

ОТЗЫВ

на диссертацию Перцева Николая Николаевича

«Регулярная и нерегулярная изменчивость температуры и характеристик серебристых облаков в области среднеширотной мезопаузы», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Изучению температурной и динамической изменчивости средней атмосферы Земли, в том числе области мезопаузы и нижней термосферы (МНТ), в исследованиях по физики верхней атмосферы в последние десятилетия уделяется большое внимание. Во многом, это обусловлено тем, что в этой области атмосферы происходит активное преобразование энергии поглощенного ультрафиолетового излучения Солнца и энергии, транспортируемой широким спектром волн из нижней атмосферы. Вследствие этого в ней происходят многочисленные пространственно-временные изменения структурных и динамических характеристик, которые отображают природу и механизмы происходящих явлений, таких, как, например, образование мезосферных облаков, в свою очередь, несущих информацию о тенденции многолетних изменений влажности, аэрозольного состава и температуры. Кроме этого все эти обстоятельства связаны сложнейшими взаимодействиями с другими атмосферными слоями и оболочками Земли, что вызывает необходимость численного моделирования состояния средней атмосферы, а также дальнейшего изучения механизмов воздействия солнечного и космического излучений на МНТ. Решение всех этих сложных физических процессов, учитывающих взаимодействие между различными слоями атмосферы, требует тщательного исследования, что и определяет **актуальность** представленной работы.

Диссертационная работа Перцева Н. Н. и посвящена изучению изменчивости температурного режима области мезопаузы и мезосферной облачности по данным многолетних наблюдений и спектрофотометрических измерений характеристик ряда эмиссий в собственном свечении верхних слоев атмосферы. Известно, что по сравнению с тропосферой параметры верхней атмосферы более чувствительны к воздействию как естественных, так и антропогенных факторов. Это обстоятельство позволяет обеспечить уверенный мониторинг многолетних изменений температурного режима и состава атмосферы Земли.

Оригинальность и новизна работы заключается в следующем.

Разработана и реализована методика сетевого фотомониторинга серебристых облаков в северном полушарии, дополненного локальной стереофотограмметрией. Показано, что эта сеть позволяет изучать пространственные перемещения в серебристых облаках на масштабах от 10^2 до 10^7 м.

На основе уникальной региональной базы данных наблюдений серебристых облаков вблизи Москвы, при активном участии автора диссертации получен самый длинный временной ряд годовых вероятностей появлений серебристых облаков в ясную ночь летнего сезона.

Впервые проведено сопоставление сетевых наземных наблюдений появления и яркости серебристых облаков в масштабе северного полушария со спутниковыми данными о температуре и влажности, которое подтвердило существование насыщенного водяного пара как необходимое условие наблюдаемости серебристых облаков.

Перцевым Н.Н. в соавторстве разработан уникальный алгоритм учета фонового ветра при распространение атмосферных гравитационных волн из нижней атмосферы в верхнюю. На его основе создана новая численная модель, позволяющая рассчитывать распространение волн с учетом фоновых профилей температуры и ветра, а также диссипации.

В результате анализа многолетних измерений с помощью эмиссии гидроксила температуры мезопаузы впервые дано самосогласованное количественное описание всех основных составляющих ее изменчивости, включая оценки дисперсий температуры в различных диапазонах периодов.

Показано, что межгодовая изменчивость температуры мезопаузы в большой степени определяется изменением солнечной активности. Вклад последней в дисперсию межгодовых колебаний составил 30% в летний сезон, 60% в зимний.

Впервые исследованы долготные неоднородности температуры области мезопаузы во время стратосферных потеплений. Показано, что локальный ход температуры во время стратосферных потеплений существенно отличается от среднеширотного.

Для периода 1976-1991 гг. по среднемесячным профилям температуры средней атмосферы построена модель ее плотности, которая позволила дать количественные оценки скорости ее оседания в этот период.

Работа логична по структуре. В ней последовательно рассматриваются: характерные особенности области мезопаузы и методы измерений температуры и других ее характеристик (Глава 1); регулярные циклические процессы в области мезопаузы - годовой цикл, суточный цикл и лунные приливы (Глава 2); нерегулярные процессы изменчивости этой области на временных масштабах от внутрисуточного до многолетнего (Глава 3), а также вопросы, связанные с распространением и воздействием гидродинамических волн, прежде всего планетарных и гравитационных, на исследуемую область (Глава 4).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, и приложения. Она изложена на 273 страницах, включая список литературы, который содержит 435 ссылок, 21 таблицу и 97 иллюстраций.

