

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ)

Высшая школа общей и прикладной физики

ГЛОБАЛЬНАЯ АТМОСФЕРНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ И КОЛЕБАНИЕ МАДДЕНА-ДЖУЛИАНА

Выпускная квалификационная работа
студента 4 курса по направлению
подготовки 03.03.02 Физика,
профиль – фундаментальная физика,
Козлова Александра Владимировича

Научный руководитель:
научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук

_____ Н.Н. Слюняев

Рецензент:
научный сотрудник ИПФ РАН,
доктор физико-математических наук

_____ М.Д. Токман

Декан ВШОПФ:
кандидат физико-математических наук

_____ Е.Д. Господчиков

Нижний Новгород

2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СТОЛБЦОВАЯ МОДЕЛЬ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ	5
2. ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАДДЕНА–ДЖУЛИАНА НА ГЛОБАЛЬНУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ	6
2.1. КОЛЕБАНИЕ МАДДЕНА–ДЖУЛИАНА	6
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	7

ВВЕДЕНИЕ

В земной атмосфере протекают процессы, формирующие климат Земли, что делает изучение атмосферы критически важным для человека. Одним из наиболее актуальных направлений фундаментальных исследований атмосферы является атмосферное электричество. К задачам данного направления относятся изучение электрического окружения Земли и установление связей электрических параметров атмосферы с климатической изменчивостью. Ответы на эти вопросы позволят учесть при климатическом моделировании взаимодействие климатической системы с электрическим окружением Земли, что может привести к повышению точности и устойчивости климатических прогнозов.

Одним из ключевых понятий атмосферного электричества является глобальная электрическая цепь (ГЭЦ) [1]. ГЭЦ представляет собой распределённый токовый контур, образованный слоем воздуха между землёй и ионосферой. Выделяют два типа ГЭЦ: переменного тока и постоянного. В ГЭЦ первого типа источниками выступают молниевые разряды облако-земля, в ГЭЦ постоянного тока источниками являются токи разделения зарядов в облаках с развитой электрической структурой. Всюду ниже будет рассматриваться ГЭЦ постоянного тока.

Интенсивность ГЭЦ характеризуется ионосферным потенциалом (ИП), который определяется как разность потенциалов на ионосфере и на земле. Замечательной особенностью ИП является то, что он в первом приближении не зависит от географического места измерения.

ГЭЦ объединяет в себе области плохой погоды, где в среднем электрические токи поднимаются вверх от поверхности земли к ионосфере, и области хорошей погоды, где токи растекаются сверху вниз, поэтому ГЭЦ зависит от климатического состояния Земли. Кроме того, ГЭЦ подвержена влиянию таких факторов космического окружения, как галактические космические лучи и солнечная активность. Механизмы воздействия данных факторов на ГЭЦ до конца не ясны, объяснение механизмов взаимодействия ГЭЦ с климатом и с космическими лучами является актуальной научной задачей.

Аналитическое нахождение распределения крупномасштабных электрических полей в атмосфере в общем случае не возможно, поэтому для исследования ГЭЦ используется численное моделирование. Одной из задач данной работы являлась реализация столбцовой модели ГЭЦ, в которой была использована параметризация проводимости, учитывающая 11 летний солнечный цикл... и её последующие сравнение с моделью [2], где использовалась более простое задание проводимости.

Связь ГЭЦ с климатом прослеживается по наличию устойчивых вариаций ИП, совпадающих по масштабу с отвечающей им климатической изменчивостью. Например, давно известны вариации ИП на временных масштабах, связанных с сезонным и суточным циклами [3]. Продолжается и открытие новых связей ГЭЦ с климатом. В недавних исследованиях [4, 5, 6] была обнаружена связь вариации ИП с Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК), которое является второй по значимости климатической модой Земли после сезонного цикла и определяет климат тропической части Тихого океана на масштабах в несколько месяцев.

В качестве второй задачи данной работы было выбрано изучение ГЭЦ на наличие паттернов, связанных с другой климатической модой, отвечающей за вариацию климата в тропи-

ках, — колебанием Маддена–Джулиана (КМД), которое происходит на временных масштабах в несколько десятков дней над приэкваториальной территорией Земли [7]. Методика таких исследований была основана, как и в [4, 5, 6], на анализе результатов моделирования ГЭЦ, а также на анализе временных рядов климатологического индекса, характеризующего КМД.

1. СТОЛБЦОВАЯ МОДЕЛЬ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

2. ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАДДЕНА–ДЖУЛИАНА НА ГЛОБАЛЬНУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ

2.1. КОЛЕБАНИЕ МАДДЕНА–ДЖУЛИАНА

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] E. Williams and E. Mareev. Recent progress on the global electrical circuit. *Atmos. Res.*, 135–136:208–227, 2014.
- [2] N. V. Ilin, N. N. Slyunyaev, and E. A. Mareev. Toward a realistic representation of global electric circuit generators in models of atmospheric dynamics. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125(6):e2019JD032130, 2020.
- [3] T. Lavigne, C. Liu, W. Deierling, and D. Mach. Relationship between the global electric circuit and electrified cloud parameters at diurnal, seasonal, and interannual timescales. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122(16):8525–8542, 2017.
- [4] N. N. Slyunyaev, A. V. Frank-Kamenetsky, N. V. Ilin, F. G. Sarafanov, M. V. Shatalina, E. A. Mareev, and C. G. Price. Electric field measurements in the Antarctic reveal patterns related to the El Niño—Southern Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 48(21):e2021GL095389, 2021.
- [5] N. N. Slyunyaev, N. V. Ilin, E. A. Mareev, and C. G. Price. The global electric circuit land—ocean response to the El Niño—Southern Oscillation. *Atmos. Res.*, 260:105626, 2021.
- [6] N. N. Slyunyaev, N. V. Ilin, E. A. Mareev, and C. G. Price. A new link between El Niño—Southern Oscillation and atmospheric electricity. *Environ. Res. Lett.*, 16(4):044025, 2021.
- [7] C. Zhang. Madden-Julian Oscillation. *Rev. Geophys.*, 43(2):RG2003, 2005.