

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Сыреновой Татьяны Евгеньевны «Метод анализа пространственных вариаций интенсивности свечения эмиссии в верхней атмосфере, регистрируемой цифровыми широкоугольными камерами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 -физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа Т.Е.Сыреновой посвящена методике анализа данных, полученных с помощью широкоугольных оптических камер, регистрирующих пространственное распределение интенсивности свечения эмиссий верхней атмосферы, а также применению этой методики для изучения физических процессов в средней и верхней атмосфере.

Актуальность работы не вызывает сомнений. Пространственная картина интенсивности свечения эмиссий, регистрируемая с помощью цифровых камер, позволяет получать информацию о различных процессах и событиях, происходящих в верхней атмосфере. Важным объектом изучения являются волновые возмущения, играющие существенную роль в динамике атмосферы, передающие энергию и импульс между высотными слоями атмосферы. Наиболее вероятным источником возмущений считаются акустико-гравитационные волны и внутренние гравитационные волны, источники которых, в основном, находятся в тропосфере и подстилающей поверхности. Кроме того, важным аспектом является изучение и оценка параметров таких событий, как следы пролетов метеоров, космических объектов, способных также служить источником волновых возмущений. Для выполнения такого рода исследовательских работ требуется создание и испытание эффективных программ обработки фотоснимков.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 99 страниц, включая 22 рисунка и 4 таблицы. Список литературы содержит 226 наименований.

В первой главе приводится описание современного состояния исследований пространственно-временной картины интенсивности свечения верхней атмосферы Земли. Приводится классификация возмущений, основные механизмы и источники их возникновения. Описываются известные методы регистрации вариаций подобных возмущений. Также приведен обзор полученных параметров возмущений.

Во второй главе дается обзор оборудования, используемого при выполнении диссертационной работы и описание методики обработки данных, полученных с помощью широкоугольных камер. Методика включает выделение и идентификацию звезд на кадрах, географическую привязку пикселей изображения к широте и долготе

и идентификацию волновых структур. Все блоки методики выполняются в автоматическом режиме.

Третья глава содержит основные результаты исследования пространственно-временных вариаций интенсивности свечения по данным широкоугольной камеры с применением предложенной методики. Выполнено комплексное исследование долгоживущего метеорного следа, зарегистрированного 18.11.2017, получены его пространственно-временные характеристики. Свечение следа, автор диссертации объясняет фотохимической реакцией воды метеорного тела с атомарным кислородом атмосферы Земли, образующей возбужденный гидроксил.

Приведены результаты исследования следа после пролета космического аппарата в дальней от места старта зоне. Обработан архив данных широкоугольной оптической системы KEO Sentinel, получены параметры наблюдаемых периодических структур.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые для среднеширотной зоны азиатской части Евразии (Тункинская долина, Республика Бурятия) проведены измерения и накоплена база данных измерений пространственного распределения интенсивности атмосферной эмиссии атомарного кислорода 630 нм за период 2013-2021 годы.
2. Разработана методика обработки кадров широкоугольных камер с узким спектральным диапазоном, включающая автоматическую идентификацию звезд на кадрах с оценкой их относительной интенсивности и географическую привязку пикселей кадров для произвольной высоты. Данная методика также включает алгоритм, позволяющий в автоматическом режиме идентифицировать волновые структуры на изображениях широкоугольных камер, получать их параметры и проводить анализ пространственных характеристик в интенсивности атмосферных эмиссий на основе стереонаблюдений. Автоматический режим работы методики позволяет обрабатывать достаточно большие массивы данных.
3. Проведено комплексное исследование пространственно-временных характеристик долгоживущего метеорного следа, зарегистрированного после пролета болида над Тункинской долиной 18 ноября 2017 г на основе данных пространственно разнесенных оптических и радиофизических наблюдений.
4. Впервые для средних широт азиатского континента (юга Восточной Сибири) получены морфологические характеристики волновых структур в излучении атмосферной эмиссии 630 нм. Проведено сравнение с параметрами ПИВ, зарегистрированными инструментами радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН.

Научная и практическая ценность работы. Разработана методика, позволяющая в автоматическом режиме идентифицировать волновые возмущения и определять их характеристики на кадрах широкоугольных оптических систем с узким спектральным диапазоном, а также идентифицировать наблюдаемые звезды и проводить географическую привязку пикселей.

