

Заявка на Конкурс проектов 2017 года
по изданию научных трудов, являющихся результатом реализации научных проектов,
поддержанных РФФИ

Название проекта (на русском языке, с прописной буквы, строчными буквами):

Издание научного труда "Поляризаационный джет: узкие и быстрые западные субавроральные дрейфы ионосферной плазмы"

Название проекта на английском языке:

The publication of scientific work "Polarization jet: a narrow and fast westward subauroral drifts of the ionospheric plasma"

Аннотация (не более 0,5 стр.).

Монография обобщает результаты многолетних фундаментальных исследований поляризаационного джета наземными и спутниковыми методами. Это явление впервые было обнаружено по данным советского спутника «Космос-184». Поляризаационный джет - это узкая струя (jet) или поток быстрых субавроральных ионных дрейфов к западу вблизи проекции плазмопаузы на высотах области F ионосферы, которая наиболее заметно проявляется во время магнитосферно-ионосферных возмущений. В работе на основе анализа многолетних измерений делается попытка систематизации наблюдений, выяснения природы формирования и развития поляризаационных потоков ионосферной плазмы на субавроральных широтах. Основное содержание монографии составляют результаты измерения поляризаационного джета, полученные наземными и спутниковыми методами за четыре солнечных цикла. Приведены научные подходы к пониманию физических процессов, происходящих на границе раздела между плазмосферой и магнитосферой, которые проецируются на субавроральные широты. Разработанные методы и методики могут использоваться при мониторинге структуры и динамики высокоширотной ионосферы. В работе проанализирована обширная литература по этой тематике. Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем показало, что наши исследования, использующие только наземные радиофизические данные, дополняют объективное понимание фундаментальных задач магнитосферно-ионосферного взаимодействия. Несмотря на то, что экспериментальные и теоретические исследования поляризаационного джета ведутся уже несколько десятилетий, природа его до конца не выяснена, и исследование этого явления до сих пор остаётся одной из актуальных и интересных задач физики ионосферы, и магнитосферы.

Научное направление

научная дисциплина – основной код классификатора: 05-651 Ионосфера

Ключевые слова (указываются отдельные слова и словосочетания, наиболее полно отражающие содержание проекта; не более 15, строчными буквами, через запяты):

поляризаационный джет, главный ионосферный провал, узкий провал ионизации, вертикальное зондирование, субавроральный ионный дрейф, скорость дрейфа, наземные измерения, меридиональная цепочка ионосферных станций, вертикальный дрейф, математическая модель

Содержание издательского проекта

Фундаментальная научная проблема, на анализ и обобщение результатов по которой направлен проект:

Исследование физических процессов во внутренней магнитосфере при развитии геомагнитных возмущений

Конкретная фундаментальная задача в рамках указанной проблемы:

Исследование морфологии, динамики, характеристик и параметров поляризованного джета по наземным и спутниковым измерениям

Развернутый план-проспект (структура и содержание) научного труда:

Тут я включил оглавление монографии.

Номера исследовательских проектов РФФИ, в ходе выполнения которых получены результаты, представленные в научном труде:

03-05-96081-р2003арктика_a

09-05-98501-р_восток_a

09-05-98546-р_восток_a

12-05-98523-р_восток_a

15-45-05066-р_восток_a

15-45-05090-р_восток_a

Оценка существующих публикаций в данной области науки; степень оригинальности предлагаемого научного труда (по содержанию, структуре, уровню анализа и обобщения, методике изложения):

Узкие струи быстрых ионных дрейфов к западу вблизи проекции плазмопаузы на высотах области F впервые были зарегистрированы на спутнике «Космос-184» и получили название «поляризованный джет» (PJ) [Гальперин и др., Космич. исслед., 1973]. Позднее это явление было обнаружено по наблюдениям с других спутников, а также по измерениям наземных станций некогерентного рассеяния радиоволн и радаров когерентного рассеяния радиоволн. Ввиду условий замагниченности плазмы на высотах области F струи быстрого западного ионного дрейфа отождествлялись с локальными интенсивными, направленными к полюсу электрическими полями, которые достигают максимальных значений до долей вольта на метр. Эти поля часто регистрируются на спутниках в том же пространственно-временном секторе, что и быстрые субавроральные ионные дрейфы. Важность исследования этого уникального явления в структуре конвекции плазмы на субавроральных широтах заключается в его роли в формировании профиля ионизации вблизи полярной стенки главного ионосферного провала, а также в генерации различных аэрономических процессов (возбуждение оптических эмиссий, генерации неоднородностей различного масштаба, нагрев электронного и ионного газа и т.д.).

