

УТВЕРЖДАЮ

Зам. дир. Института физики атмосферы

им. А.М. Обухова РАН



д.ф.-м.н.

О.Г Чхетиани

« » июня 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации: Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук на диссертацию Шаталиной Марии Викторовны

"Квазистационарные электрические поля и структуры в атмосфере",
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

1. Актуальность работы

Исследование источников и механизмов локальных и глобальных вариаций квазистационарного электрического поля в атмосфере является актуальной научной темой как с фундаментальной, так и для практической точки зрения. Непрерывные измерения поля позволяют исследовать особенности как долгопериодных возмущений электрического поля, так и отдельных возмущений (связанных с атмосферной конвекцией). Диагностика различной цикличности вариации электрического поля актуальна для адекватного учета механизмов функционирования глобальной электрической цепи в современных моделях земной системы. Исследование электрических процессов в конвективных системах (в первую очередь организованных и долгоживущих) необходимо для повышения точности прогноза погоды.

2. Краткий обзор содержания работы

Диссертационная работа М.В. Шаталиной состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 143 источников. Работа изложена на 127 страницах текста, включает 51 рисунок и 3 таблицы.

Во Введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи диссертации, описываются методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна работы и этапы её апробации.

Первая глава диссертации посвящена исследованию особенностей пульсаций электрического поля в приземном слое атмосферы и их спектров в условиях хорошей погоды по измерениям. Разработанный в данной главе метод позволяет диагностировать аэроэлектрические структуры, в том числе связанные с облачностью.

Во второй главе проводится анализ различных вариантов модели взаимодействия ионов и аэрозолей в атмосфере. В частности, в этой главе приведены стационарные решения для системы, состоящей из лёгких ионов и аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы. Следует отметить, что эти модели модифицированы за счёт учёта зависимости коэффициентов прилипания ионов к аэрозолям от напряжённости электрического поля.

Третья глава диссертации посвящена исследованиям суточных и сезонных вариаций электрического поля в атмосфере суши средних широт на примере Нижегородской области в 2009–2018 гг. Внимание уделено локальной суточной вариации напряжённости электрического поля и её сезонной изменчивости. Интересным результатом является выявление изменчивости электрического поля на временном масштабе 4–5 суток. Этот масштаб близок к характерному масштабу погодной изменчивости в атмосфере, что позволяет связать два класса процессов в атмосфере — электрические и синоптические.

В четвёртой главе излагаются результаты наблюдения грозовых событий с использованием непрерывных записей электрического поля с помощью сети флюксометров в Нижегородской области. При этом, в частности, получена статистика грозовых событий в Нижнем Новгороде за девятилетний период наблюдений. Этот результат представляет интерес не только для специалистов, занимающихся вопросами атмосферного электричества, но и для специалистов в области геофизической гидродинамики и термодинамики атмосферы. Интересным представляется усиление спектральной плотности вариаций электрического поля во время грозы.

В Заключении автор приводит основные выводы из работы.

3. Научная новизна полученных результатов

К наиболее важным результатам работы Шаталиной М.В., определяющим ее новизну и значимость, следует отнести следующие:

1. Впервые предложен и численно реализован метод пробных структур для моделирования и диагностики электрического состояния пограничного слоя атмосферы, позволяющий достаточно надежно интерпретировать результаты структурно-временного анализа короткопериодных пульсаций электрического поля.

2. Разработан алгоритм восстановления параметров аэроэлектрических структур. Показано, что с ростом аэрозольной концентрации и пространственного масштаба системы время жизни подобных структур существенно увеличивается.

3. По данным натуральных наблюдений подтверждена отрицательная взаимосвязь среднесуточных значений электрического поля со среднесуточным значением балла общей облачности независимо от сезона, что согласуется с известными теоретическими оценками.

4. Разработаны методы обработки и анализа данных натуральных экспериментов по регистрации атмосферного квазистационарного электрического поля, позволяющие выявлять особенности переноса основных электрических зарядов в грозовых облаках и статистические характеристики молниевых вспышек.