Во Введении дается общая характеристика диссертации, определяется цель исследования, обосновывается актуальность диссертационной работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, а также раскрывается научная новизна и личный вклад автора.

Первая глава посвящена анализу современных методов измерений температуры и других характеристик области мезопаузы. Основную часть объема этой главы занимает описание методов, используемых автором, для измерений спектров собственного инфракрасного излучения атмосферы в области мезопаузы и для отслеживания полей серебристых облаков. Кроме этого, автором кратко описаны метеорный метод измерений ветра в верхней атмосфере, метод изучения пространственных неоднородностей полей свечения, поляризационный метод, риометрический метод, а также многочисленные методы дистанционного электромагнитного или звукового зондирования. Представлено также описание существующих методов ракетных измерений параметров верхней атмосферы.

Вторая глава посвящена описанию исследований регулярной цикличности температурного режима области мезопаузы, которые выполнялись в основном с помощью

многолетних измерениях температуры по гидроксильному излучению на Звенигородской обсерватории. Найденный годовой цикл впервые детально сопоставляется с результатами других измерений. Для солнечного прилива даются оценки температурных амплитуд первых трех гармоник по всей совокупности измерений выполненных на широтах 50-55°N. В разделе, посвященному лунным приливам, представлены результаты гармонического анализа составляющих лунного прилива. Некоторые из оценок значимых гармоник получены впервые.

В третьей главе подробно описаны используемые методы обработки данных с целью изучения различных компонент нерегулярной изменчивости и рассматриваются результаты этой обработки и последующего анализа вариаций температуры и других характеристик области мезопаузы. Обосновываются причины трактовки солнечной цикличности как нерегулярного процесса. Для всех основных компонент нерегулярной изменчивости температуры, полученной по гидроксильному излучению, даются количественные оценки. Представлены регрессионные зависимости их от солнечной активности. Автором предложены оптимальные алгоритмы построения многолетних временных рядов среднесезонных характеристик серебристых облаков с учетом изменчивых погодных условий. Предложенные алгоритмы практически реализованы для анализа московской и некоторых других баз данных наблюдений серебристых облаков. На основе анализа полученных в этой главе временных рядов обоснован тезис об отсутствии значимых трендов в характеристиках серебристых облаков за последние несколько десятилетий. Приводится сопоставление результатов наземных наблюдений с данными многолетних спутниковых измерений мезосферной облачности. Показано хорошее согласие оценок трендов по различным базам данных. Подробно обсуждаются имеющиеся данные по трендам в температуре, содержании водяного пара и характеристиках серебристых облаков и необходимая взаимосвязь между ними.

Глава четвертая посвящена выявлению и моделированию гидродинамических волн в области мезопаузы, главным образом, планетарных и гравитационных. Совокупность гидродинамических волн в средней атмосфере описывается в их взаимосвязи и взаимозависимости. В рассматриваемом разделе представлены новые результаты по исследованию планетарных волн и резонансных («нормальных

атмосферных») мод в области мезопаузы, их выявлению и моделированию. Автором работы подробно описаны результаты, связанные с моделированием распространения атмосферных гравитационных волн из нижних слоев атмосферы в верхние. В итоге была создана так называемая численная модель Погорельцева – Перцева, ставшая удобным инструментом для расчета их распространения. В обсуждаемой главе представлены также результаты по выявлению так называемых мезосферных фронтов. Они были получены по данным фотосъемки серебристых облаков с привлечением спутниковых измерений. Это нелинейно-волновые объекты, в которых возникают резкие перепады температуры и других параметров среды. Впервые дается статистика мезосферных фронтов по этим данным. В последнем разделе Главы 4 приводятся важные выводы о поведении планетарных и гравитационных волн во время стратосферных потеплений. В частности, обращается внимание на зависящие от долготы сильные изменения вертикального градиента температуры в области мезопаузы, которые влияют на ансамбль гравитационных волн в этой области.

В Заключении автором сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Список публикаций автора по теме диссертации включает в себя 50 статей в отечественных и зарубежных реферируемых журналах. Для указанных журнальных публикаций подавляющее большинство изданий соответствуют списку ВАК, а также охвачено библиографическими системами «Web of Science» и «Scopus».

