

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.197.01,  
СОЗАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО  
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТА СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКИ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 10 октября 2023 г. № 11

О присуждении Степанову Александру Егоровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Исследования крупномасштабных структур высокоширотной ионосферы и поляризационного джета по измерениям на Якутской цепочке ионозондов и спутниковым данным» по специальности 1.6.18. – науки об атмосфере и климате принята к защите 24 апреля 2023 г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.1.197.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 126А, а/я 291, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 91нк от 26 января 2023 г.

**Соискатель** Степанов Александр Егорович, 26 августа 1958 года рождения, защитил диссертацию «Крупномасштабные особенности высокоширотной ионосферы по измерениям на Якутской цепочке ионосферных станций и со спутников» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 04.00.23 – Физика атмосферы и гидросферы 22 апреля 1998 г. в диссертационном совете К200.40.01, созданном в Институте космофизических исследований и аэронауки Сибирского отделения Российской академии наук.

В настоящее время Степанов А.Е. работает в должности и.о. заведующего лабораторией магнитосферно-ионосферных исследований в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте космофизических исследований и аэронауки Сибирского отделения Российской академии наук (ИКФИА СО РАН).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский

научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ИКФИА СО РАН).

**Научный консультант** – Крымский Гермоген Филиппович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, ИКФИА СО РАН, главный научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

1. **Нагорский Петр Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мониторинга климатических и экологических систем» Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник;

2. **Котонаева Надежда Геннадьевна**, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова», заместитель заведующего отделом;

3. **Крашенинников Игорь Васильевич**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, зав. лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный геофизический институт» (ПГИ) Российской академии наук, г. Апатиты Мурманской области, в своем положительном отзыве, подписанном Воробьевым Вячеславом Георгиевичем, главным научным сотрудником, доктором физико-математических наук и утвержденным и.о. директора ПГИ доктором физико-математических наук Мингалевым Игорем Викторовичем, указала, что диссертация представляет собой законченное исследование, посвященное разработке и изучению ионосферных характеристик крупномасштабных структур авроральной и субавроральной ионосферы. Отмечается большая роль автора в исследовании характеристик поляризованного джета. Указано, что основные результаты этих исследований изложены в коллективной монографии, в которой Степанов А.Е. является первым автором. Степанов Александр Егорович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате.

Соискатель имеет 147 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 115, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 27 работ, в сборниках научных трудов – 56 статей и 1 препринт.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

К наиболее значимым работам, в которые автор внес преобладающий вклад, следует отнести:

1. **Степанов, А.Е.** Поляризационный джет: узкие и быстрые дрейфы субавроральной ионосферной плазмы / А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, И.А. Голиков, Е.Д. Бондарь // Якутск: Издательский дом СВФУ. – 2017. – 176 С.
2. **Степанов, А.Е.** Измерения крупномасштабных сгустков ионосферной плазмы в полярных широтах со спутника Ореол-3 / А.Е. Степанов, Ю.И. Гальперин., К. Беген, А.А. Серов // Космические исследования. – 1992. – Т. 30, №4. – С. 534–542.
3. **Степанов, А.Е.** Сопоставление характеристик поляризационного джета на разнесенных станциях Якутск – Подкаменная Тунгуска / А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, Е.Д. Бондарь // Космические исследования. – 2008. – Т. 46, №2. – С. 116–121.
4. **Степанов, А.Е.** Структурные особенности субавроральной ионосферы при возникновении поляризационного джета / А.Е. Степанов, И.А. Голиков, В.И. Попов, Е.Д. Бондарь, В.Л. Халипов // Геомагнетизм и аэрономия. – 2011. – Т. 51, №5. – С. 643–649.
5. **Степанов, А.Е.** Данные наблюдений крупномасштабной конвекции плазмы в магнитосфере в зависимости от уровня геомагнитной активности / А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, Г.А. Котова, М.С. Заболоцкий, И.А. Голиков // Геомагнетизм и аэрономия. – 2016. – Т. 56, №2. – С. 194–199.
6. **Степанов, А.Е.** Результаты наблюдений дрейфов ионосферной плазмы в области поляризационного джета / А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, С.Е. Кобякова, Г.А. Котова // Геомагнетизм и аэрономия. – 2019. – Т. 59, №5. – С. 578–581.
7. **Степанов, А.Е.** Наблюдение быстрых субавроральных дрейфов ионосферной плазмы по данным Якутской меридиональной цепочки станций / А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, С.Е. Кобякова // Солнечно-земная физика. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 73–79.
8. **Степанов, А.Е.** Вариации ионосферных параметров при формировании поляризационного джета / А.Е. Степанов, А.Ю. Гололобов, В.Л. Халипов, И.А. Голиков // Геомагнетизм и аэрономия. – 2021. – Т. 60, №1. – С. 60–65.

На диссертацию и автореферат **поступили отзывы:**

1. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., профессором Дёминовым Маратом Гаруновичем, главным научным сотрудником

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук. Отзыв положительный, без замечаний.

2. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н. Колесником Сергеем Анатольевичем, доцентом, заведующим кафедрой космической физики и экологии радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Отзыв положительный, содержит замечание:

- Есть одно замечание к формулировке третьего положения, выносимого на защиту. В первой части положения акцент делается на данные только наземных станций ионосферного зондирования, а далее почему-то следует совокупность уже наземных и спутниковых признаков. По всей видимости, первую часть формулировки нужно вообще опустить и оставить только совокупность наземных и спутниковых данных.

3. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н. Котовой Галиной Авраамовной, старшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук. Отзыв положительный, без замечаний.

4. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н. Панченко Валерием Алексеевичем, старшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук. Отзыв положительный, без замечаний.

5. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н. Ратовским Константином Геннадьевичем, заведующим лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Из текста автореферата непонятно, каким методом осуществлялась идентификация событий, связанных со срывом критической частоты: автоматизированным методом либо визуальной инспекцией суточных вариаций критической частоты.
- В тексте автореферата отсутствует расшифровка аббревиатуры SAPS, описание события SAPS и сопоставление с событием поляризованного джета (что общего и в чем различие).

6. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н., старшим научным сотрудником Халиповым Виктором Лаврентьевичем, Республика Саха, г. Якутск, заверенный и.о. нотариуса Федоровой Е.Д. Отзыв положительный, без замечаний.

7. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Клименко Максимом Владимировичем, ведущим научным сотрудником Калининградского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Рисунки 7 и 8 отчетливо демонстрируют различие суточных вариаций регистрации срывов фазы критической частоты (максимум в 17 MLT) по данным ионозондов и количества случаев появления поляризационного джета (максимум в 21 MLT) по данным спутника DMSP. Однако, в автореферате делается вывод о том, что местное магнитное время регистрации СКЧ по наземным данным близко совпадает со временем регистрации SAPS по спутниковым данным во время интенсивных бурь.
- Из подписи и текста к рисунку 9 не совсем понятно, чем отличаются графики а, б и в, г.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается тем, что оппоненты являются известными и авторитетными учеными в области ионосферных исследований и средств экспериментальной диагностики ионосферы, что подтверждается наличием большого числа публикаций, в т.ч. в рецензируемых международных научных изданиях, индексируемых в реферативных базах данных Web of Science и Scopus в отрасли, соответствующей теме диссертации соискателя, а ведущая организация является одним из известных мировых и отечественных научных центров, проводящих комплексные исследования в высокоширотной области ионосферы, непосредственно связанных с темой диссертации.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** новая экспериментальная методика определения типов отражений и местоположения ионосферных структур по параметрам и характеристикам следов отражений на ионограммах вертикального и

возвратно-наклонного зондирований (ВЗ и ВНЗ) по данным Якутской меридиональной цепочки ионосферных станций;

**введен** новый критерий выявления поляризационного джета («автограф» поляризационного джета) на ионограммах ВЗ и ВНЗ;

**доказано**, что возникновение и развитие поляризационного джета происходит в приграничных областях плазмосферы;

**доказано** на основе моделирования высокоширотной ионосферы, что узкий провал в широтном ходе электронной концентрации в максимуме  $F2$ -слоя возникает за счет быстрого выноса ионосферной плазмы с вечерней стороны на дневную.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**изучены** причинно-следственные связи возникновения поляризационного джета и положения плазмапаузы.

**изучена** взаимосвязь инъекции энергичных ионов и проявление поляризационного джета на ионограммах.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**представлены** практические рекомендации по регистрации поляризационного джета на основе наземных данных;

**создана** эмпирическая модель положения полярной стенки ГИП в неосвещенное время суток в зависимости от местного магнитного времени и индекса  $K_p$  по данным ВЗ и ВНЗ высокоширотной ионосферы;

**определены** количественные параметры узкого провала ионизации в широтном ходе электронной концентрации в максимуме  $F2$ -слоя, важные для организации КВ-радиосвязи в высоких широтах.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**использована** представительная статистика наблюдений, охватывающих несколько десятилетий по времени в северных широтах;

**использованы** научно обоснованные методы наблюдений и обработки экспериментальных данных;

**установлено** соответствие полученных экспериментальных и модельных исследований, представленных в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя** состоит в получении результатов, составляющих защищаемые положения, анализе и интерпретации ионосферных материалов долготной цепочки. Значимая часть экспериментального ионосферного материала (в Тикси и о. Котельный) и часть измерений дрейфов методом D1 (в Якутске и Жиганске в 1980–1996 гг.) получены лично автором в экспедиционных работах. Статьи, опубликованные по теме диссертации в соавторстве, написаны при непосредственном участии автора диссертации.

В ходе защиты диссертации не были высказаны критические замечания. Соискатель Степанов А.Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, пояснив используемые в работе методы, а также согласился с рядом замечаний.

На заседании 10 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение: за разработку экспериментальных и теоретических положений по результатам многолетних исследований крупномасштабных формирований и поляризационного джета на Якутской сети ионосферных станций, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение присудить Степанову А.Е. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18. – науки об атмосфере и климате.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человека, в том числе 6 докторов наук по специальности 1.6.18. – науки об атмосфере и климате, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 18 человека, против – 1 человек, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя  
диссертационного совета 24.1.197.01,  
чл.-корр. РАН



Медведев  
Андрей Всеволодович

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.1.197.01,  
кандидат физико-математических наук

Ясюкевич  
Юрий Владимирович

10 октября 2023 г.