4. Практическая ценность работы

Результаты работы представляют достаточно высокую практическую ценность и могут быть использованы для решения задач по совершенствованию прогноза погоды, в том числе прогноза опасных конвективных явлений. В частности, было показано, что комплексные измерения характеристик пульсаций аэроэлектрического поля приземного слоя могут служить в качестве диагностики динамических процессов в пограничном слое атмосферы, в первую очередь электрогазодинамической турбулентности. Полученные результаты экспериментальных исследований атмосферного электрического поля могут быть использованы для совершенствования параметризаций характеристик приземного электрического поля в погодно-климатических моделях.

5. Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов.

Обоснованность научных результатов и выводов определяется использованием хорошо отработанной в ИПФ РАН методики натуральных и

теоретических исследований электрического поля атмосферы. Применяются современные методы аналитического решения задач электродинамики и физики атмосферы, а также методы численного исследования в тех случаях, когда получения аналитических решений затруднено. Применяются методы статистического и спектрального анализа экспериментальных данных.

Результаты численных расчетов апробированы и верифицированы по данным наземных систем наблюдения за электрическими параметрами атмосферы и систем сбора метеорологических данных. Результаты настоящего исследования также сравниваются с результатами работ, в том числе экспериментальных, других исследовательских групп. Это подтверждает достоверность полученных результатов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов также подтверждается наличием статей в профильных научных журналах, прошедших перед публикацией научное рецензирование экспертов в данной области.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

При определенной доработке результаты работы могут быть внедрены в оперативную практику организаций Росгидромета и использованы для повышения точности сверхкраткосрочных прогнозов опасных конвективных явлений (например локализации грозных очагов). Результаты представляют ценность для дальнейших фундаментальных исследований в области атмосферного электричества. Потенциальными потребителями результатов диссертационной работы являются как научные организации Российской академии наук (ИЗМИРАН, ИВМ РАН, ИВМиМГ СО РАН, ИФА им. А.М. Обухова РАН, ИКИ РАН, ИМКЭС СО РАН, ИОА СО РАН, ИФХиБПП РАН), так и организации Росгидромета (ИГКЭ Росгидромета и РАН, ГГО им А.И. Воейкова, Гидрометцентр РФ, НПО "Тайфун") и высшие учебные заведения (физический и географический факультеты МГУ, физический факультет СПбГУ, институт географии и экологии КФУ и др.).

7. Замечания по работе

В качестве замечаний к представленной работе можно отметить следующие:

1. Второе и третье защищаемые положения сформулированы в слишком общей форме. В такой формулировке они содержат лишь информацию, давно известную специалистам по атмосферному электричеству. Целесообразным

представляется более конкретная их формулировка с явным указанием на новые результаты, полученные в диссертационной работе.

2. Используемый в работе метод спектрального оценивания описан чрезмерно скупо (с. 27) - указано лишь, что использовалось быстрое преобразование Фурье (периодограммы). Однако без дополнительных методов сглаживания спектра периодограммы характеризуются очень высокой дисперсией полученной оценки для спектральной плотности (см., напр., монографию Г. Дженкинса и Д. Ваттса "Спектральный анализ и его приложения"). В разделе 3.2.2, правда указано, что использовалось спектральное сглаживание с окном Блэкмана-Хэрриса, но непонятно, использовалось ли это сглаживание (или аналогичное ему) в гл. 1. Хотелось бы также услышать, как неопределённость спектральной оценки может повлиять на выделение аэроэлектрических структур, а также на вычисление показателя степени при аппроксимации спектров степенной функцией f^a (с. 28). Целесообразно также обсудить влияние дисперсии спектральной оценки на результаты полученные в главе 4. Кроме того, при рассмотрении спектральной плотности флуктуаций электрического поля (в главе 4) интересным также представляется посмотреть на спектральную плотность других метеорологических величин, например, пульсаций скорости ветра, а также ко-спектры между ними.

3. В разделе 3.2.2 без какого-либо обоснования делается утверждение о связи 12-часовой гармонике изменчивости электрического поля и приливных явлений в атмосфере (возможно, это спектральный «двойник» суточной гармонике).

