

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 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 5 |

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. ИП в первом приближении не зависит от точки измерения

Атмосфера в значительной степени определяет жизнь человека, она обеспечивает условия необходимые для поддержания жизни и отвечает за формирование климата, что делает изучение атмосферы критически важным для человека. Одним из наиболее актуальных направлений фундаментальных исследований атмосферы является атмосферное электричество. С развитием вычислительной техники и с накоплением большого объёма измерительных данных вырос интерес научного сообщества к данному направлению исследований.

Одним из ключевых понятий атмосферного электричества является глобальная электрическая цепь (ГЭЦ) [1]. ГЭЦ представляет собой распределённый токовый контур, образованный слоем воздуха, который располагается между двумя поверхностями: поверхностью Земли и поверхностью ионосферы, которые полагаются эквипотенциальными. Стационарными источниками в таком токовом контуре выступают облака с развитой электрической структурой.

Характеристикой интенсивности ГЭЦ постоянного тока является разность потенциалов между поверхностью Земли и ионосферой, которую называют ионосферным потенциалом (ИП). Замечательной особенностью ИП является то, что он в первом приближении не зависит от географического места измерения, поэтому можно рассматривать его как интегральную характеристику электрического окружения Земли.

Давно известны устойчивые картины вариации ИП на временных масштабах, связанных с сезонным и суточным циклами [2]. Не все механизмы формирования характерных вариаций ИП до конца ясны на данный момент. Поэтому актуальной научной задачей является объяснение физических механизмов их образования. Кроме того, продолжается открытие новых связей ИП с климатом. В недавних исследованиях [3, 4, 5] была обнаружена связь вариации ИП с

Южным колебанием (ЮК), которое является второй по значимости климатической модой Земли после сезонного цикла и определяет климат тропической части Тихого океана на масштабах в несколько месяцев.

В связи с этим представляет интерес изучить вариацию ИП на наличие эффектов, связанных с другой климатической модой, отвечающей за вариацию климата в тропиках. В качестве такой моды было выбрано колебание Маддена–Джулиана (КМД), которое происходит на временных масштабах в несколько десятков дней над приэкваториальной территорией Земли [6].

Методика таких исследований будет основана, как и в [3, 4, 5], на анализе результатов моделирования ГЭЦ постоянного тока, а также на анализе временных рядов климатологического индекса, характеризующего КМД. Кроме того, будет предпринята попытка объяснить физический механизм обнаруженной связи, для чего будет привлечен некоторый метод статистического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] E. Williams and E. Mareev. Recent progress on the global electrical circuit. *Atmos. Res.*, 135–136:208–227, 2014.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] C. Zhang. Madden-Julian Oscillation. *Rev. Geophys.*, 43(2):RG2003, 2005.