

Диссертационный совет 24.1.197.01
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук, доцента Котонаевой Надежды Геннадьевны на диссертацию Степанова Александра Егоровича на тему «Исследования крупномасштабных структур высокоширотной ионосферы и поляризационного джета по измерениям на якутской цепочке ионозондов и спутниковых наблюдений», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 - науки об атмосфере и климате

Представленная диссертация Степанова Александра Егоровича на тему «Исследования крупномасштабных структур высокоширотной ионосферы и поляризационного джета по измерениям на якутской цепочке ионозондов и спутниковых наблюдений», является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема: получение комплексных пространственно-временных и количественных характеристик сложных природных явлений в полярной ионосфере, вносящая существенный вклад как в понимание строения и физику ионосферы, так и развивающая технологии мониторинга электрических процессов в атмосфере Крайнего Севера, что имеет важное научно-практическое значение для наук об атмосфере и климате.

Актуальность работы не вызывает сомнений и определяется необходимостью разработки эмпирических и теоретических моделей ионосферы полярных широт. В настоящий момент модели ионосферы этого региона разработаны слабо из-за сложности явлений, происходящих в ионосферной плазме и недостатка систематизированных данных наблюдений, позволяющих синтезировать статистические закономерности. Актуальность использования ионосферного тракта распространения радиоволн в этом регионе возрастает в связи с быстрым ростом освоения арктической зоны России, увеличением техногенной нагрузки на природный комплекс, а также расширением горнодобывающего производства, добычи нефти и газа. Современные средства измерения ионосферных параметров, хотя и достаточно развиты, однако в связи с ограниченным количеством ионосферных станций в высоких широтах не всегда способны достаточно подробно охарактеризовать определённый регион на

предмет реальной опасности от возможного эффекта сильной магнитной бури. Поэтому практической и актуальной задачей становится разработка и использование экспериментальных измерений и физико-математической модели с целью детального описания трёхмерной структуры субполярной и полярной ионосферы, и её структурных и динамических особенностей для реальных гелиогеофизических условий.

Научная новизна диссертационной работы определяется поставленными задачами, разработанными методами и методиками их решения, впервые полученными результатами и состоит в следующем:

- составлена классификация наклонных обратных отражений на ионограммах вертикального и возвратно-наклонного зондирования ионосферы;
- показана возможность диагностировать быстрые субавроральные дрейфы по одновременным измерениям со спутников и наземным ионосферным данным;
- определены признаки поляризационного джета, состоящие в резких срывах критических частот на суточных f -графиках, построенных по ионограммам вертикального радиозондирования;
- методом пространственно-разнесённого приёма радиоволн (методом D1) измерены скорости дрейфа ионосферной плазмы в полосе поляризационного джета, составившие 4-5 км/с;
- спутниковыми измерениями инъекции энергичных ионов подтверждены факты регистрации поляризационного джета на сети ионосферных станций;
- подтверждена гипотеза о совпадении сезонных вариаций вариации частоты регистраций субаврорального ионного дрейфа и регистраций срывов критической частоты близко совпадают, показывая максимумы в равноденственные месяцы года и минимумы в зимние и летние месяцы;
- приведена эмпирическая картина восходящих и нисходящих потоков ионосферной плазмы в полосе поляризационного джета по наземным данным;
- по численным расчётам установлены количественные параметры узкого провала ионизации в широтном ходе электронной плотности в максимуме F2-слоя за счет быстрого выноса ионосферной плазмы.

Практическая и научная значимость исследования заключается в непрерывном мониторинге динамики крупномасштабных ионосферных структур. Такой контроль своевременно выявляет резкие градиенты измеряемых параметров и высокого уровня турбулентности ионосферной плазмы в высоких широтах, провоцирующих сбои и значительно снижающих устойчивость мобильной связи, систем радиосвязи в КВ и УКВ диапазонах и навигационных

спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС, что позволит уменьшить негативные последствия от эффектов космической погоды.

Разработанные эмпирические закономерности появления и характеристик крупномасштабных ионосферных структур могут быть положены в основу создания ионосферных моделей полярных регионов.

В частности, экспериментальные и теоретические исследования магнитосферно-ионосферных взаимосвязей, обусловленных физическими явлениями во время магнитных возмущений, особенно на границе плазмоспаузы и ее проекции на ионосферные высоты, всегда вызывают интерес, т.к. на границе плазмосферы и прилегающих к ней областях происходят процессы, существенно влияющие на структуру и динамику высокоширотной ионосферы Земли. Их природа до конца не выяснена, поэтому изучение влияния солнечной активности на процессы в магнитосферно-ионосферной системе, а также механизмов формирования, посредством которых это влияние осуществляется, до сих пор остаются весьма актуальными задачами магнитосферно-ионосферной физики.

Достоверность полученных в диссертации результатов обоснована тем, что при проведении исследований использованы обоснованные и практически апробированные методы измерений и их обработки. Расчёты базируются на физически корректных моделях. Подтверждение результатов проводится на основе сравнения результатов наблюдений различного типа.

