

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Михайлова Евгения Федоровича на диссертацию Попова Андрея Алексеевича на тему «Сезонная и межгодовая изменчивость активности внутренних гравитационных волн по наблюдениям ночных свечений в области мезопаузы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

В диссертации А. А. Попова исследуются мезомасштабные внутренние гравитационные волны (ВГВ) в области мезосферы и нижней термосферы (МНТ). Актуальность проблемы обусловлена тем, что ВГВ способны распространяться до верхних слоев атмосферы и переносить энергию и импульс, оказывая воздействие на динамический и тепловой режимы и на формирование климатических изменений. Наблюдения вариаций характеристик свечений ночного неба является одним из способов мониторинга термодинамического режима и состава верхней атмосферы.

Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения и списка литературы. Содержит 109 страниц, включая 30 рисунков, 4 таблицы и библиографию из 104 наименований. Во введении описаны актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, описаны научная новизна и практическая ценность полученных результатов, отмечены достоверность и личный вклад автора, сформулированы положения, выносимые на защиту и кратко изложено содержание работы.

В первой главе сделан краткий обзор свойств атмосферных ВГВ. Описаны особенности их генерации и распространения, а также их влияние на общую динамику атмосферы. Кратко описаны оптические методы исследования ночных свечений в области МНТ и результаты этих наблюдений.

Во второй главе описаны использованные в диссертации данные о ночной эмиссии гидроксила. Усовершенствованы различные модификации разностной цифровой фильтрации, которая обеспечивает стабильность функции пропускания фильтра в условиях изменений длительности сеансов и больших перерывов в ночных оптических измерениях. Эта фильтрация впервые применена для анализа данных наблюдений вариаций вращательной температуры молекулы ОН вблизи мезопаузы. Такой подход также впервые позволил сделать статистическую оценку вклада некогерентного шума инструментальной и турбулентной природы и его коррекцию.



В главе 2 также представлены полученные результаты о сезонных и многолетних изменениях интенсивности мезомасштабных возмущений вращательной температуры ОН и характеристик ВГВ. Получены новые уточненные данные о сезонных и межгодовых изменениях среднемесячной вращательной температуры ОН, а также среднемесячных стандартных отклонений их ее возмущений с периодами в диапазоне 0,8 – 11 ч, связанные с распространением ВГВ вблизи мезопаузы. Средние сезонные изменения последних обычно имеют максимумы зимой и летом. Положения этих максимумов и максимальные значения могут различаться на разных станциях наблюдений из-за различий в орографии и струйных течений в нижней и средней атмосфере, а также из-за различий спектров горизонтальных длин волн ВГВ вследствие разной геометрии наблюдений на разных станциях.

Полученные новые данные о многолетних вариациях месячных относительных стандартных отклонений ВГВ демонстрируют общий рост, продолжавшийся до 2013 – 2014 годов и снижение после этого. Эти изменения сильнее для более низкочастотных ВГВ и слабее при коротких периодах ВГВ, который могут быть связаны с различиями в условиях генерации и распространения ВГВ с разными периодами.

В третьей главе приводится описание модернизированной численной модели распространения спектра волновых мод ВГВ, а также использованных фоновых полей ветра и температуры которые соответствуют координатам использованных различных пунктов наблюдений ночной эмиссии ОН. Впервые для координат пунктов систематических наблюдений ночной эмиссии ОН выполнено численное моделирование распространения спектра ВГВ в реалистичных фоновых полях ветра и температуры.

Произведено сравнение полученных результатов с результатами оптических наблюдений мезомасштабных возмущений ночной эмиссии ОН и характеристик ВГВ в области МНТ. Общее сходство сезонных вариаций модельных амплитуд ВГВ и наблюдаемых дисперсий мезомасштабных возмущений вращательной температуры ОН является дополнительным свидетельством того, что интенсивность мезомасштабных возмущений вращательной температуры ОН вблизи мезопаузы может зависеть от интенсивности источников и от профилей фоновых характеристик средней атмосферы на пути распространения волновых пакетов в различные сезоны и в разных географических пунктах.

Разработанные методы анализа экспериментальных данных и численного моделирования могут быть использованы для исследования данных о волновых вариациях на широкой

международной сети наблюдений ночных свечений в области МНТ и о вращательной температуре в пунктах мировой наблюдательной сети. Основные результаты исследований докладывались на 6-ти российских и международных симпозиумах и конференциях, а также отражены в 12-ти научных публикациях.

Среди недочетов работы можно упомянуть следующее:

- 1) Из текста диссертации неясно, кем получена эмпирическая зависимость (2.6)?
- 2) В работе отсутствует моделирование распространения ВГВ для станции Алма-Ата, данные которой анализировались

Однако, эти замечания не умаляют общего благоприятного впечатления от диссертации. Подтверждаю, что диссертация Попова Андрея Алексеевича на тему: “Сезонная и межгодовая изменчивость активности внутренних гравитационных волн по наблюдениям ночных свечений в области мезопаузы” соответствует основным требованиям, установленным Приказом № 11181/1 от 19.11.2021 "О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете", поэтому Попов Андрей Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 - Науки об атмосфере и климате. Нарушений пунктов 9 и 11 упомянутого порядка в диссертации обнаружено не было.

Член диссертационного совета

доктор физико-математических наук,  
профессор, зав. кафедрой физики атмосферы СПбГУ

Михайлов Е. Ф.

03.02.2023

