

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Казанский (Приволжский)
федеральный университет»

д.ф-м.н., профессор
Дмитрий Альбертович Гаюровский

« 19 » мая 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Сыреновой Татьяны Евгеньевны
«Метод анализа пространственных вариаций интенсивности свечения верхней
атмосферы, регистрируемых цифровыми широкоугольными камерами»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности
25.00.29 — Физика атмосферы и гидросферы

Результатом многочисленных фотохимических процессов, в частности, фотоионизации под воздействием Солнца в дневное время, люминесценции, вызываемой прохождением космических лучей, хемилюминесценции, является собственное излучение атмосферы, существующее как в дневное, так и в ночное время. Состоящее из свечения различных эмиссий, оно является важным индикатором процессов, происходящих во всех слоях атмосферы. Изучение пространственной картины интенсивности атмосферных эмиссий является удобным способом получения информации о процессах, происходящих на высотах их высвечивания. С помощью цифровых камер, регистрирующих свечение атмосферы, можно проследить пространственно-временную динамику возмущений, в том числе волновых, оценить их основные параметры. Исследование волновых процессов в атмосфере является важной и актуальной задачей, поскольку волновые возмущения играют существенную роль в динамике атмосферы, являясь переносчиком энергии и импульса между высотными слоями атмосферы. Наиболее вероятным источником возмущений являются акустико-гравитационные волны (АГВ) и внутренние гравитационные волны (ВГВ), источники которых в основном находятся в тропосфере и литосфере. Важным аспектом является изучение и оценка параметров таких событий, как следы пролетов метеоров, космических объектов, способных также служить источником волновых возмущений.

Наиболее интенсивной атмосферной эмиссией в видимой части спектра на высотах F-области (около 250 км) является линия высвечивания атомарного кислорода 630 нм. Использование разнесенных в пространстве двух и более цифровых камер с широким углом обзора позволяет строить стереоизображения и получать пространственно-временные характеристики наблюдаемых волновых структур, авроральных дуг, метеорных следов и подобных явлений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Впервые для среднеширотной зоны азиатской части Евразии (Тункинская долина, Республика Бурятия) проведены измерения и накоплена база измерений данных пространственного распределения интенсивности атмосферной эмиссии атомарного кислорода 630 нм за период 2013–2021 гг.

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 стереоскопических наблюдений. Автоматический режим работы методики позволяет обрабатывать достаточно большие массивы данных.

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. Получено, что динамика наблюдаемого следа обусловлена ветровым сдвигом, а возможным источником свечения является гидроксил, образующийся в результате фотохимических реакций воды метеорного тела с атомарным кислородом верхней атмосферы Земли.

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.

Результаты исследований докладывались на Международной школе молодых ученых им. А.Г. Колесника «Физика окружающей среды» (Томск, 2016), Международном симпозиуме «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (Томск, 2016, Москва, 2021), Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020), Международной Байкальской молодежной научной школе по фундаментальной физике и конференции молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом» (Иркутск, 2017, 2019), Апатитском семинаре с международным участием «Физика авроральных явлений» (Апатиты, 2019),

Международной ассамблеи Европейского геофизического общества (EGU General Assembly, online) (Австрия, Вена, 2020, 2021), XXVII Всероссийской открытой научной конференции «Распространение радиоволн» (Калининград, 2021).

Основные результаты диссертации опубликованы в 34 печатных работах, из них 7 в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК.

Данные о параметрах верхней атмосферы Земли получены с помощью инструментов оптического комплекса Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Анализ данных проведен с использованием разработанной в ходе исследования методики автоматической обработки данных широкоугольных оптических систем, позволяющей идентифицировать звезды, осуществлять географическую привязку изображений, а также выделять периодические структуры и анализировать их морфологические характеристики. Статистические характеристики перемещающихся ионосферных возмущений получены по данным радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН.

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.

