

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу 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»

Исследование ионосферы и, особенно ее внешней части выше максимума ионизации, являются востребованными и актуальными. В связи с техническим прогрессом и появлением космонавтики во второй половине 20 века стала необходимой разработка прогнозов и предсказаний космической погоды. Область внешней ионосферы является наиболее малоизученной, вследствие труднодоступности проведения измерений на высотах выше максимума ионизации (~350 км). В связи с этим, в последние десятилетия ведутся активные разработки моделей внешней ионосферы, которые способны восстанавливать профиль электронной концентрации и описывать ионный состав.

В диссертации сделана попытка оценить химический состав внешней ионосферы в Восточно-Сибирском регионе используя экспериментальную базу Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) и дополнительных данных – карт полного электронного содержания (ПЭС) GPS.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа содержит 35 рисунков, 2 таблицы и список литературы, содержащий 80 наименований.

Во введении дан краткий экскурс в тему исследований. Обоснована актуальность выбранной темы, которая заключается в оригинальном способе получения данных о высоте перехода O^+/H^+ для региона Восточной Сибири. Способ основан на объединении уникальных данных поляризационных измерений ИРНР и карт полного электронного содержания (ПЭС), полученных по данным сети приемников системы GPS. Во введении также сформулированы цели диссертационной работы.

В первой главе приведено описание основной области исследований – внешней ионосферы. Довольно детально описан механизм формирования области внешней ионосферы. Также рассмотрены современные подходы для моделирования состояний внешней ионосферы, предлагаемые различными группами авторов. Описано большинство существующих на сегодняшний день моделей ионного состава внешней ионосферы. Раскрывается физическая суть таких ключевых параметров внешней ионосферы как масштабная высота и высота перехода O^+/H^+ , а также рассмотрена роль диффузии и нейтрального ветра на вариации этих величин.

Вторая глава посвящена описанию разработанной модели внешней ионосферы и методике определения высоты перехода O^+/H^+ . Модель,

разработанная авторами, основана на общепринятом представлении профиля электронной концентрации с помощью простого слоя Чепмена. Модель предполагает, что плазма выше максимума слоя F2 состоит из двух основных компонент: ионов кислорода O^+ и водорода H^+ , а также учитывает влияние примеси ионов He^+ . Основной отличительной особенностью модели является введение области плавного перехода от ионов O^+ к ионам H^+ . На основе такой модели разработан алгоритм расчета высоты перехода O^+/H^+ , в котором используются достаточно специфические данные ИРНР по регистрации эффекта Фарадея и карты ПЭС GPS.

В главе 3 обсуждаются результаты расчетов масштабной высоты и высоты перехода O^+/H^+ , полученные по предложенной методике. Исследованы вариации этих параметров в зависимости от уровней солнечной и геомагнитной активности. Также проведен анализ постоянных сезонных вариаций и вариаций «день-ночь». Для верификации результатов проведено сравнение с аналогичными измерениями на других радарх ИР, в частности на Милстоун-Хилле и в Аресибо, которое подтверждает непротиворечивость полученных результатов. Далее проведено сравнение с наиболее известными полуэмпирическими моделями ионного состава, которые используются для расчетов в международной справочной модели IRI, а также с данными внешнего зондирования и доступными прямыми спутниковыми измерениями. Результаты такого сравнения можно охарактеризовать как неоднозначные, т.е. с некоторыми моделями результаты, полученные авторами, согласуются хорошо, с некоторыми имеются значительные отличия. Такой результат, опять же, связан, скорее всего, с очень малым объемом накопленных измерительных данных в этой области.

Работа на мой взгляд, имеет теоретическую и практическую значимость для усовершенствования существующих моделей внешней ионосферы.

Научная новизна заключается в том, что используя особенности Иркутского радара ИР, были получены радиофизические измерения о ранее недоступных наземными методами параметров внешней ионосферы. На основе таких измерений разработана модель внешней ионосферы, учитывающая изменение масштабной высоты электронной концентрации при переходе от ионосферы к плазмосфере, и методика определения высоты перехода O^+/H^+ . Впервые для Восточной Сибири получены данные о динамике высоты перехода O^+/H^+ и исследованы вариации этого параметра при различных солнечных и геомагнитных условиях.

Разработанная диссертантом полуэмпирическая модель основывается на уже проверенных и корректных алгоритмах расчета, на измерениях масштабной высоты по данным ИРНР и картах ПЭС. Результаты экспериментов и их сопоставление с различными моделями внешней ионосферы и прямыми измерениями с других радаров ИР показывают хорошее качественное соответствие. Это дает основание считать, что полученные результаты достаточно обоснованы и достоверны.

Работа написана на доступном научном языке, легко читается и воспринимается, аккуратно оформлена. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа Хабитуева Д.С. представляет собой законченное исследование в области физики ионосферы и гидросферы, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Основные результаты работы опубликованы в двух рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а также представлены в трудах российских и международных научных конференций и электронных публикациях. Перечень результатов, выдвигаемых на защиту, в полной мере соответствует тексту диссертации.

В работе также есть и недостатки:

1. В обзорной части не совсем понятно откуда взяты рисунки 1.6 и 1.7? То ли из [5], то ли из [13].
2. Там же на рисунке 1.7, на оси ординат вертикальных и меридиональных скоростей, стоит просто км, а не м/с.
3. На стр.49 – есть фраза «...если посмотреть на карту», а карты-то нет. Если только мысленно смотреть. Может стоило бы привести эту карту?
4. На стр.53 – есть фраза - «В связи с этим, при низкой электронной концентрации, могут возникать трудности с определением точек замирания сигнала». Так «могут возникать» или «возникают»? Какая-то неопределенность, может надо было раскрыть полней?
5. На стр.55 – формула (2.2): непонятно откуда она взята или как вычислена?
6. На стр.74 написано: «По всей видимости, во время геомагнитных возмущений наличие этих факторов является определяющим ... Т.е. можно предположить, что во время геомагнитной бури 4 октября ... на наших широтах параметры термосферного ветра могли значительно отличаться». Наверное, это следует понимать так: мы пока не рассматривали более подробно эти события и оставили на будущее?
7. На стр.77 неправильно указана ссылка на рисунок – вместо рис.3.5в надо было указать рис.3.5г.

Однако приведенные недостатки не влияют на ценность и репрезентативность полученных результатов.

Учитывая вышеизложенное заключаю, что диссертационная работа Хабитуева Д.С. "Определение параметров внешней ионосферы над Восточной Сибирью по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния и карт полного электронного содержания", представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29- физика атмосферы и гидросферы, отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а автор работы, Хабитуев Денис Сергеевич, несомненно заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Степанов Александр Егорович.
677980, г. Якутск, просп. Ленина, д.31,
Тел. (4112) 390-475,
E-mail: a_stepanov@ikfia.sbras.ru.
Институт космofизических исследований
и аэрoнoмии им. Ю.Г. Шафeра СО РАН,
с.н.с., к.ф.-м.н., доцент.



« 5 » марта 2015 г.

Подпись Степанова А.Е. заверяю:
Ученый секретарь ИКФИА СО РАН,
к.ф.-м.н. Макаров Георгий
Афанасьевич



« 5 » марта 2015 г.