

Утверждаю

Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского
Государственного Университета
Туник С.П.



01 октября 2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу 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.

Предметом диссертационной работы Н.Н. Перцева являются разнообразные физические процессы в области среднеширотной мезопаузы – высот, где реализуются самые низкие значения температуры атмосферы. Данная область атмосферы является переходной между слоем атмосферы, тепловой режим которой в основном контролируется переносом теплового инфракрасного излучения, формирующего парниковый эффект атмосферы, и более высоким слоем, особенности которого в основном определяются поглощением солнечного ультрафиолетового излучения. Физика переходных слоев особенно сложна, и автор диссертации продемонстрировал полное понимание физических процессов, имеющих место в области мезопаузы, а также знание всех методов исследования этих процессов.

В диссертацию вошли исследования Н.Н. Перцева, длящиеся уже в течение более 30 лет. Тот огромный материал, который представлен в диссертации, можно грубо разбить на три тематических блока. Это исследования серебристых или мезосферных облаков, вариаций температуры средней атмосферы и динамических возмущений в мезосфере и нижней термосфере.

Структурно диссертация состоит из главы 1, характеризующей особенности области мезопаузы и дающей обзор методов ее исследования, главы 2, описывающей регулярную

цикличность в области мезопаузы, - годовые, суточные и лунно-приливные колебания, главы 3, посвященной нерегулярным возмущениям изучаемого слоя, начиная от внутрисуточных возмущений и заканчивая многолетними трендами, и главы 4, излагающей результаты по распространению гидродинамических волн в средней атмосфере и их воздействию на изучаемую область. Список использованных источников содержит 435 ссылок. Всего в диссертации 273 страницы, включающих большое число таблиц и 97 рисунков и фотоснимков.

Далее рассмотрим последовательно основные достижения соискателя по каждому блоку исследований.

Серебристые облака. Серебристые облака – уникальное явление в области мезопаузы высоких и средних широт летом, когда из-за аномального понижения температуры мезопаузы водяной пар конденсируется в ледяные частицы. Важность наблюдений серебристых облаков в том, что облака дают представление о температуре и влажности в области мезопаузы и визуализируют эффекты атмосферных волн. Бум исследований серебристых облаков приходился на середину прошлого века. В те годы по проблеме серебристых облаков в СССР работала целая плеяда ученых-энтузиастов – Бронштэн В.А., Васильев О.Б., Виллман Ч.И., Гришин Н.И., Фаст Н.П., Хвостиков И.А. Они обеспечивали стране ведущие позиции в мире в исследованиях серебристых облаков. Отрадно, что соискатель продолжает их дело, но на новом, современном уровне подхода к проблеме.

При активном участии Н.Н. Перцева была создана международная сеть автоматических фотокамер для регистрации серебристых облаков (САФСО) и разработана методика скоординированных наблюдений на сети. Благодаря тому, что в московской группе наблюдателей серебристых облаков проводились специально организованные наблюдения серебристых облаков по единой программе в течение нескольких десятилетий, соискателю и его соавторам удалось построить самые длинные в мире ряды наблюдений серебристых облаков, учитывающие погодный фактор. Из результатов наблюдений этих облаков особо следует выделить установление отсутствия статистически значимого тренда их характеристик повсеместно в северном полушарии за последние 25 лет, что, безусловно, повышает роль наблюдений серебристых облаков в исследовании динамики атмосферы. Важным результатом является также обнаруженное соискателем запаздывание сезонного максимума серебристых облаков по отношению к температурному минимуму.

Температура средней атмосферы. Температурный режим средней и верхней

атмосферы вообще и области мезопаузы в частности является постоянным объектом изучения многочисленных исследователей. Температура и ее вариации являются индикаторами динамических процессов разного масштаба. Наблюдения вариаций температуры также позволяют исследовать степень воздействия на атмосферу солнечной активности и антропогенного фактора. Важно подчеркнуть, что вариации температуры средней и верхней атмосферы в значительной степени очищены от региональных эффектов, чего нельзя сказать про наблюдения в нижней атмосфере. В Лаборатории физики верхней атмосферы ИФА РАН, где работает соискатель, проблемой температуры и ее вариаций занимались с момента основания Лаборатории как в отношении измерений температуры по свечениям неба (в основном по эмиссиям гидроксила), так и в отношении построения эмпирических моделей температурного режима средней атмосферы по наземным спектрофотометрическим, ракетным и спутниковым данным.

