

ОТЗЫВ

**официального оппонента Шалимова Сергей Львовича на
диссертационную работу Кудабоевой Дины Айтжановны
«Экспериментальное исследование структуры мезосферной облачности
Северного полушария», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 –
физика атмосферы и гидросферы**

Изучение закономерностей появления и свойств мезосферных (серебристых) облаков (С.О.) имеет большое значение для понимания причин изменения климата средней атмосферы и непосредственно затрагивает сложные вопросы так называемой космической погоды. Серебристые облака важны для исследователей и как индикатор волновых движений в верхней мезосфере – области, недостаточно изученной инструментально. В связи с этим диссертационная работа Кудабоевой Д.А., посвященная изучению структуры мезосферной облачности с помощью созданного алгоритма обработки космических фотоснимков со спутника AIM, получению и анализу многолетних пространственно-временных массивов площади мезосферной облачности, является актуальной.

Диссертационная работа объемом 103 страницы состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы из 80 наименований, в том числе 29 на русском и 51 на иностранных языках, иллюстрирована 33 рисунками и 9 таблицами. Содержание диссертации основано на публикациях автора и соответствует им. По основным результатам, представленным в диссертации, опубликовано 10 работ, в том числе в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах (Геомagnetизм и аэрономия, Geophysical Research Letters, Известия НАН РК).

Во введении автором дана краткая характеристика темы исследования, обоснована актуальность работы, приводится формулировка целей и задач, а также описана структура диссертации. Отмечается личный вклад автора в полученные результаты и апробация работы.

В первой главе приведен обзор литературы по теме диссертации. Дано описание различных наземных и космических методов исследования серебристых облаков, представлены основные теоретические и

экспериментальные результаты изучения мезосферной облачности на момент начала изучения этого вопроса автором диссертации.

Во второй главе дано описание многолетне-осредненного сезонного изменения во времени глобальной площади мезосферных облаков на основе данных спутника АИМ, а также особенностей изменения площади облачности для отдельных сезонов. В этой же главе проведено сопоставление среднемноголетних кривых площади и частоты появления С.О. по данным спутника АИМ, по которым определены приблизительные временные диапазоны первого появления и исчезновения С.О. Здесь же автором исследован временной ход остаточных разностей: «наблюдаемая площадь поля минус вычисленное значение». По результатам обработки, получено, что типичные периоды гармонических функций заключены в пределах от 18 до 27 суток.

В третьей главе представлены результаты исследования долготной и широтной неоднородностей площадей, занятых серебристыми облаками в Северном полушарии по данным, полученным аппаратом CIPS со спутника АИМ в период с 2007 по 2012 гг. Для анализа использованы ежесуточные изображения полей мезосферных облаков, полученных аппаратом CIPS со спутника АИМ в летние сезоны 2007–2012 гг., в одно и то же местное солнечное время (22–24 ч) в интервале широт $50\text{--}80^\circ\text{ N}$ равномерно по всем долготам. Для изучения долготного распределения мезосферной облачности приполярная область Северного полушария была разделена на 8 долготных секторов по 45° , отсчет которых в восточном направлении начинается от меридиана Гринвича. В пределах каждого сектора определялась площадь, занятая серебристыми облаками Северного полушария. Далее определялось отношение площади облачности в данном долготном секторе к средней по всем секторам площади мезосферной облачности. По результатам этого исследования автор констатировал, что устойчиво меньшие площади характерны для серебристых облаков в секторах, соответствующих Восточной Сибири и Канаде. В то же время абсолютный максимум достигается в секторе Дальний Восток – Берингово море, а также близкие к максимуму величины площадей достигаются в секторе Аляска.

Выводы, приведенные выше, были уточнены автором здесь же путем проведения более детального исследования по той же методике для выделенных широтных зон. С учетом широтных ограничений, присутствующих в исходных данных, весь широтный диапазон был разделен на три кольцевые широтные области: первая от 80 до 70 градусов с.ш.

(полярная); вторая от 70 до 60 градусов (субполярная) и третья от 60 до 50 градусов (умеренная). Имея заданную структуру разбиения изображений и следуя детально изложенному подходу расчёта площади, занятой С.О., были определены площади, занятые облачностью в каждой из выделенных зон. Обращает на себя внимание то, что, как и для долготных секторов в целом, площадь облачности достигает максимальных значений в области над крайним востоком Азии и крайним западом Северной Америки – Аляской. С учетом достаточно крупных масштабов неоднородностей облачности, далее автором логично поставлен вопрос: какое соотношение гармоник стационарных планетарных волн проявляется в разных широтных поясах. Применение к данным о площадях облачных сегментов стандартную процедуру одного из вариантов дискретного Фурье-анализа (основанную на методе наименьших квадратов) позволило автору получить информацию об амплитудах первой, второй и третьей гармоник для каждой широтной зоны. В конце главы содержатся основные выводы, касающиеся полученных автором результатов.