С накоплением спутниковых данных в последнее время появились работы по статистике наблюдений поляризованного джета [He et al., J. Geophys. Res., 2014; He et al., J. Geophys. Res., 2016]. Действительно, такая большая база данных из 18226 событий SAID/ПД, наблюдаемых со спутников DMSP в течение трех солнечных циклов (1987-2012), используется впервые для изучения солнечно-циклических, сезонных и суточных вариаций SAID. Для нас вызывает интерес результаты по солнечно-циклическим вариациям параметров поляризованного джета. Остальные, сезонные и суточные вариации, нами были получены ранее в работах [см. нп., Решетников и др., Препринт, 1987; Гальперин и др., Субавроральная верхняя ионосфера, 1990; Степанов и др., Космич. исслед., 2008; Степанов и др., Геомагн. и аэрон., 2016] по наземным измерениям на якутской цепочке ионосферных станций. Те же два максимума частоты появления весной и осенью, наибольшая регистрация «срывов» foF2 приходится на инвариантные широты станций Жиганск и Батагай (60о – 61о ?о). Только местное магнитное время появления «срывов» по наземным измерениям имеет более широкий максимум, охватывая сектор 18.00 – 22.00 MLT, т.е. вероятность появления ПД в этом секторе времени почти равновероятна.

Таким образом, независимые наземные и спутниковые измерения явления SAID/PJ, подтверждают основные характеристики и параметры узких, быстрых и направленных к западу ионов

ионосферной плазмы на субавроральных широтах. Следовательно, можно сделать вывод, что различные подходы, методы и методики измерений наблюдают одно и то же явление - поляризационный джет.

Имеющийся у автора (авторского коллектива) научный задел по предлагаемому проекту: полученные ранее результаты, разработанные методы:

Исследование процессов взаимодействия в системе магнитосфера - ионосфера является предметом постоянного интереса авторов проекта.

1. В 1986 г. по измерениям на Якутской цепочке ионозондов была выявлена сигнатура (или автограф) поляризационного джета (ПД) - узкой струи западного дрейфа плазмы, возникающей во время развития магнитосферных возмущений - в ионосфере (резкое понижение электронной концентрации в несколько раз за время 15-30 минут), подъем высоты слоя F2 на 100-300км, появление дополнительных следов отражений на ионограммах. На этой основе стало возможным применить обширные ионосферные измерения для исследования поляризационного джета [Galperin Yu.I., Khalipov V.L., Filippov V.M. Annales Geophysicae, 1986].

2. На большом статистическом материале за ряд лет было выполнено сопоставление момента возникновения ПД со вспышкой AE-индекса и было показано, что в полуденном секторе ПД возникает на фазе взрыва суббури в области разрыва Харанга [Халипов и др., Космич. исслед., 2001].

3. Путем анализа ионосферных измерений на станциях Якутск (L=3, геогр. долг.=129.6) и Подкаменная Тунгуска (L=3, геогр. долг.=90.) была установлена скорость перемещения к западу источника, ответственного за формирование ПД. Скорость источника составляет 3 часа MLT за 1 час. Это соответствует скорости дрейфа ионов с энергией ~50 кэВ [Степанов А.Е., Халипов В.Л., Бондарь Е.Д., Космич. исслед. 2008].

4. На основании синхронных измерений наземных ионозондов и измерений энергичных ионов на спутнике AMPTE/CCE было показано, что инжекция энергичных ионов является источником, ответственным за формирование ПД [Khalipov et al., Adv.Space Res., 2003; Халипов В.Л., Степанов А.Е., Котова Г.А. и др., Геомагн. и аэрон., 2016а].

