



УТВЕРЖДАЮ

Врио Директора ИСЗФ СО РАН

д.ф.-м.н.

Медведев А.В.

"24"

августа 2017 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Кудабаевой 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.

Изучению уникального природного явления - серебристые облака (СО) на высотах мезосферы в исследованиях по физике верхней атмосферы в последние десятилетия уделяется большое внимание. Во многом, это обусловлено возможностью использования фиксируемых вариаций характеристик этих облаков в качестве трассера наблюдаемых климатических изменений, происходящих в верхних слоях атмосферы Земли. В этой связи, необходимо отметить, что практически до настоящего времени содержание множества работ, начиная с момента первых наблюдений СО в России в 1885 году, в основном были посвящены результатам, связанным с исследованиями причин их возникновения, описаниям частоты появления и их пространственно-временного поведения. В диссертации Кудабаевой Д.А. целенаправленно представленные исследования в основном посвящены изучению закономерностей вариаций размеров площадей серебристых облаков, наблюдавшихся в Северном полушарии Земли, а также получению результатов и аналитических соотношений, характеризующих и описывающих связь и воздействие различных активных динамических процессов в нижних слоях атмосферы на характеристики СО. Результаты рассматриваемой работы получены на основе анализа данных спутникового и наземного фотометрического мониторинга СО, охватывающего период 2007-2012 гг. Важно подчеркнуть, что полученные результаты и выводы работы позволили впервые использовать СО не просто как объект изучения, а как новый инструмент для исследования различных геофизических явлений и процессов в нижних слоях атмосферы, влияющих на температурный и динамический режим верхней мезосферы. В этой связи, впервые разработанная автором диссертации методика вычислений вариаций размеров площади СО в

Северном полушарии, позволившая выявить их закономерности (многолетний сезонный ход, межгодовые вариации, долготные вариации), полученный массив данных о наблюдаемых вариациях размеров площади СО с суточным шагом для шести летних сезонов, а также исследование механизма взаимодействия между тропосферой и мезосферой, обусловленного волнами различного временного масштаба, представляют не только фундаментальный научный интерес, но и имеют практическую значимость для решения ряда проблем климатологии, а также для понимания механизмов обмена энергией и взаимодействия между различными слоями атмосферы. Все это и определяет актуальность проведенных в диссертации исследований.

В представленной диссертационной работе автором были решены следующие взаимосвязанные научные задачи:

1. Впервые на основе данных спутниковых измерений разработана методика и создана программа для вычислений вариаций размеров площадей СО и создан архив данных об их суммарных площадях в Северном полушарии для шести летних сезонов (2007 - 2012 гг.).
2. С помощью полученного архива пространственно-временных данных о вариациях площадей СО выполнен анализ их климатических характеристик с целью выявления статистических закономерностей вариаций размеров площадей мезосферных облаков на высоких широтах Северного полушария (многолетний сезонный ход, межгодовые вариации, долготные вариации).
3. Впервые на длительном, непрерывном ряде данных исследована динамика долготных особенностей в распределении глобального поля серебристых облаков и их связь со стационарными планетарными волнами.
4. На основе данных комплексных наземных измерений проведено исследование механизма тропосферно-мезосферных связей на образование СО за счет генерации гравитационных волн в нижних слоях атмосферы и проникновения их в мезосферу.

Рассмотрим далее основные положения и выводы диссертации на предмет их актуальности, новизны, достоверности и практической значимости.

### **Актуальность работы.**

К настоящему времени при исследованиях серебристых облаков накоплен большой объем экспериментальной информации об их характеристиках, об их высотной

локализации, о частоте появления, а также динамике развития их пространственно-временного поведения. Кроме того было выполнено много работ, посвященных исследованию и изучению условий и механизмов их возникновения. Дальнейший путь изучения СО связывался с попытками использовать все эти параметры и достижения, полученные при их изучении при исследованиях наблюдаемых климатических изменений, происходящих в последнее столетие. Для этих целей использовались результаты различных визуальных и аппаратурных наблюдений (работы Томаса, Гадздена, Шредера, фон Зана и др.). На основе всех этих исследований был получен ряд интересных результатов и выводов о связях характеристик СО с наблюдаемым охлаждением атмосферы на высотах мезопаузы и нижней термосферы. Однако существует ряд задач, не получивших окончательного решения. Одной из таких задач является разработка новых эффективных методов анализа и поиск новых параметров наблюдаемых возмущений в СО (эту возможность дают новые средства мониторинга - регистрация площадей СО), которые позволили бы использовать их для контроля термодинамического состояния верхних слоев атмосферы на высотах мезопаузы, включая динамические процессы в нижних слоях атмосферы. В работе Кудабаевой Д.А. впервые предложено использовать для исследования климатических изменений характеристики атмосферы в области мезопаузы вариации размеров площади СО, наблюдаемых с космических аппаратов в Северном полушарии. Для этой цели автором был получен ряд аналитических соотношений, описывающих связь наблюдаемых вариаций размеров площади СО (многолетний сезонный ход, межгодовые изменения, долготные вариации и др.) с изменениями характеристик атмосферы на высотах мезопаузы. Важными являются и результаты исследований вариаций СО, обусловленных процессами взаимодействия между нижней и верхней атмосферой за счет внутренних гравитационных волн.

