



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе
СПбГУ
С. В. Микушев
С. В. Микушев 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»** на диссертационную работу Коломеец Людмилы Ильиничны на тему **«Исследование взаимосвязи между грозовой активностью, температурой и составом атмосферы в глобальном и региональном масштабах»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Актуальность диссертационной работы

Работа посвящена исследованию одной из важных составляющих глобальной электрической цепи (ГЭЦ) – проблеме влияния молниевых разрядов на химический состав, температуру и динамику атмосферы. Эта проблема обсуждается довольно давно, однако при прогнозах грозových очагов недостаточно учитывается ряд дополнительных эффектов, связанных с вероятным наличием в атмосфере обратных связей между конвекцией, молниевой активностью и изменением концентрации химически и радиационно активных газов.

В диссертационном исследовании основное внимание уделяется моделированию влияния изменений содержания озона в верхней тропосфере и нижней стратосфере вследствие вариаций окислов азота молниевое происхождения, на перераспределение конвективных структур и молниевую активность.

Цель, задачи и методы исследования

Цель диссертационной работы сформулирована как выявление взаимосвязей между грозовой активностью, составом и структурой атмосферы в глобальном и региональном масштабах. Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

1. Разработаны подходы к исследованию влияния молниевой активности на состав и структуру тропосферы/нижней стратосферы в глобальном и региональном масштабах с учетом возникающих обратных связей.

2. Выбраны модели и их оптимальная настройка и адаптация для прогноза метеорологических и химических полей в атмосфере с учетом влияния изменчивости ее газового состава на температуру тропосферы и стратосферы и генерирование молниевых вспышек.

3. Проведены численные эксперименты, направленные на исследование чувствительности к наличию прямых и обратных связей между молниевой активностью, структурой и составом атмосферы в глобальном и региональном масштабах.

4. Исследованы различия прямых и обратных связей между молниевыми вспышками и изменениями состава и структуры атмосферы в глобальном и региональном масштабах.

Основным методом исследования являлось численное моделирование с использованием глобальной химико-климатической модели (ХКМ) общей циркуляции/газового состава атмосферы, разработанной в ИВМ РАН и РГГМУ, и региональной модели гидродинамического прогноза погоды/качества воздуха WRF-Chem.

Согласно выбранному подходу, были выделены и исследованы два вида атмосферных эффектов грозовой активности: прямой и обратный. В первом случае моделировалось влияние молниевых разрядов на химический состав и температуру атмосферы. Для оценки обратного эффекта исследовалось влияние изменения химии атмосферы и температурных полей, связанных с дополнительными источниками окислов азота молниевого происхождения на конвективные процессы и перераспределение грозовой активности.

Содержание, структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 140 страниц, в том числе 45 рисунков и 4 таблицы. Список цитируемой литературы содержит 138 наименований.

Первая глава представляет собой обзор современного состояния исследования взаимосвязей между составом и структурой атмосферы и молниевыми вспышками. Рассмотрены структура ГЭЦ; распределение грозовой активности; вопросы влияния молниевых вспышек на содержание в атмосфере окислов азота и озона; связь между изменениями в составе атмосферы и распределением молниевой активности; параметризации, используемые в моделях для описания конвективных процессов и оценки количества молниевых вспышек.

Вторая глава описывает основные методы численного исследования эффектов влияния грозовой активности на состав и структуру атмосферы на основе глобальной и региональной моделей. Обсуждаются принципы построения и базовые характеристики моделей, параметризации, используемые для учета молниевой активности по характеристикам конвективных облаков, методы расчета количества окислов азота, генерируемых молниями, изменение химического состава и температурные эффекты.

В третьей главе «Глобальные эффекты взаимосвязей между грозовой активностью, составом атмосферы и температурой» представлены собственно результаты численных экспериментов по моделированию вариаций концентрации окислов азота молниевого происхождения с 1979 по 2003 гг. Рассматриваются вопросы чувствительности температурного режима атмосферы к изменениям продукции окислов азота. Показано, что изменение поля озона влечет за собой изменение нагрева и охлаждения, вследствие чего меняются потоки тепла и массы, которые, в конечном счете, приводят к изменению температуры.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния грозовых вспышек на атмосферу в региональном масштабе на примере побережья Черного моря. Расчеты показывают, что наряду с ожидаемым прямым влиянием роста молниевой активности на увеличение NO_x , атмосферные колебания, вызванные молниевой активностью, вызывают, в свою очередь, изменения в распределении и развитии гроз. Этот эффект интерпретируется как проявление обратных связей, которые особенно влияют на неустойчивую атмосферу.