5. С 2002 г. станции якутской меридиональной цепочки были оснащены цифровыми ионозондами DPS-4, которые уже непосредственно определяют картину дрейфа плазмы в полосе поляризационного джета по фазово-доплеровским измерениям. Так было установлено наличие восходящих скоростных потоков над полосой ПД (до 100 – 150 м/с на высоте максимума F слоя). Синхронные измерения со спутников DMSP дают вертикальную скорость до 1.2 км/с на высоте спутника (800 – 900 км) в условиях освещенной летней ионосферы. Падение электронной концентрации в слое F2 на порядок величины в течение 15 минут, наблюдаемое наземными ионозондами в полосе поляризационного джета, по-видимому, можно связать с процессом выноса ионизации из ионосферы в вышележащую плазмосферу [Халипов В.Л., Степанов А.Е., Котова Г.А. и др., Геомагн. и аэрон., 2016б].

6. Результаты модельных исследований показали, что возникновение сильного локального электрического поля на субавроральных широтах существенно влияет на структуру ионосферы. В области включения электрического поля формируется узкий провал в широтном ходе электронной концентрации максимума F2-слоя за счет выноса ионосферной плазмы с вечерней стороны на дневную. Узкий провал более выражен в ранние вечерние часы, когда фоновая концентрация электронов еще высока и менее выражен при низких уровнях фона в предполуденные часы [Степанов А.Е., Голиков И.А., Попов В.И. и др., Геомагн. и аэрон., 2011; Голиков И.А., Степанов А.Е., Попов В.И. и др., Вестник СВФУ, 2013].

Перечисленные выше научные результаты авторов по исследованию поляризационного джета в ионосфере и исследованию плазмы в плазмосфере, а также апробированный комплексный подход, использующий теоретическое моделирование и экспериментальные результаты, составляют надежную основу предлагаемого проекта.

Список основных публикаций автора (авторского коллектива), наиболее близко относящихся к предлагаемому проекту (в том числе – предыдущие издания заявленной работы на русском или иностранных языках; каждая с новой строки):

Galperin Yu.I., Khalipov V.L., Filippov V.M. Signature of rapid subauroral ion drifts in the high-latitude ionosphere structure // *Ann. Geophysicae*. V.4. NA2. p.145-154. 1986.

Решетников Д.Д., Филиппов В.М., Баишев Д.Г., Степанов А.Е., Андреев Р.П., Эверстов А.И., Гальперин Ю.И., Халипов В.Л., Сивцева Л.Д., Шестакова Л.В., Афонин В.В., Алексеев В.Н., Соловьев В.С. Морфология и динамика узких провалов ионизации в субавроральной области F // Якутск: ЯФ СО АН СССР, с. 1-39. 1987.

Решетников Д.Д., Филиппов В.М., Степанов А.Е., Халипов В.Л., Гальперин Ю.И., Баишев Д.Г. Комплексные измерения узких провалов ионизации наземными и спутниковыми методами. // *Исслед. Геом. Аэр.и физ Солнца*, вып. 85, с.26-32, 1989.

Филиппов В.М., Решетников Д.Д., Халипов В.Л., Соловьев В.С., Степанов А.Е., Гальперин Ю.И., Мулярчик Т.М. Комплексные наблюдения узких провалов ионизации в области F наземными и спутниковыми методами // *Космич.исслед.* 27, N4, p.568-584, 1989.

Алексеев В.Н., Халипов В.Л., Иевенко И.Б., Игнатъев В.М.. Оптические и ионосферные наблюдения в области субавроральных красных дуг // *Исслед. Геом. Аэр.и физ Солнца*, М.: Наука, вып. 93, с.143-152, 1991.

Гальперин Ю.И., Сивцева Л.Д., Филиппов В.М., Халипов В.Л. Субавроральная верхняя ионосфера // Новосибирск: Наука, 192 с. 1990.

Ievenko I.B., Khalipov V.L., Alexeyev V.N., Stepanov A.E. Dynamic Characteristics of the F Layer at Latitudes of SAR-Arc Formation // *Physics of Auroral Phenomena, Proc.XXII Annual Seminar, Apatity*, 23-26 March, 1999, p.41-44, 1999.

