

ОТЗЫВ

Официального оппонента Мингалёва Игоря Викторовича
на диссертационную работу Горинова Дмитрия Алексеевича
«Циркуляция ночной атмосферы Венеры»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия

Диссертация Д.А. Горинова посвящена исследованию особенностей динамики атмосферы Венеры на ночной стороне на уровне верхней мезосферы и нижнего облачного слоя по данным наблюдений в ближнем инфракрасном диапазоне, выполненных приборами на борту орбитальных станций «Венера-Экспресс» и «Акацуки».

Венера исследуется космическими аппаратами с 1960-х годов, и интерес к исследованию Венеры со стороны мировых космических агентств не уменьшается.

Важными особенностями атмосферы Венеры являются наличие плотного облачного слоя в интервале высот от 44 до 72 км, наличие зональной суперротации на высотах ниже 90 км, и наличие на высоте более 95 км и выше распределения горизонтальной компоненты ветра с переносом из подсолнечной точки в противосолнечную точку через полярные области и нисходящее движение на ночной стороне ближе к вечернему меридиану в районе экватора.

Основными источниками информации о циркуляции атмосферы Венеры являются наблюдения верхней границы облачного слоя в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, а также наблюдения на ночной стороне свечений в ближнем инфракрасном диапазоне молекулярного кислорода на высотах 95-100 км, свечений монооксида азота NO на высотах 110-120 км и свечений угарного газа в субмиллиметровом диапазоне на высотах 70-120 км. Для высот менее 60 км были проведены измерения вертикальных профилей скорости ветра на спускаемых аппаратах АМС серии Венера, а также Vega-1 и Vega-2.

Целью диссертационной работы является исследование динамических характеристик распределений горизонтальной составляющей скорости ветра на ночной стороне Венеры с помощью анализа данных о перемещении областей свечения кислорода на длине волны 1,27 мкм на высотах 90–110 км, и по перемещению на уровне нижнего облачного слоя на высотах 44–48 км деталей облачного покрова, светящихся на длине волны 1,74 мкм в окне прозрачности.

Динамика атмосферы Венеры в этих диапазонах высот ранее была слабо изучена. Диапазон высот 90–110 км расположен в переходной области между двумя главными режимами циркуляции венерианской атмосферы – зональной суперротацией и ячейкой переноса с освещенной Солнцем стороны на неосвещенную. Нижний облачный слой находится во влиянии режима суперротации, вместе с тем проявляя значительные вариации скорости ветра от времени. Изучение динамики атмосферы Венеры на ночной

стороне является актуальной задачей. В работе использовался метод ручного измерения скорости ветра по изменению положений неоднородностей ночного свечения O_2 на изображениях, полученных спектрометром VIRTIS-M в канале 1,27 мкм в достаточно близкие моменты времени. Таким образом, актуальность темы диссертации и используемых в ней методов исследований не вызывает сомнений, а полученные автором результаты вполне обоснованы и обладают как научной новизной, так и практической значимостью.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации и приведен обзор предшествующих экспериментальных исследований и теоретических подходов к анализу их данных. Кроме того, описаны цели и задачи работы, научная новизна и практическая значимость работы, а также сформулированы выносимые на защиту положения и изложено содержание работы.

В первой главе приводится описание инфракрасных данных, полученных спектрометром VIRTIS-M в канале 1,27 мкм, описывается специфика наблюдений и алгоритм расчёта горизонтальной скорости ветра. Проведен детальный анализ полученных результатов расчета горизонтальной скорости ветра и установлены важные закономерности в динамике атмосферы Венеры. В частности, получено распределение поля скоростей ветра на высоте 90–110 км для Южного полушария, показана связь циркуляции с термическим приливом. Обнаружено влияние рельефа подстилающей поверхности на циркуляцию. Впервые в атмосфере Венеры обнаружены замкнутые вихревые течения.

Вторая глава посвящена исследованию циркуляции нижнего облачного слоя по изображениям, полученным спектрометром VIRTIS-M на длине волны 1,74 мкм в период времени с 2006 по 2008 годы. Впервые были полностью обработаны все данные, полученные прибором VIRTIS в канале 1,74 мкм, и получена база данных векторов горизонтальных скоростей на высоте нижнего облачного слоя Венеры. Впервые обнаружены среднеширотный джет и фрагменты ветвей прямой ячейки Хэдли в нижнем облачном слое, означающие наличие меридионального переноса. Наличие прямой ячейки Хэдли было предсказано по результатам численного моделирования общей циркуляции атмосферы Венеры с помощью разных моделей.

В третьей главе рассмотрено поведение горизонтального потока по данным камеры IR2 аппарата «Акацуки». Впервые были полностью обработаны все данные, полученные камерой IR2 в канале 1,74 мкм в 2016 году, и получена база данных векторов горизонтальных скоростей на высоте нижнего облачного слоя Венеры в дополнение к базе данных прибора VIRTIS, описанной в Главе 2. Обсуждается появление экваториального джета, отсутствовавшего в данных VIRTIS-M. По результатам сравнения с результатами изменения скорости ветра, полученными ранее на дневной стороне Венеры, делается вывод о наблюдении среднего облачного слоя в

данных IR2 и предположение, что различие высот наблюдаемых слоёв в разных экспериментах может быть связано с фазой цикла солнечной активности.

Полученные результаты имеют значительную практическую ценность. Распределение скоростей ветра на ночной стороне и их временные вариации могут быть использованы для верификации и адаптации численных моделей циркуляции атмосферы Венеры. Выявленные особенности динамики атмосферы должны быть учтены при подготовке научных приборов для исследования Венеры будущими космическими аппаратами.

Основные результаты диссертации, вынесенные на защиту, являются новыми, важными и достоверными. Эти результаты опубликованы в 5 статьях из списка рецензируемых журналов ВАК и вносят существенный вклад в понимание динамики атмосферы Венеры. Текст автореферата полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Горинова Д.А. удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент Мингалев Игорь Викторович,
доктор физико-математических наук,
директор Полярного геофизического института
Отзыв составлен 18 мая 2026 г.

 Мингалев И.В.

Даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, а также их дальнейшую обработку.

 Мингалев И.В.

Подпись И.В. Мингалева заверяю,
Ученый секретарь
Полярного геофизического института



 Попова Т.А.
18 мая 2026 г.

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена докторская диссертация: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Почтовый адрес: 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Академгородок, д. 26а, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный геофизический институт»,
телефон: +7 (815 55) 76 530, E-mail: mingalev_i@pgia.ru