Научная новизна, значимость и достоверность полученных результатов

Научная новизна работы состоит в исследовании сочетания прямых и обратных связей между источниками окислов азота молниевого происхождения, газовым составом, температурой и конвективным состоянием атмосферы в глобальном масштабе и на примере региона Черного моря. Получены следующие новые научные результаты: (1) подходы к исследованию влияния молниевой активности на состав и структуру тропосферы/нижней стратосферы в глобальном и региональном масштабах с учетом прямых и обратных связей; (2) оценки влияния молниевой активности на структуру, состав и конвективные процессы в тропосфере/нижней стратосфере; (3) оценки влияния молниевых эффектов на изменение

полей температуры в тропосфере/нижней стратосфере в глобальном и региональном масштабах; (4) оценки чувствительности конвективной неустойчивости атмосферы к источникам окислов азота молниевое происхождения; (5) оценки влияния нелинейных обратных связей на конвективные процессы в глобальном масштабе.

Научная и практическая значимость работы определяется тем, что результаты модельных исследований могут быть использованы для оценки влияния молниевой активности на состав атмосферы как глобально, так и в заданном регионе. Результаты применимы для уточнения сверхкраткосрочных прогнозов конвективного состояния атмосферы и выявления тенденций региональных и глобальных изменений.

Обоснованность и достоверность результатов работы определяется корректностью постановки задачи в соответствии с современными представлениями о роли атмосферного электричества в метеорологии. В работе использовались численные модели, прошедшие апробацию и признаны научным сообществом. Результаты докладывались на конференциях и опубликованы в 5 статьях. Тема диссертации включена в план работы кафедры метеорологических прогнозов РГГМУ.

Критическая оценка уровня и полноты решения поставленных задач

Тема диссертации соответствует специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология. В целом, работа выполнена технически грамотно и правильно оформлена. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В основных результатах диссертации даны количественные оценки изменения концентрации окислов азота и гидроксила вследствие молниевой продукции, а также обусловленные этим изменения содержания озона и температуры. Оценки не противоречат другим опубликованным данным. В то же время, вывод о том, что атмосфера наиболее чувствительна к окислам азота молниевое происхождения в полярных областях стратосферы, представляется спорным, и этот вопрос требует более детального анализа.

Вывод о том, что обратные связи между молниевыми вспышками, газовым составом, температурой атмосферы и конвективными явлениями вносят существенные изменения в количество образующихся грозных облаков и межгодовую изменчивость молниевой активности подтвержден результатами численного моделирования. Однако, утверждение о том, что при учете обратной связи «в отдельные годы и в отдельных областях модельные расчеты показывают изменение количества молниевых вспышек более чем в два раза» без анализа причин и локации этого явления вряд ли стоит включать в общие выводы диссертации.

Важным является вывод о том, что в региональном масштабе обнаруживается положительная обратная связь между потенциальной энергией неустойчивости и грозными явлениями.

Автор демонстрирует достаточно хорошее владение материалом и обширные знания по тематике исследования. Однако, обзорные разделы представляются слишком объемными. Фактически, обзору существующих проблем и решений по теме исследования посвящены не только глава 1, но и глава 2. При этом глава 2 сконструирована недостаточно четко для того, чтобы отделить явным образом описание характеристик внешних атмосферных моделей, которые применяются в качестве инструмента для численных экспериментов, от тех модификаций и параметризаций, которые внесены именно автором.

Стоит отметить неточности в оглавлении (глава 2, разделы 2.2, 3.1, 3.3).

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом, диссертация заслуживает положительной оценки.

Заключение

Диссертационное исследование Коломеец Людмила Ильиничны является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, имеющую научную и практическую значимость, имеет достаточную апробацию в виде ряда докладов на конференциях и публикациях в научных изданиях, рекомендованных ВАК. Работа соответствует требованиям, п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335; от 02.08.2016 г. № 748; от 01.10.2018 г. № 1168), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Коломеец Людмила Ильинична, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Отзыв подготовлен И.о. заведующего кафедрой климатологии и мониторинга окружающей среды Института наук о Земле СПбГУ, доцентом кафедры, доктором географических наук (25.00.36 – Геоэкология (географические науки) Павловским Артемом Александровичем.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды Института наук о Земле СПбГУ 03.08.2022, протокол №1/8.

И.о. заведующего
кафедрой климатологии и мониторинга
окружающей среды Института наук о Земле
СПбГУ, д.г.н.



А.А. Павловский

Подпись заверяю:



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
Адрес: 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9
Телефон (812) 328-97-01
E-mail: spbu@spbu.ru