

ОТЗЫВ

официального оппонента, Дмитриева Эльдара Михайловича,
на диссертацию Сарафанова Фёдора Георгиевича «Пространственно-временные паттерны параметров глобальной электрической цепи: наблюдения и моделирование», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

В диссертации рассмотрен ряд актуальных подходов к исследованию физических механизмов воздействия состояния атмосферы на глобальную электрическую цепь, в частности механизмов формирования ионосферного потенциала — интегральной характеристики глобальной электрической цепи, отражающей динамику как проводимости атмосферы, так и источников тока на различных пространственно-временных масштабах. Развита автором численная модель формирования ионосферного потенциала, с параметризованными на основе данных натурных наблюдений сторонними токами и проводимостью атмосферы, представляет собой значительный шаг вперёд в сравнении с аналогичной классической моделью Робла и Хэйса, предложенной ими в 1970-х годах. В диссертации убедительно показана достоверность численного моделирования формирования ионосферного потенциала путём сравнения результатов численных расчётов с наблюдаемыми вариациями приземного атмосферного электрического поля хорошей погоды. Продемонстрирована эффективность модели для изучения взаимодействий климатических процессов с глобальной электрической цепью. В этой связи особенно перспективна проводимая при участии автора интеграция данной численной модели с климатической моделью ИВМ РАН.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка публикаций автора по теме диссертации (19 публикаций) и списка цитируемой литературы (191 публикация).

Во Введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, представлены положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов.

В 1-й главе рассмотрена задача численного моделирования глобальной электрической цепи постоянного тока. Дан краткий обзор математических моделей глобальной электрической цепи (раздел 1.1), методов расчёта в двумерной модели её основных параметров (раздел 1.2). Представлены численные реализации модели с реальными токовыми источниками, рассчитываемыми на основе модели прогноза погоды WRF и климатической модели ИВМ РАН (раздел 1.3).

Во 2-й главе на основе модельных расчётов и данных многолетних наблюдений исследуются проявления в ионосферном потенциале различных погодных и климатических процессов: унитарной суточной вариации атмосферного электрического поля (раздел 2.1),

климатической моды Эль-Ниньо – Южное колебание (раздел 2.2), колебания Маддена-Джулиана (раздел 2.3), сезонных изменений (раздел 2.4). Обсуждается возможность измерения высотного профиля атмосферного электрического поля с помощью разработанного при участии автора портативного датчика электрического поля для прямого расчёта ионосферного потенциала путём интегрирования полученного высотного профиля (раздел 2.5).

В 3-й главе изучаются глобальные и региональные пространственно-временные паттерны молниевой активности, как одного из параметров глобальной электрической цепи. Представлены результаты численного моделирования формирования ионосферного потенциала с применением оригинального метода кластеризации молниевых разрядов, регистрируемых глобальной сетью грозопеленгации WWLLN, связывающего их с токами разделения заряда в электрически активных и грозовых облаках (раздел 3.1). Описаны конфигурация, результаты наблюдений, методики обработки и анализа данных наблюдений нижегородской грозопеленгационной сети NNLDN (раздел 3.2) и региональной сети флюксометров (датчиков вертикальной компоненты атмосферного электрического поля), предназначенных для наблюдения полей как хорошей, так и грозовой погоды (раздел 3.3).

В Заключение кратко представлены основные результаты диссертационной работы.

Среди основных результатов диссертации хотелось бы особо отметить как наиболее практически значимые для дальнейших исследований численную реализацию модели формирования ионосферного потенциала в рамках климатической модели ИВМ РАН, параметризацию ионосферного потенциала с учётом приземной температуры, оригинальный метод кластеризации плотности разрядов молний для оценки плотности токов разделения заряда в грозовых облаках с использованием данных глобальной сети грозопеленгации, разработку эффективных критериев отбора дней хорошей погоды только по результатам измерений атмосферного электрического поля без привлечения метеоданных.

К недостаткам работы следует отнести опечатки и неточности в тексте: «на предыдущем этапе проекта» вместо «ранее» (стр. 39), «приземном слое атмосферы» вместо «атмосферном пограничном слое» (стр. 40), «второго дня» вместо «первого дня» (стр. 47), «рис. 2.11б» вместо «рис. 2.11 (нижняя панель)» (стр. 70), «указывает на ещё раз демонстрирует» вместо «ещё раз демонстрирует» (стр. 82), «вариации ГЭЦ» вместо «вариации ИП и приземного АЭП» (подпись к рис. 3.47, стр. 119), «но это» вместо «это» (стр. 120), «евклидову расстоянию» вместо «расстоянию» (стр. 130), «более 4 м/с» вместо «не более 4 м/с» (стр. 138) и др.

Пропущен минус в предшествующей (1.3) формуле (стр. 21). Не указаны единицы измерения на рис. 1.4 (стр. 38) и рис. 3.57 (стр. 137). Вместо величины R в формуле на стр. 108, поясняется смысл величины d , не фигурирующей в формуле. Не поясняются обозначения (14–17) на рис. 2.43 (стр. 109). Не поясняется смысл величин r_0 , r_k , r_k^* в формуле (3.19) (стр. 127). Поменяны местами обозначения «В» и «З» на рис. 3.54 (стр. 133).

Отмеченные недостатки затрудняют чтение и понимание, но не умаляют достоинств диссертационной работы. Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате. По актуальности, научной новизне и значимости полученные результаты соответствуют критериям, сформулированным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Сарафанов Федор Георгиевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент Дмитриев Эльдар Михайлович, кандидат физико-математических наук, специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;

Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук (ГО «Борок» ИФЗ РАН), учёный секретарь;

почтовый адрес: РФ, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 142;

телефон: +7(48547)24-196, e-mail: eldar@borok.yar.ru.

Я, Дмитриев Эльдар Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Учёный секретарь ГО «Борок» ИФЗ РАН, к.ф.-м.н.

Подпись Э. М. Дмитриева заверяю

Директор ГО «Борок» ИФЗ РАН, д.ф.-м.н.

Э. М. Дмитриев

дата: 01.10.2025

С. В. Анисимов

дата: 01.10.2025