Все результаты и основные научные положения, изложенные в диссертации **опубликованы и апробированы** на международных и всероссийских конференциях. Среди публикаций: 21 статья в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов докторских диссертаций: «Геомагнетизм и аэрономия» - 14 статей, «Космические исследования» - 5 статей, «Солнечно-земная физика» – 2 статьи; 6 статей опубликованы в зарубежных рецензируемых и индексируемых в Web of Science научных журналах; в монографии, выпущенной в соавторстве с другими исследователями.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация является законченным исследованием, содержащим анализ и синтез длинного ряда наблюдений на меридиональной цепочке станций вертикального радиозондирования в арктическом регионе. Аналогичных экспериментальных данных нет ни на одной установке по исследованию ионосферы в мире. Совокупность результатов этих наблюдений позволила провести исследования физики сложных процессов в ионосфере.

Структурно диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы.

Первая глава посвящена результатам наблюдений на якутской меридиональной цепочка станций, которые направлены на исследования крупномасштабных ионосферных структур.

Вторая глава затрагивает прикладные аспекты радиозондирования в высоких широтах и касается во много выявления морфологических особенностей полярной ионосферы.

Третья глава во многом является ключевой и посвящена проявлениям поляризационного джета, полученным по наземным данным.

Четвертая глава развивает материал предыдущей главы и затрагивает морфологию и динамику быстрых субавроральных ионных дрейфов.

Пятая глава может быть отнесена к технологиям мониторинга электрических процессов в атмосфере Крайнего Севера и рассматривает физические процессы вблизи экваториальной границы кольцевого тока, такие как механизмы генерации сильных локальных электрических полей, процессы формирования поляризационного джета и др.

Шестая глава замыкает исследование обосновывая влияние поляризационного джета на структуру субавроральной ионосферы.

Замечания и рекомендации оппонента во много относятся к автореферату диссертации.

1. В автореферате отсутствует чёткая формулировка научной проблемы, решённой в диссертации либо сформулированы теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

2. При формулировке новизны не указаны конкретные значения количественные характеристики, обозначенных диссертантом, а именно:

- указано, что «по численным расчётам установлены количественные параметры узкого провала ионизации в широтном ходе электронной плотности в максимуме F2-слоя за счет быстрого выноса ионосферной плазмы». Какие конкретно количественные параметры установлены и каковы их величины?
- указано: «методом пространственно-разнесённого приёма радиоволн (методом D1) измерены скорости дрейфа ионосферной плазмы в полосе поляризационного джета». Какова величина измеренной скорости?

3. Автореферат содержит ряд тезисов, сложных для стилистического понимания, например, в разделе научная новизна указано «сопоставление многолетних рядов наземных и спутниковых измерений демонстрирует одинаковые сезонные вариации возникновения поляризационного джета и времени появления во время магнитоактивных периодов». По формулировке непонятно одинаковые сезонные вариации каких явлений сопоставляются?

4. Диссертация при наличии огромного количества эксклюзивных данных наблюдений имеет слишком сложную структуру, материал глав переплетается, а морфология одного явления описывается в различных главах. Во многом это вызвано привязкой к хронологии получения результатов и публикациям диссертанта. Подобная структура из 6 глав кажется достаточно сложной для восприятия.

Заключение

Диссертация Степанова Александра Егоровича на тему «Исследования крупномасштабных структур высокоширотной ионосферы и поляризационного джета по измерениям на якутской цепочке ионозондов и спутниковых наблюдений», является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема: получение комплексных пространственно-временных и количественных характеристик сложных природных явлений в полярной ионосфере, вносящая существенный вклад как в понимание строения и физику ионосферы, так и развивающая технологии мониторинга электрических процессов в атмосфере, что имеет важное научно-практическое значение для наук об атмосфере и климате.

По своей актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертация Степанова Александра Егоровича на тему «Исследования крупномасштабных структур высокоширотной ионосферы и поляризационного джета по измерениям на якутской цепочке ионозондов и спутниковых наблюдений» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация и автореферат содержат совокупность выносимых на защиту положений и полностью соответствуют научной специальности 1.6.18. – науки об атмосфере и климате.

В целом, диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (п. 9-14), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, в том числе п. 9, а именно, решена научная проблема: получение комплексных пространственно-временных и количественных характеристик сложных природных явлений в полярной ионосфере. Автор диссертации, Степанов Александр Егорович, заслуживает присвоения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18. – науки об атмосфере и климате.

Официальный оппонент

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова» (ФГБУ «ИПГ»), отдел №6, заведующая отделом

доктор физико-математических наук, 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы, доцент  Котонаева Н.Г.

129128 г Москва ул. Ростокинская 9. Тел. +79035485159
e-mail: kongt@yandex.ru



Подпись Надежды Геннадьевны Котонаевой заверяю:

Ученый секретарь ФГБУ ИПГ



Хоменко Е.Н.

“ 16 ” сентября 2023