



УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора РГГМУ

Н. О. Верещагина

30 сентября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский государственный
гидрометеорологический университет»

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

1. Актуальность диссертационной работы заключается в том, что электрические поля в атмосфере влияют на процессы образования облаков, их структуру и эволюцию, опасные явления погоды и погодноклиматическое состояние атмосферы в целом. Глобальная электрическая цепь (ГЭЦ) связывает воедино различные высотные области атмосферы и непосредственно отражает как состояние климатической системы Земли, так и влияние электрических полей на эволюцию грозовых облаков и изменения погоды. Многие связи между изменчивостью атмосферных электрических полей, климата и погоды еще не до конца прояснены, поэтому изучение этих

связей экспериментальными и теоретическими методами является актуальной задачей. Исследование физических механизмов связи состояния атмосферы с основными параметрами ГЭЦ на основе анализа результатов наблюдений и численного моделирования и составляла цель проведенной диссертационной работы.

Актуальность проведенного научного исследования обеспечивается необходимостью уточнения взаимосвязи между проводимостью атмосферы, источниками токов в атмосфере и ионосферного потенциала с изменениями климата и погоды, в том числе с опасными явлениями погоды, необходимостью учитывать изменчивость ГЭЦ в моделях климата и погоды, дальнейшего анализа суточных и сезонных особенностей распределения источников ГЭЦ. Результаты, полученные в рамках данной диссертационной работы, будут содействовать решению задач улучшения качества существующих моделей климата и погоды.

В этой связи диссертационная работа Ф.Г.Сарафанова безусловно является актуальной.

2. Состав и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Ф.Г.Сарафанова состоит из следующих разделов: введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка используемой литературы, включающего в себя 191 ссылку. Объем работы составляет 175 страниц, 61 рисунок и 3 таблицы.

Во **Введении** диссертационной работы сформулированы цели и задачи исследования, новизна полученных результатов, научная и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, приводятся аргументы в пользу достоверности полученных результатов. Указаны актуальность работы, используемые методы, личный вклад диссертанта, приводится количество публикаций по теме диссертации и список конференций, на которых были представлены доклады по теме диссертации.

Первая глава диссертации посвящена рассмотрению концепции ГЭЦ, типам источников энергии в ГЭЦ, временным и пространственным масштабам изменчивости параметров ГЭЦ, а также описанию теории ГЭЦ постоянного тока, лежащей в основе аналитического и численного моделирования глобальной электрической цепи.

Вторая глава диссертации описывает метод моделирования суточных и сезонных вариаций ионосферного потенциала, в том числе, влияния Южного колебания на суточные вариации ионосферного потенциала, воздействия колебания Маддена — Джулиана на ГЭЦ. Во второй части 2-й главы описывается разработанная соискателем методика измерения ионосферного потенциала с помощью нового малогабаритного датчика.

В третьей главе рассматривается связи молниевой активности с параметрами ГЭЦ. Предлагается метод кластеризации молний, позволяющий реалистично воспроизвести распределение токов разделения заряда над сушей. Во второй половине третьей главы анализируются результаты измерений параметров ГЭЦ на сети региональной грозопеленгации Nizhny Novgorod Lightning Detection Network, а также сети электростатических флюксметров.

В заключении приводятся основные результаты работы.

3. Достоверность результатов исследования

Полученные в диссертации научные результаты и выводы являются **достоверными и обоснованными**, так как они основаны на большом массиве результатов измерений и моделирования. В частности, использовались надежные и неоднократно проверенные модели численного прогноза погоды WRF климатическая модель ИВМ РАН. Анализ результатов измерений верифицировался и не противоречит результатам других авторов.

4. Научная новизна полученных результатов

Представленные в диссертационной работе результаты были получены впервые, что обуславливает **научную новизну**. В частности, впервые была предложена параметризация ионосферного потенциала с учетом приземной температуры с помощью которой получены новые выводы о суточных и сезонных колебаниях параметров ГЭЦ. Также соискателем предложен новый датчик измерения ионосферного потенциала, с помощью которого получены новые выводы о связи возмущенной погоды с грозовыми событиями.