4. Нецелесообразным представляется подробное описание моделей взаимодействия ионов и аэрозолей (разделы 2.1-2.3). Эти модели являются общеизвестными и описаны, например, в справочнике "Атмосфера" по ред. Ю.С. Седунова (1991 г., раздел 23.3) или учебнике Л.В. Кашлевой "Атмосферное электричество" (2008 г.). Достаточно было бы указание на учёт зависимости коэффициента прилипания ионов к аэрозольным частицам от времени (первое уравнение раздела 2.3).

5. Не обоснован выбор значения градиента потенциала электрического поля в условиях хорошей погоды (100 В/м - с. 61). Например, в обзоре С.В. Анисимова и Е.А. Мареева ("Физика Земли", 2008 г., № 10) приведены значения 155 В/м на широте 60° с.ш. и даже 300-500 В/м в промышленных регионах, к которым относятся окрестности Нижнего Новгорода.

6. Ряд более частных (в том числе редакционных замечаний):

а) На с. 4 говорится о крупномасштабных эффектах в вариациях параметров глобальной электрической цепи без какого-либо указания на то, какие вариации относятся к крупномасштабным, а какие нет.

б) На с. 6 "Введения" указывается на значимость понятия ионосферного потенциала для глобальной электрической цепи. Следует отметить, что этот термин, хотя и является устоявшимся, не вполне точно отражает физику процесса

в) потенциал электрического поля Земли мало зависит от вертикальной координаты на высотах, начиная с примерно 20 км. В связи с этим в [Haldoupis et al., 2017] предложен более корректный с физической точки зрения термин "потенциал между Землёй и атмосферой" ("Earth-atmosphere potential").

г) на с. 49 коэффициент прилипания ионов к аэрозольным частицам ошибочно назван коэффициентом рекомбинации.

д) рис. 2.1 и 2.2 неинформативны и могли бы быть исключены из текста без какого-либо ущерба для текста диссертации.

е) не указано при каких значениях β получены рис. 2.3-2.5.

ж) термин «хорошая погода» в данном исследовании мог бы быть заменён на «антициклональная погода» без потери смысла, но это бы позволило исключить некоторую субъективность.

з) ряд предложений в тексте затруднительны для чтения, в том числе ввиду пропуска отдельных слов. В качестве примера можно отметить предложение "Равновесная концентрация атмосферных ионов при условии, что аэрозольные частицы и гидрометеоры отсутствуют" на с. 44. На с. 46 использовано выражение "... в более высоких полях" - по-видимому, автор имела в виду "на большей высоте".

8. Общая характеристика диссертационной работы

Переходя к оценке диссертации в целом, следует отметить, что она, несомненно, является законченным научным исследованием. Совокупность изложенных в работе результатов является решением научной задачи, имеющей значение для развития физики атмосферы (п.1 "Строение и физика нижней атмосферы (тропосферы) Земли") паспорта специальности 25.00.29. номенклатуры ВАК. По теме диссертации опубликовано 29 работ, включая работы включённые в список ВАК. Результаты представлены на различных российских и международных конференциях. Это свидетельствует о достаточной апробации диссертационной работы. Текст автореферата достаточно полно отражает содержание диссертации.

Представленная диссертационная работа выполнена на хорошем, добротном уровне. Приведённые выше замечания к ней ни в коей мере не умаляют её значимости и не снижают общего безусловно положительного впечатления. Очевиден решающий личный вклад соискателя в достижении полученных результатов.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям "Положения о порядке присуждения учёных степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Ее автор Шаталина Мария Викторовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 - «Физика атмосферы и гидросферы».

Доклад М.В. Шаталиной по материалам диссертационной работы заслушан и обсужден на межотдельском семинаре Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН 27 мая 2019 года.

Отзыв составил старший научный сотрудник Лаборатории теории климата, кандидат физико-математических наук Чернокульский Александр Владимирович, e-mail: a.chernokulsky@ifaran.ru, телефон: +7 (495) 9516453, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 3.

Я, Чернокульский Александр Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Старший научный сотрудник
Лаборатории теории климата
ИФА им. А.М. Обухова РАН,
к.ф.-м.н.



Чернокульский А.В.