Полученные автором результаты являются достоверными, поскольку подтверждаются адекватностью полученных теоретических результатов, установленной в каждом конкретном случае путем сопоставления с результатами теоретических исследований, выполненных ранее другими авторами, и экспериментальными данными, а также обоснованием корректности методов обработки данных собственных и других измерений.

Случаи кажущегося несовпадения разных результатов тщательно разбираются соискателем в диссертации и публикациях, как это было, например, с анализом тренда в спутниковых измерениях мезосферной облачности. Необходимо отметить, что ряд представленных в диссертации результатов уникальны, поскольку получены при помощи средств, не имеющих аналогов в мире (к ним относится сеть северного полушария по автоматическому фотомониторингу серебристых облаков).

При общей положительной оценке диссертации Н.Н. Перцева нужно, тем не менее, дать некоторые замечания:

1. Описывая на с. 63 особенности статистики серебристых облаков и ее возможную связь с количеством ядер конденсации, было бы правильно не ограничиваться указаниями на метеорные ядра конденсации, но отметить также важную роль гидратированных ионов.
2. Подробное описание (с. 119-120) нескольких гипотез, нацеленных на воспроизведение нечеткой периодичности квазидвухлетнего колебания, не имеет прямого отношения к теме диссертации.
3. При изложении материала диссертации в условиях действительно большого объема работы и своих публикаций автор, в общем и целом, разумно балансирует между желанием дать все детали проведенных исследований и все возможные обоснования сделанных выводов и необходимостью отфильтровывать второстепенное. Однако при этом некоторые из результатов автора недостаточно сопоставляются с другими результатами последних лет. Так, оценку амплитуды температуры лунного полусуточного прилива, показанную в Табл. 2.3.3., а именно, не более 0.9 К, можно было бы сопоставить с эмпирической моделью Paulino и др. [2013], которая доведена как раз до широты $\pm 50-55^\circ$ и отметить отсутствие расхождений.
4. Та же статья Paulino подтверждает гипотезу Н. Н. Перцева, объясняющую, почему лунный полусуточный прилив обнаруживается в отношении интенсивности различных полос гидроксила и не достигает статистической значимости для гидроксильной температуры. «Различное поведение двух характеристик гидроксильного слоя» автор диссертации объясняет тем, что первая из них «определяется вертикальными смещениями этого слоя, вызванных изменениями профиля атомарного кислорода», а «полусуточный прилив в меньшей степени ... проявляется в температуре гидроксильного слоя из-за осреднения ее по значительной толщине слоя» (с. 86). Нужно отметить, что эта гипотеза работает лишь при существенном изменении характеристик полусуточного прилива по высоте. Эмпирическая модель Paulino и др. как раз и показывает значительное изменение свойств полусуточного прилива с высотой, в частности, трехкратное усиление летней полусуточной волны от высоты 81 км до высоты 90 км (широта 50°).

Сделанные замечания не влияют на высокую оценку рассматриваемой работы

Подытоживая рассмотрение данной работы, можно сделать заключение, что представленная диссертация является крупным научным исследованием, в результате которой решена важная научная проблема – разработка новой методической базы для анализа температурного режима области мезопаузы и мезосферной облачности по данным многолетних наблюдений и спектрофотометрических измерений характеристик ряда эмиссий в собственном свечении верхних слоев атмосферы. Кроме теоретических результатов в диссертации решена научно-практическая задача наземного фотомониторинга серебристых облаков в масштабах северного полушария. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Перцева Н.Н. «Регулярная и нерегулярная изменчивость температуры и характеристик серебристых облаков в области среднеширотной мезопаузы» является законченной научной работой, свидетельствует о высокой научной квалификации ее автора, и отвечает критериям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а сам Николай Николаевич Перцев безусловно заслуживает присуждению ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор, директор ФГБУ «ИПГ»



Лапшин Владимир Борисович

29 сентября 2015 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова», 129128, Москва, ул. Ростокинская, д. 9.

Телефон: +7(499)187-81-86

E-mail: director@ipg.geospace.ru, lapshin@ipg.geospace.ru

Подпись В.Б. Лапшина заверяю:
Ученый секретарь ФГБУ «ИПГ»,
к.ф.-м.н.

Хотенко Елена Николаевна

30 сентября 2015 г.