Новые результаты, которые получил соискатель, являются в большой степени следствием обработки им рядов звенигородских наблюдений свечения гидроксила в «нулевых» и «десятих» годах этого века. Найдены амплитуды и фазы сезонных колебаний температуры вплоть до 3-ей гармоники. Результаты, представленные в диссертации, демонстрируют хорошую устойчивость найденных амплитуд и фаз по отношению к диапазону лет, взятых для осреднения, и по отношению к географическому положению пункта измерений [сравниваются измерения в Звенигороде (эффективные координаты 57° N, 36° E) и Торах (52° N, 103° E)]. Установлен вклад в изменение температуры квазидвухлетней осцилляции и, главное, 11-летнего цикла солнечной активности. Выявлено запаздывание процессов в средней атмосфере по отношению к этому циклу, что ждет своего объяснения.

Другое направление «температурной» деятельности соискателя – это построение набора эмпирических моделей вертикальных профилей температуры и плотности средней атмосферы (слой 25–110 км) для каждого сезона каждого года 15-летнего интервала (1976–1991 г.г.) для пояса широт $45\text{--}60^{\circ}$ с.ш. Соискатель, пользуясь температурными профилями и аэрологическими данными о плотности на высоте 25 км, довел расчеты до создания математической модели и продемонстрировал, как понижаются изолинии температуры и плотности во всей средней атмосфере между двумя солнечными минимумами и двумя максимумами. Напомним, что антропогенное потепление нижней атмосферы сопровождается ростом высоты и понижением температуры тропопаузы, а температурный профиль средней атмосферы «привязывается» к температуре тропопаузы. Таким образом,

результаты, полученные соискателем, представляют важное доказательство, что в последней четверти прошлого века происходило потепление нижней атмосферы.

Динамические возмущения в области мезопаузы. Область мезопаузы подвергается разнообразным динамическим воздействиям. Во-первых, это атмосферные волны – внутренние гравитационные или мезомасштабные волны, приливы (как солнечные термические, так и лунные гравитационные), стационарные планетарные волны, обусловленные неоднородностью земной поверхности, и собственные колебания атмосферы или волны Россби, которые в диссертации фигурируют под названием нормальные моды. Кроме того в области мезопаузы имеются нерегулярные движения, сопровождающие зимние внезапные потепления стратосферы. Сравнительно недавно обнаружены движения воздушных масс, характерной особенностью которого является наличие подвижных фронтов, эти массы разделяющие. Исследование динамических возмущений – традиционное направление исследований Лаборатории физики верхней атмосферы ИФА РАН: напомним, что по данным наблюдений характеристик ряда эмиссий в собственном свечении неба основатель Лаборатории В.И. Красовский открыл эффект модуляции параметров наблюдаемых эмиссий гравитационными волнам, проходящими через эмиссионные слои. Соискатель продолжил динамические исследования в Лаборатории.

Сеть САФСО с привлечением спутниковых измерений температуры позволила выявить 2- и 5-суточные волны Россби по наблюдениям серебристых облаков гораздо более уверенно, чем раньше. Кроме того, именно совместные наблюдения с использованием стереофотограмметрии позволили впервые детально исследовать мезосферный фронт. По данным САФСО соискателем впервые представлена статистика этих фронтов.

Ряд результатов по динамике области мезосферы, представленных в диссертации, получен по измерениям вариаций температуры, извлеченным из наблюдений свечений гидроксила. Во-первых, неожиданным результатом обработки звенигородских данных является обнаружение относительно сильных колебаний температуры с периодом не только в половину лунного синодического месяца (это было известно и раньше), но и полумесячных колебаний несколько меньшего периода, связанных со склонениями Луны. Этот результат требует дальнейших исследований. Важно отметить, что автор диссертации, в отличие от других авторов, исследовавших полумесячные лунные эффекты в области мезопаузы, описывает и подробно анализирует возможные физические механизмы, которые могли бы вызвать такие колебания. Во-вторых, по спутниковым данным WINDII/UARS было детально

исследовано поведение стационарных планетарных волн. Наконец, по звенигородским наблюдениям с привлечением спутниковых данных выявлены долготные вариации температуры, сопровождающие стратосферные потепления и возникающие благодаря суперпозиции стационарных планетарных волн и бегущих волн Россби, а также продемонстрированы сильные изменения в приливной и гравитационно-волновой активности во время этих потеплений. Соискатель обращает особое внимание на сильное взаимовлияние друг на друга гравитационных волн, планетарных волн и среднего зонального потока.