5. Личный вклад автора

Все выносимые на защиту положения основаны на результатах, полученных автором самостоятельно. Вклад автора заключается в участии в постановке задач, в применении численных методов, математических выкладок и численных расчетов и анализе результатов модельных расчетов,

улучшении параметризаций параметров ГЭЦ в численных моделях, в разработке нового датчика ионосферного потенциала и совершенствовании сетей грозопеленгации и мониторинга параметров ГЭЦ.

6. Значимость полученных в диссертации результатов для науки и практики

Полученные в работе результаты могут быть использованы для:

- улучшения существующих прогностических климатических моделей;
- уточнения прогностических оценок в численных моделях прогноза погоды;
- совершенствования знаний о связи электрических явлений в атмосфере с изменениями погоды и климата;
- сравнения результатов измерений и численного моделирования;
- выработки мер по адаптации к опасным явлениям погоды, в частности грозовой активности.

7. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы могут быть использованы при развитии Национальной модели земной системы в организациях Российской академии наук и Министерства науки и высшего образования, исследовании прошлых и будущих изменений климата с учетом изменчивости глобальной электрической цепи при разработке мер адаптации к изменениям климата, совершенствовании методов численного прогноза погоды, в том числе опасных явлений погоды в подразделениях Гидрометцентра РФ, а также для мониторинга ионосферного потенциала с помощью нового компактного датчика в региональных сетях мониторинга.

8. Недостатки диссертационной работы

- 1) В положении 1, выносимом на защиту, недостаточно четко сформулировано, что конкретно защищается, а в выводах Заключение нет четкой привязки к сформулированному положению 1. В частности, непонятно, что конкретно защищается на основе положения 1: новые параметризации, или способность моделей воспроизводить распределение электрически активных облаков? В результатах в

Заключении нет четкого ответа на этот вопрос, а и из вывода 1 можно заключить, что защищена предложенная автором двумерная модель, пригодная для использования в численных моделях.

- 2) В работе необоснован критерий выбора достаточно высоких значений верхней границы 300 В/м в критериях хорошей погоды для станции «Восток», тогда как в мировой практике используются меньшие значения верхней границы для отсечки данных измерений.
- 3) В работе отсутствует обсуждение погрешностей, которые могут возникнуть при аэростатном измерении ионосферного потенциала из-за невертикального подъема зонда с датчиком и наличия заряда самого аэростата.
- 4) В главе 2 при описании разработанного соискателем нового датчика для измерения параметров атмосферных электрических полей приводится много технических деталей его конструкции, но отсутствует полезная для оценки его атмосферной применимости информация, в частности сведения о пространственном охвате и разрешении, и не приводятся результатов его, хотя бы, предварительного тестирования.

Сделанные замечания и отмеченные недостатки не меняют положительной оценки работы.

9. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Ф.Г.Сарафанова является самостоятельным, законченным научным исследованием, ее результаты обладают высокой научной и практической значимостью и новизной.

По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 6 работ в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Автореферат составлен корректно в соответствии с содержанием диссертации и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

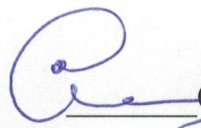
Диссертация Сарафанова Федора Георгиевича «Пространственно-временные паттерны параметров глобальной электрической цепи: наблюдения и моделирование» соответствует паспорту специальности 01.06.18 - «Науки об атмосфере и климате» и отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (в действующей редакции),

утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2025), а ее автор Сарафанов Федор Георгиевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.06.18 - «Науки об атмосфере и климате».

Содержание диссертации было доложено и обсуждено на расширенном семинаре кафедры метеорологических прогнозов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» 19 сентября 2025 г. (протокол № 1).

Отзыв на диссертацию подготовлен Смышляевым Сергеем Павловичем, доктором физико-математических наук, профессором кафедры метеорологических прогнозов метеорологического факультета РГГМУ.

Смышляев Сергей Павлович

 Смышляев С. П.

Профессор кафедры метеорологических прогнозов
метеорологического факультета РГГМУ
Д. ф. – м. н.

192007, Россия, Санкт-Петербург, Воронежская ул., дом 79
Тел.: +7 (812) 633-01-82
www.rshu.ru, rector@rshu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский государственный гидрометеорологический
университет»

Подпись Смышляева С. П. заверяю:



 Ученый секретарь
ФГБОУ ВО «РГГМУ»
Алексеева Е. Г.