

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Санкт-Петербургский

государственный университет

С. В. Микушев



10 марта 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертацию Саункина Андрея Витальевича на тему «Исследование изменчивости интенсивности свечения атомарного кислорода 557.7 нм и температуры области мезопаузы над Восточной Сибирью спутниковыми и наземными инструментами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате»

Диссертация Саункина А.В. представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате». Диссертация посвящена сопоставлению параметров верхней атмосферы над Восточной Сибирью: интенсивностей свечения атомарного кислорода на длине волны 557.7 нм, регистрируемой новым экспериментальным инструментом и синтезированной из спутниковых данных, а также температур в слое этого свечения, полученных наземными и спутниковыми инструментами. Работа выполнена на достаточно высоком научном уровне и основана на комплексном анализе спутниковых, наземных и модельных данных. Представленные в диссертации результаты имеют высокую значимость как для фундаментальной науки, так и для практических применений.

Актуальность темы исследования

Актуальность исследования эмиссии атомарного кислорода 557.7 нм в мезосфере и нижней термосфере (МНТ) обусловлена необходимостью развития комплексного подхода в моделях Земной системы, где понимание динамики верхних слоев атмосферы и их связи с нижними остается важным вопросом. Однако существующие различия в методиках наземных и спутниковых наблюдений затрудняют взаимную верификацию

данных и построение целостной картины явления. Появление новых инструментов, данных и фотохимических моделей создает необходимую базу для преодоления этих методологических трудностей и перехода к совместному анализу наблюдений, что позволит уточнить пространственно-временные вариации интенсивности свечения и параметры среды на высотах МНТ.

Новизна

Предложены два новых оригинальных метода. Первый – для расчёта высотного профиля I557.7 по данным SABER на основе фотохимических моделей (с использованием спутниковых данных), верифицированный наземными наблюдениями. Второй для сопоставления температур, наблюдаемых наземным и спутниковым инструментами, в котором используется смещение высоты слоя свечения, для расчета эффективной температуры по спутниковым данным, и минимизация методом наименьших квадратов разности сезонных вариаций. Впервые проведено комплексное сравнение параметров слоя 557.7 нм по наземным и спутниковым данным с применением этих методов. Выявлено влияние ВСП на высотное распределение интенсивности 557.7 нм (I557.7), восстановленной по спутниковым данным, а также на температуру и эмиссию гидроксила.

Диссертационная работа включает Введение, 6 глав, Заключение, Список литературы, Список работ автора по теме диссертации.

Во **введении** автором убедительно обоснована актуальность темы, связанной с исследованием I557.7 и температур в области МНТ при помощи спутниковых и наземных наблюдений. Сформулированы цель и задачи исследования, перечислены основные положения, выносимые на защиту, а также отмечены научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов.

В первой главе рассматриваются основные характеристики строения атмосферы и физические механизмы, ответственные за формирование слоев её собственного свечения. Проведен анализ современных методов и моделей, применяемых для изучения верхней атмосферы. Особое внимание уделено современному состоянию проблемы согласования результатов измерений, получаемых с помощью различных наземных и спутниковых инструментов, а также их сопоставления с модельными расчетами.

Во второй главе приведена характеристика использованных в работе источников данных и представлено описание разработанного программного комплекса, предназначенного для загрузки, обработки и визуализации спутниковой информации. Выполнено сопоставление данных, полученных с помощью приборов SABER/TIMED и

MLS/AURA. В результате анализа обоснован выбор данных SABER как наиболее информативных для решения задач настоящего исследования.

Третья глава посвящена описанию метода вычисления интенсивности линии 557.7 нм атомарного кислорода, реализованного с применением данных спутникового инструмента SABER. Приводятся фотохимические реакции образования эмиссии 557.7 нм, их связь с излучением гидроксила и концентрацией атомарного кислорода. На основе спутниковых данных представлен расчет объемной I557.7.

В четвертой главе представлены результаты сопоставления интенсивности эмиссии I557.7, восстановленной по спутниковым данным SABER, с наземными измерениями интерферометра Фабри — Перо (ИФП). На основе этого сравнения выполнена калибровка наземных измерений путем приведения относительных единиц интенсивности, регистрируемых ИФП, к абсолютным значениям (в Релеях), при помощи спутниковых данных. Кроме того, выполнено сопоставление температур, полученных SABER и ИФП. Для коррекции систематической погрешности измерений ИФП применены традиционные методы минимизации при анализе длительных временных рядов, с использованием температуры, получаемой SABER на некоторой высоте, в предположении линейной взаимосвязи этих величин, где высота выступает в качестве варьируемого параметра.

