

**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 "Поляризационный 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 поляризационного джета наземными и спутниковыми методами. Это явление впервые было обнаружено по данным советского спутника «Космос-184». Поляризационный 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 поляризационных потоков ионосферной плазмы на субавроральных широтах. Основное содержание монографии составляют результаты измерения поляризационного 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 поляризационного 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 запятые):

поляризационный 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 Y.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