Мамруков А.П., Халипов В.Л., Филиппов Л.Д., Степанов А.Е., Зикрач Э.К., Смирнов В.Ф., Шестакова Л.В. Геофизическая информация по наклонным радиоотражениям в высоких широтах и их классификация. // *Исследования по геомагнетизму, аэрномии и физике Солнца*. Иркутск: Изд. СО РАН, Вып.111, с.14-27. 2000.

Afonin V.V., Alexeyev V.N., Ievenko I.B., Khalipov V.L., Stepanov A.E., Erasov A.N., Kondabarov A.V. Satellite and Ground-Based Measurements of the SAR-Arc Phenomena // *Phys. Chem. Earth*, 25(N1-2), p.63-66, 2000.

Халипов В.Л., Афонин В.В., Алексеев В.Н., Иевенко И.Б., Степанов А.Е., Кондабаров А.В., Мокроусов М.И. Спутниковые и наземные измерения в области стабильных авроральных красных дуг // *Геом. и Аэрон.*, т.40, N2, с. 112-116, 2000.

Khalipov V.L., Galperin Yu.I., Stepanov A.E., Shestakova L.V., Bondar' E.D. Polarization jet formation during a substorm break up phase: results of ground-based measurements // *Physics of Auroral Phenomena, Proc.XXIV Annual Seminar, Apatity*, 27 Feb.-02 Mar. 2001, p.17-20, 2001.

Халипов В.Л., Гальперин Ю.И., Степанов А.Е., Шестакова Л.В. Формирование поляризационного джета в ходе взрывной фазы суббури: результаты наземных измерений // *Космич. Исслед.*, т.39, N3, с. 244 -253, 2001.

Иевенко И.Б., Халипов В.Л., Алексеев В.Н., Степанов А.Е.. Динамика ионизации слоя F2 в области диффузного сияния и SAR-дуги во время суббури // *Геом. и Аэрон.*, т.41, N5, с. 642 - 649, 2001.

Khalipov V.L., Galperin Yu.I., Stepanov A.E., Bondar' E.D. Formation of polarization jet during injection of ions into the inner magnetosphere // *Advances in Space Research*, V.31, N5, P.1303-1308, 2003.

Степанов А.Е., Халипов В.Л., Бондарь Е.Д. Сопоставление характеристик поляризационного джета на разнесенных станциях Якутск - Подкаменная Тунгуска // *Космич. исслед.*, т. 46, N2, с.116-121. 2008.

Степанов А.Е., Голиков И.А., Попов В.И., Бондарь Е.Д., Халипов В.Л.. Структурные особенности субавроральной ионосферы при возникновении поляризационного джета // *Геомагнетизм и аэрномия*. Т.51, №5. С.643-649. 2011.

Голиков И.А., Степанов А.Е., Попов В.И., Решетников А.А., Бондарь Е.Д., Корякин А.Г., Соловьев Т.Н.. Моделирование проявлений поляризационного джета в субавроральной ионосфере // Вестник СВФУ. Т.10, №2. С.75-79. 2013.

Халипов В.Л., Степанов А.Е., Котова Г.А., Бондарь Е.Д.. Вариации положения поляризационного джета и границы инжекции энергичных ионов во время суббурь // Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №2, с.187-193, 2016.

Степанов А.Е., Халипов В.Л., Котова Г.А., Заболоцкий М.С., Голиков И.А.. Данные наблюдений крупномасштабной конвекции плазмы в магнитосфере в зависимости от уровня геомагнитной активности // Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №2, с.194-199, 2016.

Халипов В.Л., Степанов А.Е., Котова Г.А., Кобякова С.Е., Богданов В.В., Кайсин А.В., Панченко В.А. Вертикальные скорости дрейфа плазмы при наблюдении поляризационного джета по наземным доплеровским измерениям и данным дрейфометров на спутниках DMSP // Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №5, с.568-578, 2016.

Количество публикаций, включенных в РИНЦ: 11

Количество публикаций, включенных в Web of Science Core Collection: 10

Круг читателей, на которых рассчитан научный труд:

Монография представляет интерес для специалистов в области физики верхней атмосферы и околоземного космического пространства, а также ионосферного распространения радиоволн.

Название научного труда:

Поляризационный джет: узкие и быстрые западные субавроральные дрейфы ионосферной плазмы