Четвертая глава посвящена анализу состояния вопроса о влиянии тропосферных метеорологических процессов на возникновение серебристых облаков и наблюдаемых в них структур. В главе детально рассмотрен случай наблюдения внутренних гравитационных волн в серебристых облаках с помощью стереокиносъемки, проведенной в ночь с 18 на 19 июля 2013 г. вблизи Москвы. При анализе использованы изображения с двух синхронизированных автоматических цифровых камер, расположенных в гг. Красногорске и Обнинске (Подмосковье), ведущих непрерывный мониторинг активности С.О. в Северном полушарии. На основании расчета траекторий волн с помощью усовершенствованного варианта численной модели (Погорельцев, Перцев, 1995) распространения атмосферных гравитационных волн и сопоставления его результатов с метеорологическими данными на момент наблюдения и на несколько часов раньше, был определен источник наблюдаемых гравитационных волн тропосферного происхождения, а именно, фронт окклюзии. В конце главы содержатся основные выводы, касающиеся полученных автором результатов.

В заключении сформулированы наиболее значимые результаты и выводы, полученные в работе.

Диссертационная работа представляет собой в целом завершенное научное исследование. Работа четко структурирована, хорошо написана, содержит достаточно полную библиографию по рассмотренным проблемам. Краткие

результаты по главам позволяют оценить собственный вклад автора. Объем и качество представленных научных материалов достаточен для обоснования сформулированных выше выводов, а интерпретация полученных результатов в целом достоверна и не противоречит известным физическим теориям и результатам других авторов.

К научной новизне работы можно отнести следующие основные результаты:

1. Впервые в мировой геофизике на основе спутниковых данных создана методика вычислений вариаций размеров площади, занятой мезосферной облачностью, на планетарном масштабе.

2. На основе фотоизображений космического мониторинга, полученных спутником АИМ, рассчитан массив данных о суммарной площади полей серебристых облаков в Северном полушарии для шести летних сезонов (2007 – 2012 гг.).

3. Анализ полученных временных рядов позволил обнаружить повторяющуюся из сезона в сезон общую временную закономерность изменения площади, занимаемой серебристыми облаками Северного полушария. Показано, что это изменение достаточно хорошо описывается параболической функцией.

4. Выявлены как общая сезонная закономерность, связанная с возникновением, развитием и деградацией глобальной площади серебристых облаков, так и отклонения от нее, а именно, 19 – 27 суточные осцилляции площади, амплитуда и период которых отличается от сезона к сезону.

5. Обнаружены долготные особенности (стационарные возмущения планетарного масштаба) в распределении площадей серебристых облаков, которые соответствуют фазе стационарных волн в период максимального развития мезосферных облаков (июнь-июль). Показано, что наибольшие относительные превышения площади мезосферной облачности обнаруживаются на широтах $50-60^{\circ}$ N в Урало-Западносибирском регионе.

6. Выявленные долготные особенности в площадях мезосферной облачности описаны как стационарные планетарные волны. Они являются первым в мировой геофизике надежным свидетельством существования заметных по амплитуде стационарных планетарных волн в летней полярной верхней мезосфере.

7. На основе анализа наблюдавшихся в ночь с 18 на 19 июля 2013 года вблизи Москвы С.О. изучено действие механизма тропосферно-мезосферных связей на образование мезосферной облачности за счет генерации гравитационных волн в тропосфере и последующего проникновения их в мезосферу. Таким образом, установлено существование связи между метеорологическими структурами в нижних слоях атмосферы и процессами, ответственными за возникновение серебристых облаков.

Вместе с тем, по рассмотренной диссертационной работе можно сделать несколько замечаний:

- 1) Защищаемые положения, содержащиеся во Введении, а также в автореферате, сформулированы как описание того нового, что было сделано автором, тогда как их следовало бы формулировать как новые научные положения или утверждения.
- 2) Обнаруженные автором диссертации крупномасштабные структуры мезосферных облаков, обусловленные стационарными планетарными волнами, не сопровождаются обсуждением процессов, которые могли бы привести к этим структурам.
- 3) Имеют место досадные опечатки, небрежность и неточность при оформлении списка литературы

Перечисленные замечания и недостатки не снижают в целом высокий уровень диссертации, поскольку не затрагивают суть работы. Основные выводы и положения, выносимые на защиту, содержательны и хорошо обоснованы. Достоверность и новизна научных результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах, обсуждениями на конференциях и семинарах. Исследования, ставшие основой диссертации, соответствуют уровню мировой науки (что подтверждается похожими результатами иностранных исследователей, выполненными одновременно или несколько позже результатов Д.А.Кудабаевой). Содержание диссертации полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, действующим Положением о присуждении ученых степеней. Материалы диссертации могут быть полезны широкому кругу специалистов, занимающихся научно-исследовательской работой в области физики атмосферы.

Оценивая работу Д.А. Кудабаевой, можно утверждать, что диссертация представляет собой законченное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов

удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Д.А. Кудобаева, безусловно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук
(специальность 25.00.29 - Физика атмосферы и гидросферы)
заведующий лабораторией тектоно-электромагнитных взаимодействий (401)
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики
Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (сокращенно - ИФЗ РАН)

Шалимов Сергей Львович
25 сентября 2017 г.

Почтовый адрес: 123242 Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр.1
Тел.: 8 (499) 254-91 50
E-mail: pmsk7@mail.ru

Я, Шалимов Сергей Львович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Д.А. Кудобаевой, и их дальнейшую обработку.

Шалимов Сергей Львович
25 сентября 2017 г.

Подпись зав. лабораторией 401 д.ф.-м.н, С.Л. Шалимова заверяю.
Ученый секретарь ИФЗ РАН
к.ф.-м.н.



Погорелов В.В.