Таким образом, изучение всех этих сложных динамических процессов, обуславливающих вариации размеров регистрируемых площадей СО и их пространственно-временное распределение, связывающих состояние верхних слоев атмосферы и различные метеорологические процессы в нижних слоях атмосферы, имеют теоретическое и практическое значение и определяет актуальность исследований, представленных в диссертации.

## **Новизна исследования**

Автором, при комплексном подходе к решению задачи, связанной с исследованием структуры СО, впервые выполнено исследование динамики вариаций площадей мезосферной облачности в масштабах Северного полушария. Исследование проведено на основе разработанного оригинального метода и созданного программного обеспечения, позволивших вычислять временные и пространственные вариации размеров площади глобального поля мезосферных СО по данным измерений облачности с борта спутника AIM в период 2007-2012 гг. Новый метод, разработанный соискателем, не требует предварительного численного моделирования процессов образования облачных структур в области мезопаузы, что выгодно отличает его от других методов и подходов к исследованию динамики многолетних изменений структуры СО и возможных геофизических процессов, ответственных за наблюдаемые структурные изменения. Используемый разработанный метод по обработке фотографий облаков со спутника позволил соискателю создать архив данных о суммарной площади полей серебристых облаков в Северном полушарии для шести летних сезонов. Анализ полученных временных рядов позволил выявить общую временную закономерность изменения площади глобального поля СО Северного полушария, хорошо описываемую параболической функцией, и обнаружить 19-27 суточные изменения площади, величина и период которых отличались в наблюдаемые летние периоды от года к году.

Следует отметить результаты по исследованию долготных особенностей в распределении глобального поля С.О. Впервые было показано, что они имеют устойчиво повторяющийся характер фазы стационарных волн, проявляющийся в наибольшем относительном превышении площади мезосферной облачности на широтах 50-60° N в Урало-Западносибирском регионе. Выявленные закономерности долготных особенностей вариаций площадей СО автором описаны как стационарные планетарные волны, что впервые подтвердило существования заметных по амплитуде стационарных планетарных волн в летней полярной верхней мезосфере.

Интересным и важным является представленный в работе результат исследований по изучению механизма влияния тропосферно-мезосферных связей на образование мезосферной облачности за счет генерации гравитационных волн в тропосфере и последующего проникновения их в мезосферу. Используя данные триангуляционных измерений отдельных фрагментов СО, полученных сетью фотокамер, созданной в ИФА

им. А.М. Обухова РАН на средних широтах, на основании проведенного обратного лучевого трассирования с помощью численной модели распространения атмосферных гравитационных волн с учетом диссипации и произвольных профилей температуры и скорости ветра (Погорельцев, Перцев, 1995) и метеорологических данных, был определен источник наблюдаемых гравитационных волн тропосферного происхождения, а именно, фронт окклюзии. Этот факт явился серьезным подтверждением существования связи между метеорологическими динамическими процессами в нижних слоях атмосферы и процессами, ответственными за возникновение серебристых облаков.

Таким образом, новизна полученных результатов и выводов состоит в том, что благодаря выполненным автором экспериментальным и теоретическим исследованиям, получены количественные оценки вариаций глобальных полей СО, характеризующих термодинамическое состояние атмосферы на высотах мезопаузы. Выявлены закономерности наблюдаемых вариаций размеров площади СО, которые обусловлены воздействием планетарных волн и влиянием мощных нестационарных процессов, протекающих в нижних слоях нейтральной атмосферы. Полученные результаты имеют важное значение для понимания устойчивости и трендов климата средней атмосферы и земной климатической системы в целом.

### **Достоверность результатов**

Представленные в диссертации выводы и положения являются новыми и научно обоснованными. Достоверность полученных в работе результатов определяется использованием современных данных космического зондирования и наземных наблюдений, а также современных статистических методов их обработки. Адекватность полученных результатов устанавливалась в каждом конкретном случае путем сопоставления с последними модельными представлениями и результатами теоретических исследований и экспериментальными данными, полученными ранее другими авторами.

