоростей нейтральных ветров. В пятой главе приведены результаты исследования динамических процессов в верхней атмосфере Земли по данным ИРНР для разных сезонов года в различные периоды солнечной активности, а также проведено сравнение полученных результатов с моделями нейтральных ветров и поведением высоты максимума электронной концентрации hmF2. Сделаны выводы по результатам сравнений, приведен краткий морфологический анализ полученных геофизических результатов. В заключении сформулированы выводы по основным результатам работы.

Наиболее важные из этих результатов, определяя новизну и значимость

работы, сводятся к следующему:

1. Реализованная корреляционная методика позволяет получать информацию о скорости дрейфа плазмы на основе данных иркутского радара некогерентного рассеяния.
2. Разработан и внедрен программный комплекс по обработке данных ИРНР, позволяющий в автоматическом режиме без участия оператора получать данные о различных параметрах ионосферы, включая данные по ее динамике. Были получены длинные ряды данных по скоростям дрейфа плазмы и скоростям нейтральных меридиональных ветров в период с 2005 по 2016 год, для различных сезонов года и уровней солнечной активности.
3. Разработанная методика расчета скорости меридионального нейтрального ветра, с учетом зонального и меридионального электромагнитного дрейфа плазмы поперек магнитного поля, показывает хорошее соответствие полуэмпирическим моделям нейтральных ветров. Это подтверждает работоспособность предложенных методик и алгоритмов.

В то же время, диссертация не свободна от недостатков. Так в п. 4.4 в котором дается описание метода восстановления скорости нейтрального ветра упоминается процедура регуляризации. В тексте не приводится обоснование этой процедуры, а статья на которую в тексте ссылается диссертант, в списке литературы отсутствует.

В тексте, также встречаются небольшие неточности. Например, эмпирическая модель HWM07 на стр. 98 называется теоретической. Не совсем ясно, почему измеренные ветра для зимы 2013 г. сравниваются с моделью ветра HWM93, а для лета 2013 г. - с HWM07.

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 ионосферы был впервые получен для восточносибирского региона. В целом 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 впервые для восточносибирского региона получены длинные ряды данных по скоростям дрейфа плазмы и скоростям нейтрального ветра, охватывающие период с 2005 по 2015 года. Результаты и разработанные методы могут быть использованы для улучшения существующих и разработки новых моделей

динамического режима верхней атмосферы Земли.

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, содержащее новые методы получения информации о динамике верхней атмосферы на основе радиофизических инструментов и новые результаты в области физики ионосферы. Методика расчета нейтральных меридиональных ветров является перспективной для исследований динамического режима ионосферы, а накопленный экспериментальный материал охватывает все сезоны года и различные уровни солнечной активности. Результаты диссертации и в первую очередь разработанную методику определения нейтральных меридиональных ветров 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 работы были апробированы на российских и международных научных семинарах, симпозиумах и конференциях, а также опубликованы в российских и международных научных изданиях. В том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций.

Диссертация соответствует специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Автореферат верно отражает содержание диссертации.

ВЫВОДЫ. Диссертация А.А. Щербакова удовлетворяет требованиям пункта 9 и пункта 14 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 скорости нейтрального меридионального ветра по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Следовательно, Александр Анатольевич Щербаков заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником лаборатории моделирования ионосферных процессов КФ ИЗМИРАН доктором физ.-мат. наук И.В. Карповым.

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном семинаре лаборатории моделирования ионосферных процессов с участием сотрудников лабораторий экспериментального исследования ионосферы и обсерватории магнитно-ионосферных наблюдений КФ ИЗМИРАН 08.11.2016 г., протокол № 2.

Ведущий научный сотрудник

Секретарь ученого совета

КФ ИЗМИРАН

доктор физ.-мат. наук

/И.В. Карпов/

236017, г. Калининград, проспект Победы, д. 41, КФ ИЗМИРАН. Телефон: 8(4012)21-56-06, E-mail: office@wdizmiran.ru

Секретарь заседания,

к.ф.-м.н.

/Котова Д.С./

236017, г. Калининград, проспект Победы, д. 41, КФ ИЗМИРАН. Телефон: 8(4012)21-56-06, E-mail: darshu@yandex.ru

Подписи И.В. Карпова, и Котовой Д.С. удостоверяю .

Директор КФ ИЗМИРАН

кандидат физ.-мат. наук

/И.И. Шагимурагов/

« 9 » ноября 2016г.