При наблюдениях с помощью пространственно разнесенных камер данная методика позволит наиболее точно восстанавливать пространственные характеристики таких событий, как волновые структуры, авроральные дуги, метеорные следы, искусственные образования и пр. Проанализированы пространственно-временные характеристики долгоживущего метеорного следа, управляемые процессами разрушения тела метеора и ветровым сдвигом. В результате проведенных исследований получены морфологические характеристики перемещающихся волновых возмущений, зарегистрированных в интенсивности атмосферной эмиссии атомарного кислорода 630 нм в регионе Восточной Сибири. В дальнейшем с использованием накопленной статистики возможно провести работу по идентификации источников наблюдаемых возмущений. Также эти данные будут полезны при исследовании взаимодействия как между нейтральной и заряженной компонентами в области термосферы, так и между различными высотными слоями атмосферы в процессах переноса энергии и импульса.

Разработанные алгоритмы обработки снимков могут найти применение в разнообразных методах исследования атмосферы, использующие фотосъемку, в частности, при исследовании естественных и искусственных облаков.

Положения, выносимые на защиту, хорошо обоснованы. Это:

1. Методика обработки и анализа данных широкоугольных оптических систем с узким спектральным диапазоном, позволяющая в автоматическом режиме идентифицировать звезды, проводить географическую привязку для произвольной высоты, идентифицировать перемещающиеся волновые возмущения и получать их пространственно-временные параметры.

2. Пространственно-временные характеристики долгоживущего метеорного следа, зарегистрированного после пролета болида над Тункинской долиной 18 ноября 2017 г. Динамика метеорного следа обусловлена вертикальным сдвигом поля ветра, существующим на этих высотах во время наблюдения. Высота распространения метеорного следа лежит в диапазоне 88-106 км. Долгоживущий метеорный след распространялся преимущественно на юг со средней скоростью 80 м/с.

3. Морфологические характеристики перемещающихся волновых возмущений в интенсивности свечения атомарного кислорода атмосферы, их

особенности для региона Восточной Сибири. Горизонтальные скорости возмущений лежат в пределах 30-100 м/с, горизонтальная длина волны - в диапазоне ~20-800 км. Преимущественное направление распространения возмущений на юго-запад и, в меньшей мере, на юг, юго-восток и восток.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием большого массива экспериментального материала, сопоставлением с результатами других исследователей, применением апробированных методов экспериментальных исследований и математических и статистических методов обработки результатов

По тексту диссертации есть некоторые замечания:

1. Хотя вводная глава содержит много полезной информации об атмосферных возмущениях, возможно, даже с избытком, в ней не хватает раздела, перекидывающего мостик к основной части диссертации, а именно пространственным и временным неоднородностям, которые могут наблюдаться при помощи широкоугольных камер, не выделены соответствующие диапазоны горизонтальных длин волн и частот.
2. Как это ни странно, раздел 1.3 вводной главы, посвященный различным методам исследований, не содержит даже краткого обзора по использованию широкоугольных фотокамер и имаджеров для изучения неоднородностей верхней атмосферы.
3. При описании методики абсолютной калибровки (раздел 2.1) по звездам не указано, калибруется ли каждый пиксель в отдельности, или это средняя по всем пикселям калибровка. Смысл двух приведенных значений пересчетного коэффициента R непонятен. Вместо них было бы полезно привести коэффициент в ед. абсолютной яркости / ед. АЦП/ с (времени экспозиции). Не говорится о том, что калиброванная камера находится в неизменных условиях (объектив, диафрагма, температурная стабилизация и т.д.).
4. Диссертация Т.Е.Сыреновой содержит не только хорошо доказанные положения, но и недостаточно обоснованную гипотезу о гидроксильном свечении метеорного следа, как в отношении наблюдаемого спектра, так и в отношении интенсивности соответствующего свечения. Впрочем, соответствующий пункт не включен ни в основные выводы, ни в положения, выносимые на защиту.

Перечисленные замечания относятся к изложению материала диссертации и не затрагивают суть проделанной работы. Полученные в диссертации результаты не вызывают сомнений.

Автореферат полностью соответствует структуре и отражает содержание диссертации, выводы и положения, выносимые на защиту.

Таким образом, диссертация Сыреновой Т.Е. является законченной научно-

квалификационной работой, в которой получены важные результаты, касающиеся волновых процессов, протекающих в верхней атмосфере. Работа соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г. а ее автор Сыренова Т.Е. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 -физика атмосферы и гидросферы.

Перцев Николай Николаевич,

доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы), ведущий научный сотрудник Лаборатории физики верхней атмосферы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А. М. Обухова Российской академии наук.

Адрес: 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 3.

Тел.: +7(495) 951-04-80, e-mail: n.pertsev@bk.ru.

Я, Перцев Николай Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,

вед. науч. сотр. ИФА РАН, г. Москва, д.ф.-м.-н.

Перцев Н.Н.
"13" апреля 2022 г

Подпись вед. научного сотрудника Н.Н.Перцева, заверяю
Зам. директора Института физики атмосферы
им. А.М.Обухова РАН



В.В.Семенов