### **Практическая значимость работы и рекомендации по использованию**

Разработанные Кудабаевой Д. А. методика и алгоритм решения для вычисления пространственно-временных вариаций размеров площадей глобальных полей мезосферных СО по данным спутниковых и наземных измерений могут быть использованы в организациях, где проводятся исследования средней и верхней атмосферы, для анализа

данных о вариациях температуры, влажности и ветра, таких как ИСЗФ СО РАН, ИФА им. А.М. Обухова РАН, ИКИ РАН, ИДГ РАН, ЦАО Росгидромет.

Значимость полученных в диссертации результатов определяется тем, что они позволяют дополнить современные представления о тропосферно-мезосферных связях и механизмах передачи энергии между различными атмосферными слоями, а также стимулируют дальнейшие исследования обнаруженных в диссертации высокоширотных стационарных планетарных волн.

Отмеченные недостатки.

В то же время, диссертационная работа не лишена недостатков.

1. Прежде всего, автор использует данные измерения со спутника AIM, наклонение орбиты которого составляет 97.90. В базе данных результатов фотоизображений СО имеются данные и облачности в Южном полушарии. Почему соискатель не попытался исследовать глобальную общепланетарную картину вариаций распределения размеров площади СО, а ограничился только Северным полушарием?

2. В Таблице 5 (Глава 3) представлены межгодовые и долготные вариации размеров площади С.О. Видно, что в ряде различных долготных секторов наблюдаются синхронные изменения площади мезосферных СО. Однако в работе этот факт не нашел своего достаточного рассмотрения и необходимого объяснения.

3. Хотелось бы отметить, что при сопоставлении долготных вариаций площади СО с долготными вариациями меридиональных ветров (Глава 3) отсутствует детальное рассмотрение выявленного эффекта, а просто он заявляется лишь как возможный механизм наблюдаемых вариаций площади мезосферной облачности.

Имеется и ряд неточностей в тексте работы.

Так на стр. 17 указаны годы работы спутников NASA «TIMED» и «Aura» как (2002-2011 гг.) и (2005-2011 гг.), соответственно, тогда как оба спутника в настоящее время продолжают свою работу на орбите.

Рисунки 31-33 в печатном экземпляре диссертации выполнены в черно-белом варианте, тогда как в подписях к рисунку и в тексте раздела 4.2 обсуждаются цветные обозначения.

На стр. 86. используется термин «амплитуда источника», тогда как амплитуда

может быть у волны, но не у источника.

Отмеченные недостатки и сделанные замечания и не влияют на высокую оценку рассматриваемой работы.

Подытоживая рассмотрение данной работы, можно сделать заключение, что представленная диссертация Кудабаевой Д.А. является законченным научным исследованием, в котором содержится решение задачи - разработка новой методической базы для анализа вариаций температуры, влажности и ветра верхней атмосферы Северного полушария по данным наблюдений вариаций мезосферных СО.

Диссертация общим объемом 103 страниц содержит введение, четыре главы, заключение, список цитируемой литературы, состоящий из 80 ссылок. Работа написана информативно и ясным языком, удачно иллюстрирована. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и отечественных конференциях, опубликованы в 10 научных публикациях, включая 3 в ведущих рецензируемых журналах, включенных в список ВАК.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Таким образом, диссертация Кудабаевой Д.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи - разработка новой методической базы для анализа вариаций температуры, влажности и ветра верхней атмосферы Северного полушария по данным наблюдений вариаций мезосферных СО.

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

Отзыв составлен снс Лаборатории Физики нижней и средней атмосферы Института Солнечно-Земной физики СО РАН к.ф.-м.н. Медведевой И.В..

Медведева И.В.

664033, г. Иркутск, Лермонтова 126а, ИСФ СО РАН  
тел.: (3952) 428265, (3952) 564531, e-mail: ivmed@iszf.irk.ru  
специальность 25.00.29

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре Отдел физики околоземного космического пространства ИСЗФ СО РАН, протокол № 107 от 16.08.2017 г.

Председатель семинара:  
Д.Ф.-м.н.

Ташилин А.В.

664033, г. Иркутск, Лермонтова 126а, ИСФ СО РАН  
тел.: (3952) 428265, (3952) 564531, e-mail: avt@iszf.irk.ru

Подписи Медведевой И.В. и Ташилина А.В. удостоверяю,  
Ученый секретарь ИСФ СО РАН  
к.ф.-м.н.



Салахутдинова И.И.