Диссертационная работа имеет традиционную структуру, 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. Структура диссертации обусловлена поставленной целью и задачами исследования, и представляется адекватной. В работе и основных положениях, представленных во введении, прослеживается соответствие решаемых задач, научной новизны и положений, выносимых на публичную защиту. В первой главе дан обзор о современном состоянии исследований пространственно-временных вариаций интенсивности свечения верхней атмосферы. Разработанная автором методика автоматической обработки портретов ночного неба, полученных при помощи широкоугольной камеры, с целью выделения волновых структур на изображениях свечения различных эмиссий, приведена во второй главе. Здесь же дано и краткое описание инструментальной базы, размещенной в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Наиболее значимые результаты исследования изложены автором в третьей главе. Выводы по главам соответствуют их содержанию, а заключение суммирует эти выводы.

К значимым и новым результатам, полученным в работе следует отнести: разработанную методику, позволяющую 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 кадров для произвольного диапазона высот; при наблюдениях с помощью

пространственно разнесенных камер данная методика позволяет восстанавливать пространственные характеристики таких событий, как волновые структуры, авроральные дуги, метеорные следы, искусственные образования и прочее; полученные 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. Эти данные будут полезны также при исследовании взаимодействия как нейтральной и заряженной компонент в области термосферы, так и различных высотных слоев атмосферы в процессах переноса энергии и импульса. С использованием оптических инструментов Национального гелиогеофизического комплекса ИСЗФ СО РАН и возможностью создания пространственно разнесенной базы наблюдений и с применением вышеописанной методики возможно построение стереоизображений событий как регулярного, так и нерегулярного характера, что позволит получать наиболее точную информацию о высотах и других пространственных характеристиках. Результаты проведенных по теме диссертации исследований использовались при выполнении научного проекта РФФИ No 19-35-90093, а также крупного проекта Министерства науки высшего образования «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» (грант No 13.1902.21.0033).

Тем не менее, по диссертации имеются несколько замечаний:

1. В обзорной части не уделено внимания исследованиям цифровыми широкоугольными камерами.
2. В разделе 1.4 приводится обзор ПИВ и АГВ попеременно. Возможно, надо было рассматривать их по отдельности.
3. Сопоставление ПИВ и волновых возмущений, полученных с помощью оптических измерений, необходимо провести с учетом сезона наблюдений. Также ничего не сказано о зависимости от солнечной активности.

Вышеперечисленные замечания не носят принципиального характера и не влияют на высокую положительную оценку диссертационной работы в целом. Таким образом, диссертация Сыреновой Т. Е. «Метод анализа пространственных вариаций интенсивности свечения верхней атмосферы, регистрируемых цифровыми широкоугольными камерами» представляет собой цельную, самостоятельно выполненную, законченную научно-квалификационную работу. Работа написана грамотным научным языком, хорошо оформлена и иллюстрирована качественными рисунками. Автореферат соответствует тексту диссертационной работы и раскрывает содержание и основные выводы диссертации в достаточной мере.

Диссертационная работа Сыреновой Т. Е. «Метод анализа пространственных вариаций интенсивности свечения верхней атмосферы, регистрируемых цифровыми

широкоугольными камерами», соответствует требованиям пунктов 9-10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским/докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — Физика атмосферы и гидросферы.

Отзыв подготовлен кандидатом физико-математических наук, доцентом Института физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Насыровым Игорем Альбертовичем.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании объединённого семинара кафедр радиоэлектроники, радиофизики и радиоастрономии Института физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», протокол № 1 от «18» марта 2022 года.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Адрес: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

Тел.: +7 (843) 939-29-03

Электронная почта: public.mail@kpfu.ru

Сайт: <https://kpfu.ru>

Руководитель
Института физики,
доктор физ.-мат. наук

Гафуров Марат Ревгерович

Доцент
Института физики
кандидат физ.-мат. наук, доцент

Насыров Игорь Альбертович

