

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Д.С. Хабитуева «Определение параметров внешней ионосферы над Восточной Сибирью по данным иркутского радара некогерентного рассеяния и карт полного электронного содержания», представленную на соискания ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы

Диссертация посвящено разработке методики определения и исследованию на ее основе важных параметров верхней ионосферы Земли – масштабной высоты внешней части области F ионосферы и уровня перехода от ионов атомного кислорода к ионам атомного водорода. Представленные исследования имеют важную научную ценность, поскольку поставляют новую количественную информацию об указанных и до настоящего времени довольно слабо изученных ионосферных параметрах. Также не вызывает сомнений и практическая ценность работы, обусловленная, в частности, представляемыми данными о характеристиках, существенно влияющих на точность позиционирования в системах спутниковой радионавигации.

Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения и списка используемой литературы, содержащего 80 источников.

Введение содержит стандартные данные о теме работы, постановке задач, структуре работы и других, необходимых для Введения атрибутах.

Первая глава посвящена описанию рассматриваемой проблемы. Следует отметить, что материалы главы свидетельствуют о высокой компетентности соискателя в области рассматриваемых задач. Особо можно отметить важную акцентированность работы на использование уникального инструмента исследований – Иркутского радара некогерентного рассеяния.

Вторая глава, на наш взгляд, является наиболее важной и продуктивной. Здесь подробно изложена методика предлагаемого подхода к определению указанных выше характеристик. Последовательно, логично и обоснованно представлена главная идея работы – комбинация данных ИРНР с данными о полном электронном содержании, представляемыми глобальными картами (называемыми картами GIM).

Третья глава содержит имплементацию предлагаемой методики к исследованию масштабной высоты верхней ионосферы и уровня перехода О/Н в различных условиях. Здесь же предпринята попытка сравнения результатов, полученных автором результатов с данными других измерений.

В Заключении сформулированы основные выводы и результаты, полученные в диссертации.

Определяющим моментом диссертации является оригинальный подход к определению указанных параметров внешней ионосферы, основанный на привлечении данных о высотном профиле концентрации ионосферной плазмы, полученных методом некогерентного рассеяния, совместно с измеряемым в системе GPS полным электронным содержанием. Подход является действительно оригинальным, что обуславливает научную новизну работы. Сама идея выглядит достаточно простой, достаточно обоснованной и вполне разумной.

Актуальность представляемой работы основана на том, что получение информации о состоянии внешней ионосферы важно, в частности, в плане прогнозирования вариаций полного электронного содержания в тех или иных условиях. Поскольку во внешней ионосфере может содержаться до 30% ПЭС, исследования, проведенные в работе, интересны для задач спутниковой радионавигации – современной, быстро развивающейся отрасли.

Достоверность и обоснованность результатов работы может быть признана весьма высокой. Прежде всего, это подтверждается тем, что предлагаемая методика исследований основывается на современных представлениях о процессах, протекающих в ионосфере и плазмосфере земли. Полученные в результате применения методики результаты, по крайней мере, не противоречат данным, полученным другими исследованиями.

Материалы диссертации в достаточной степени представлены научной общественности. Список публикаций автора содержит 8 наименований. Из них две работы опубликованы в изданиях из перечня ВАК. Работа прошла апробацию на ряде серьезных научных конференций и симпозиумов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Полученные в диссертации результаты представляют интерес для учреждений РАН, Росгидромета, Роскосмоса.

При анализе диссертации сформировались следующие замечания:

1. В работе использованы карты ПЭС, поставляемые европейским центром определения орбит CODE. Имеется ряд других центров, представляющих подобную информацию. При этом данные от разных центров могут отличаться весьма существенно. В работе не указано, почему выбраны именно эти данные.

2. В диссертации не сделана попытка оценки точности получаемых по предлагаемой методике численных результатов. Вопрос достаточно серьезный, поскольку производится сравнение с данными других исследований.
3. На стр. 33 имеется странная фраза: «... ночью или на высоте более 400 км, когда поток является однонаправленным». Смысл написанного совершенно непонятен.
4. Стр. 36. Читаем: «Из сравнения графиков видно, что диффузионный поток на интервале высот 50 км в течение всех суток направлен вниз, что соответствует классической теории образования F2 области ионосферы». Во-первых, что это за интервал 50 км? Во-вторых, классическая теория, напротив, утверждает, что в среднеширотной ионосфере поток днем направлен вверх, а ночью вниз. Необходимо пояснить написанное утверждение.
5. Имеет место путаница со ссылкам на литературные источники. Так, например, ссылка [21] не является ссылкой на работу А.Д. Данилова и др., как это сказано в тексте.
6. На стр. 54 электрическая постоянная  $\epsilon_0$  названа диэлектрической проницаемостью вакуума, что, как минимум, следует считать анахронизмом.
7. В формулах (2.6) и (2.7) не понятно откуда взялся множитель  $\frac{1}{2}$  перед экспонентой.
8. На рис. 3.1 – в правой части, вряд ли можно усмотреть идентичность суточного хода летом и зимой, как это утверждается в тексте.
9. На рис. 3.6 я не могу усмотреть влияния индекса  $A_p$  на высоту перехода, вопреки утверждению в тексте.
10. Здесь же на рис. 3.6 изображен зеленый пунктир, который пояснен только при описании следующего рис. 3.7. При этом на рис. 3.7 вдруг появляется аббревиатура РЕС, которая, как можно догадаться, ранее обозначалась как ТЕСЗ.

Приведенные замечания, очевидно, требуют пояснений при защите диссертации, но не являются критичными так, что не умоляют достоинств работы.

Диссертация хорошо оформлена, логично и последовательно изложена. Это же относится и к автореферату. В целом работа полностью соответствует всем требованиям Высшей аттестационной комиссии. Считаю, что автор работы заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики и радиозлектроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет»,

664047. г. Иркутск,  
ул. Депутатская, дом 10, кв. 123,  
+7 395 229 35 42, [ivb@ivb.baikal.ru](mailto:ivb@ivb.baikal.ru)



В.Б. Иванов

Подпись официального оппонента заверяю:

Ученый секретарь ИГУ



Н.Г. Кузьмина