

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Сарафанова Федора Георгиевича
«Пространственно-временные паттерны параметров глобальной электрической цепи:
наблюдения и моделирование», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Ф.Г. Сарафанов занимался исследованием различных задач атмосферного электричества в отделе геофизической электродинамики Института прикладной физики РАН с 2018 года в рамках подготовки дипломных работ на соискание степеней бакалавра и магистра радиифизики на Радиофизическом факультете ННГУ им. Н.И. Лобачевского. После получения степени магистра Ф.Г. Сарафанов был принят в аспирантуру ИПФ РАН, где продолжил работу над исследованием атмосферного электричества: многие из этих задач нашли отражение в материалах диссертации. За время работы Ф.Г. Сарафанов проявил себя как квалифицированный и разносторонний исследователь.

Основной целью диссертационной работы Ф.Г. Сарафанова являлось изучение пространственно-временных паттернов параметров глобальной атмосферной электрической цепи, а именно: проводимости атмосферы, источников тока и ионосферного потенциала при помощи численного моделирования и натурных экспериментов. Глобальная электрическая цепь является уникальным геофизическим объектом, включающим в себя большую часть электрических процессов, происходящих в атмосфере. Актуальность изучения этого объекта особенно велика в контексте меняющегося климата: интенсивность глобальной электрической цепи (ГЭЦ) неразрывно связана с активностью электрифицированных облаков глубокой конвекции на всём земном шаре и во многом отражает паттерны изменчивости погоды и климата тропических широт. Особое внимание в диссертации уделено моделированию динамики электрических параметров, в первую очередь, динамики ионосферного потенциала; эта задача, без сомнения, является значимой как в теоретических, так и в практических приложениях. Среди наиболее важных результатов, полученных в диссертации, можно отметить следующие:

- Рассмотрена постановка стационарной задачи о ГЭЦ постоянного тока, в рамках которой разработана двумерная численная модель. На базе параметризации электрически активных облаков разработан модуль расчёта стационарной ГЭЦ с учётом проводимости в климатической модели INMCM. Продемонстрировано согласие в моделях WRF и INMCM глобального распределения вкладов в ионосферный потенциал.

- Рассмотрено глобальное влияние приземной температуры воздуха на формирование пространственного распределения вкладов в ионосферный потенциал. Продемонстрировано, что учёт приземной температуры приводит в согласие с наблюдениями сезонную вариацию, а учёт временного лага между максимумом температуры и максимумом глубокой конвекции улучшает и амплитудное, и фазовое согласие суточной вариации с наблюдениями.

- Показано, что сезонная вариация ГЭЦ определяется перераспределением по широте количества электризованных облаков глубокой конвекции вслед за инсоляцией, а на суточном масштабе с перераспределением по долготе вслед инсоляцией. Проанализирована динамика вкладов в ионосферный потенциал от отдельных регионов. По данным долговременных измерений напряжённости электрического поля на антарктической станции «Восток», подготовленных с использованием новых критериев хорошей погоды, определено, что сезонная вариация ГЭЦ достигает максимума летом Северного полушария.

- Исследована стабильность наблюдаемых и моделируемых вариаций ГЭЦ. Показано, что амплитуда суточной вариации по данным скорректированных на локальную метеобстановку антарктических наблюдений составляет 32%, а сезонной 16%, а моделирование ионосферного потенциала даёт близкие к этим значениям амплитуды 30% и 13% соответственно. С использованием новой параметризации изучен отклик ГЭЦ на аномалии конвекции, возникающие во время колебания Маддена–Джулиана и моды Эль-Ниньо–Южное колебание. Предложен метод измерения ионосферного потенциала для развития натурных наблюдений вариаций ГЭЦ.

– Предложен метод кластеризации плотности разрядов молний, позволяющий оценивать плотность токов разделения заряда в грозовых облаках с использованием данных глобальной сети грозопеленгации. С помощью нового метода исследована связь грозовой активности с интенсивностью источников ГЭЦ постоянного тока на различных пространственно-временных масштабах. Показано, что предложенный в работе метод позволяет хорошо воспроизводить изменчивость источников над сушей. Продемонстрировано воспроизведение суточного, сезонного паттернов и отклика ГЭЦ на колебание Маддена–Джулиана.

– По данным измерений новых региональных грозопеленгационной и флюксометрической сетей изучены отдельные характеристики электрической активности в типичных грозовых облаках средних широт. Показано, что в зоне покрытия региональной сети преобладают фронтальные грозы, и оценены вероятности прихода гроз с отдельных направлений. Продемонстрирована возможность применения измерений напряжённости квазистатического электрического поля для определения полярности разрядов молний ближних гроз. Проанализированы средние характеристики и сезонная изменчивость регистрируемых интенсивных событий.

Диссертационная работа Сарафанова Ф.Г. подготовлена на высоком уровне и представляет собой завершённую работу, содержащую оригинальные результаты и обладающую существенной научной новизной и актуальностью. Полученные в диссертации результаты открывают перспективы дальнейшего анализа динамики и структуры глобальной электрической цепи. Считаю, что диссертационная работа «Пространственно-временные паттерны параметров глобальной электрической цепи: наблюдения и моделирование» полностью соответствует требованиям ВАК, выдвигаемым диссертационным работам на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате, и Сарафанов Федор Георгиевич заслуживает присуждения соответствующей степени.

Согласен на обработку моих персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

Научный руководитель
доктор физ.-мат. наук, академик РАН
Заместитель директора ИПФ РАН
по научной работе



Мареев Евгений Анатольевич
«23» июня 2025 г.

Телефон (831) 416-50-38, адрес электронной почты mareev@ipfran.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН). Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.