Пятая глава посвящена исследованию динамики среднеголетних сезонных вариаций I557.7 и температуры слоя свечения в регионе Восточной Сибири с использованием наземных и спутниковых данных, а также эмпирической модели NRLMSIS 2.0. Автор, в частности, продемонстрировал, что среднеголетние сезонные вариации параметров атмосферы в слое свечения 557.7 нм над Восточной Сибирью по данным различных инструментов демонстрируют согласованное поведение в зимне-весенний период и слабую согласованность в летне-осенний период.

Чувствительность характеристик эмиссионных слоев к внешнему динамическому воздействию во время внезапного стратосферного потепления исследуется в **шестой главе**. Для этого, методом наложения эпох, рассматриваются композиты событий. Показаны, в частности, значительные, зависящие от высоты, реакции свечения атмосферы на события ВСП с использованием наблюдений SABER.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы. Текст диссертации изложен на 118 страницах, включая 50 рисунков и списка цитируемой литературы из 123 наименований. Оформление диссертационной работы вызывает минимум нареканий: работа логично структурирована, достаточно полно

проиллюстрирована, материал диссертации изложен грамотно, ясно и последовательно. Имеются незначительные опечатки и ряд неудачных формулировок, которые не портят положительного впечатления от работы, однако подчеркивают оригинальность материала и самостоятельность его подготовки.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов экспериментальных исследований, выполненных в рамках диссертационной работы А. В. Саункина, обеспечивается использованием обширного массива современных и проверенных данных, применением общепринятых и статистически обоснованных методов, согласованностью с результатами других исследований. Результаты диссертации получили апробацию на основе публикаций в журналах и в материалах Международных конференций.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов для построения глобальных карт эмиссии 557.7 нм, изучения морфологических особенностей этого атмосферного свечения, а также анализа пространственно-временной изменчивости температуры и циркуляции в верхней атмосфере. Установлено, что высокая степень корреляции между значениями интенсивностей 557.7 (I557.7), полученными по спутниковым данным и наземными измерениями, позволяет применять спутниковые и модельные данные для калибровки наземной измерительной аппаратуры. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК.

При общей положительной оценке работы имеются следующие незначительные замечания:

1. В выводах к Главе 2 автор утверждает, что «Разработан программный комплекс, направленный на систематизацию и обеспечение доступности спутниковых сведений о параметрах атмосферы Земли. Также разработаны алгоритмы для обработки, фильтрации и визуализации спутниковой информации...». В связи с этим возникает 2 вопроса: (а) что понимается под обеспечением доступности спутниковых сведений; (б) хотелось бы понять, что конкретно нового автор включил в этот программный комплекс. Например, обработка данных, описанная в разделе 2.2.2, «по силам» уже существующим и активно используемым программам, таким как CDO (Climate Data Operators), или даже GRADS.

2. Расчет концентрации O в разделе 3.2 производится с использованием разных наборов коэффициентов, однако не обсуждается, зачем это сделано, в чем суть различия этих коэффициентов.
3. Утверждение, что «ВСП обнаруживаются над сибирскими обсерваториями за 5–7 дней до начала мажорных ВСП.», встречается в тексте диссертации несколько раз, однако суть его требует уточнения.
4. В подписи к Рис 28 следует заменить «Среднегодовые значения» на «годовой год» или «сезонный ход».
5. На большинстве рисунков в главе 4, при сопоставлении спутниковых данных и ИФП, наблюдается очень слабое соответствие (рис. 27, 33, 34, 36); на рис. 28 по ИФП не прослеживается годовой ход. В главе 5 данные о температуре на рис. 37 и 38 абсолютно разные, также при сравнении с моделью. Проводились ли работы по калибровке/верификации прибора, сравнению с другой наземной аппаратурой? И в целом, какие данные более корректны: спутниковые или наземные?
6. На рис. 49 остро не хватает вывода значимости рассчитанных аномалий на фоне малого числа учтенных ВСП.

Заключение

Диссертационное исследование Саункина Андрея Витальевича является законченным научным исследованием, которое содержит решение ряда важных задач, связанных с исследованием изменчивости интенсивности свечения атомарного кислорода 557.7 нм и температуры области мезопаузы над Восточной Сибирью спутниковыми и наземными инструментами. Работа соответствует пп. 1, 2, 3, 4 паспорта специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате» и требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Андрей Витальевич Саункин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате».

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук по специальности 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы», профессором Кафедры физики атмосферы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Ковалем Андреем Владиславовичем.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Кафедры физики атмосферы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» 26.02.2026, протокол № 44/12/13-02-2.

Согласны на обработку персональных данных при размещении отзыва в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Заведующий Кафедрой физики атмосферы СПбГУ
доктор физико-математических наук, профессор



Е.Ф. Михайлов

Доктор физико-математических наук,
профессор Кафедры физики атмосферы СПбГУ



А.В. Коваль

Подписи заверяю: *Е.Ф. Михайлов, А.В. Коваль*

И.о. начальника
отдела кадров № 3
И.И. Константинова

Кочев
04.03.2026



Сведения о ведущей организации

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