Кроме того, в диссертации представлены результаты численного моделирования динамических процессов. Это, прежде всего, выявление роли волн Россби во время стратосферных потеплений, продемонстрированное в рамках модели общей циркуляции атмосферы. Во-вторых, это моделирование влияния распространения гравитационных волн на концентрацию атомного кислорода. Наконец, соискатель исследовал особенности распространения гравитационных волн в верхней мезосфере и термосфере для реалистичных вертикальных профилей фоновых температуры и ветра, используя модели этих волн.

Касательно решения модельных задач распространения гравитационных волн, однако, имеется замечание. Почему ничего не говорится о турбулентных вязкости и теплопроводности, которые в турбосфере (с высот ниже примерно 110 км) многократно превышают свои молекулярные аналоги, упоминаемые соискателем? Поскольку соискатель обсуждает диссипацию волн в турбосфере (см., например, рисунки 4.3.6 и 4.3.7), данный вопрос требует ответа.

Общее заключение. Актуальность темы диссертации хорошо обоснована соискателем и не вызывает сомнений. В диссертации дан ряд решений важных научных задач, шесть из которых оформлены автором как теоретические положения, выносимые на защиту и еще две можно рассматривать как серьезный методический прорыв в исследованиях области мезопаузы. Во всех этих случаях результаты являются новыми. Результаты работ автора неоднократно докладывались, во многих случаях лично, на всероссийских и международных конференциях.

Сделанное замечание не затрагивает основных результатов диссертации и вынесенных на защиту теоретических положений, которые получены впервые и представляют собой значительный вклад в исследования области мезопаузы.

Н.Н. Перцев занимается исследованиями мезопаузы более 30 лет, и в заметной части публикаций фигурирует как первый автор, поэтому его значительный личный вклад в

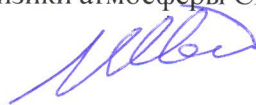
представленные в диссертации результаты сомнений не вызывает. Несомненно, представленные автором диссертации научные результаты являются достоверными. Это подтверждается использованием современных стандартных методов анализа данных, а также сопоставлением результатов с данными других исследовательских групп. Научная и практическая значимость проведенных в процессе подготовки диссертации исследований косвенно подтверждается 12-ю проектами, поддержанными РФФИ, участием в работах по программам Президиума РАН и в проекте МНТЦ, а также большим числом ссылок в российской и зарубежной литературе на его работы.

Соискатель продемонстрировал полную информированность по современному состоянию знаний по каждой проблеме. Его исследования не только внесли существенный вклад в знания по серебристым облакам, температуре и динамике средней атмосферы, но и задают направления будущих исследований. Н.Н. Перцева по праву можно считать одним из лидирующих ученых в мире по рассмотренным проблемам. Исключительно велик объем представленной в диссертации новой информации. Она содержится в 50 публикациях, подавляющее большинство которых это статьи в престижных рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Автореферат полностью соответствует результатам диссертации.

Диссертация Н.Н. Перцева является законченным научным исследованием, имеющим практическое значение и представляющим большой научный интерес, содержащим новые значимые результаты и перспективные методические решения. Она соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., по требованиям к докторским диссертациям: совокупность полученных соискателем результатов исследований и разработанных теоретических положений, представленных в диссертации, можно квалифицировать как крупное научное достижение. Поэтому Перцев Николай Николаевич заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук.

Отзыв составлен профессором Кафедры физики атмосферы СПбГУ д.ф.-м.н. Шведом Г.М.



Швед Г.М.

198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, ул. Ульяновская 1,
Санкт-Петербургский государственный университет,
тел.: (812) 428-43-49, (812) 764-16-48, e-mail: shved1936@gmail.com

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре Кафедры физики атмосферы СПбГУ,
протокол № 8 от 17.09.2015 г.

Председатель семинара:

Д.ф.-м.н.

198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, ул. Ульяновская 1,
Санкт-Петербургский государственный университет,
тел.: (812) 428-44-86, e-mail: tim@jt14934.spb.edu

Тимофеев Ю.М.

Секретарь семинара:

К.ф.-м.н.

198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, ул. Ульяновская 1,
Санкт-Петербургский государственный университет,
тел.: (812) 428-45-72, e-mail: ryshkevich_t@mail.ru

Рышкевич Т.И.

Подписи Г.М. Шведа, Ю.М. Тимофеева и Т.И. Рышкевич заверяю,

