

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский физико-технический
институт (национальный
исследовательский университет)»



Баган Виталий
Анатольевич

«16» апреля 2021г.

Отзыв ведущей организации на диссертацию
ПАЦАЕВОЙ МАРИНЫ ВСЕВОЛОДОВНЫ
**«ДИНАМИКА ВЕРХНЕГО ОБЛАЧНОГО СЛОЯ ВЕНЕРЫ ПО ДАННЫМ КАМЕРЫ
VMC ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ «ВЕНЕРА ЭКСПРЕСС»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия

Диссертационная работа Пацаевой Марины Всеволодовны посвящена исследованию особенностей динамики атмосферы Венеры на уровне верхней границы облачного слоя по результатам многолетних наблюдений камеры VMC (Venus Monitoring Camera) орбитальной станции «Венера Экспресс» в ультрафиолетовом канале (365 нм). Данный эксперимент, наряду с наблюдениями при помощи изображающего спектрометра VIRTIS, впервые позволил охватить глобальную динамику атмосферы Венеры на протяжении длительного периода времени.

При безусловном приоритете результатов исследований Венеры советскими автоматическими станциями, выполненных в 70-80-е годы двадцатого века, эти наблюдения были существенно ограничены в пространстве и во времени. В то же время, режим общей циркуляции атмосферы планеты, существенно отличающийся от земного и характеризующийся зональной суперротацией, требует осуществления долгосрочного мониторинга поля скоростей ветра с максимально полным покрытием по широте, долготе и местному времени. Такой мониторинг верхней границы облачного слоя в южном полушарии Венеры был выполнен при помощи многоканальной камеры VMC международной орбитальной станции «Венера-Экспресс», проработавшей на орбите

планеты около 9 лет (с 2006 по 2015 г). Верхний облачный слой, доступный для наблюдений в ультрафиолетовой области спектра, представляет особый интерес для исследования глобальной динамики атмосферы, поскольку именно на этом уровне в узком интервале высот (менее 10 км) формируется термический прилив, отвечающий, по современным представлениям, за поддержание зональной суперротации. В связи с этим, исследование верхнего облачного слоя является чрезвычайно актуальной задачей для понимания глобальной динамики всей венерианской атмосферы. Об актуальности этой задачи также свидетельствуют многочисленные публикации на основе аналогичных данных, полученных при помощи камеры ультрафиолетового диапазона UVI миссии японского космического агентства JAXA «Акацуки», а также планируемые эксперименты в рамках индийской миссии «Шукраян» и российской «Венера-Д».

На основе результатов, полученных автором диссертационного исследования при анализе УФ изображений с помощью разработанного ею корреляционного метода, показано влияние рельефа подстилающей поверхности на динамику атмосферы в экваториальных широтах. В средних широтах обнаружена и исследована связь приливной Y – структуры с направлением ветра, его скоростью и высотой верхней границы облачного слоя. Оба результата являются новыми и опубликованы в высокорейтинговых международных журналах, широко цитируются и признаны научным сообществом.

Диссертация состоит из введения, где обосновывается актуальность работы и её новизна и формулируются выносимые на защиту положения, из трёх глав и заключения. В конце работы представлены выводы, список литературы, список сокращений и приложения.

Глава 1 посвящена описанию корреляционного метода, с помощью которого по полученным УФ изображениям (365 нм) камеры VMC была синтезирована база векторов смещения деталей в изображениях облачного слоя (всего более 170 000 векторов). Также в главе описываются технические детали эксперимента VMC, описывается специфика наблюдения и особенности используемых УФ изображений. Рассмотрены задачи, которые необходимо было решить при создании метода, описаны особенности его работы, сделаны оценки чувствительности и ожидаемых ошибок метода.

В **Главе 2** приведены результаты исследования глобального поля скоростей ветра на уровне верхней границы облачного слоя в экваториальной области (от 0° до 30° ю.ш.) и, более детально – в районе высокогорной области Земля Афродиты. Рассмотрены зависимости зональной и меридиональной скоростей от местного времени. Подтверждена гипотеза о влиянии рельефа подстилающей поверхности на зональную компоненту

скорости ветра. Впервые показано, что минимум зональной скорости наблюдается в полдень над наиболее высокой областью Земли Афродиты (Область Овды). Обнаружено смещение минимума зональной скорости, связанного с Землёй Афродиты, с увеличением широты в направлении суперротации, при одновременном увеличении скорости в области минимума. Впервые обнаружено влияние рельефа подстилающей поверхности на меридиональную компоненту скорости ветра от 0° до 30° ю.ш. Показано, что уменьшение зональной скорости, связанное с солнечным приливом (13-14 ч) и уменьшение скорости, обусловленное влиянием рельефа поверхности в полдень, вместе приводят к широкому минимуму зональной скорости над Областью Овды между 11 и 14 часами.

В **Главе 3** рассмотрены особенности поведения горизонтального потока при появлении крупномасштабных структур облачного покрова в средних широтах (от 30° до 60° ю.ш.). Впервые показано, что ветвь Y-структуры, наблюдаемая на изображениях VMC в средних широтах южного полушария Венеры, характеризуется изменением направления движения атмосферных масс и большей (до несколько десятков м/с) скоростью ветра. Подтверждено наличие солнечно-связанной структуры в поле скоростей горизонтального потока на средних широтах и исследовано изменение его направления в зависимости от местного времени. При сравнении с результатами по положению верхней границы облаков, полученными по одновременным независимым измерениям VIRTIS-M/VEX, впервые показано, что темные области Y-структуры расположены на 1.5 – 2 км выше окружающего облачного слоя.

В **Заключении** сформулированы основные результаты работы.

Все полученные в диссертации результаты актуальны, удовлетворяют требованиям новизны и вносят существенный вклад в понимание динамики атмосферы Венеры. Полученные результаты должны быть учтены при подготовке будущих миссий при формировании комплекса научной аппаратуры. В связи с тем, что на данный момент не существует моделей атмосферы Венеры, которые бы полностью воспроизводили её динамику во всех деталях, полученные в данной работе результаты могут быть полезны при построении моделей общей циркуляции атмосферы Венеры. Разработанный диссертанткой автоматизированный корреляционный метод показал свою эффективность и может быть применён при исследовании изображений в рамках будущего проекта «Венера-Д».

Положения, выносимые на защиту, достоверны и обоснованы. По теме диссертации опубликовано 6 статей в рецензируемых изданиях и сделано 17 докладов на конференциях. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Замечания к содержанию диссертации

Работа выполнена на достаточно старых, хотя и актуальных до сих пор данных. Венера Экспресс прекратила существование в начале 2015 г. С 2015г на орбите Венеры работает орбитальная станция JAXA «Акацуки», на борту которой установлена камера UVI, получающая изображения в УФ диапазоне. В настоящий момент часть данных находится в открытом доступе. Обработка этих данных программным обеспечением диссертанта и сравнения с полученными результатами добавила бы актуальности работе. В тексте диссертации присутствуют опечатки и стилистические погрешности. В частности, преимущественно во введении (например, на странице 5), встречаются слишком длинные предложения, мешающие восприятию.

Указанные замечания не снижают ценности диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку. Рассматриваемая диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Представленная работа безусловно заслуживает высокой оценки, а ее автор Пацаева Марина Всеволодовна - присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия.

Отзыв обсуждён и одобрен на совместном семинаре лаборатории прикладной инфракрасной спектроскопии и НТЦ мониторинга окружающей среды и экологии 16.04.2021.

Заведующий лабораторией
прикладной инфракрасной спектроскопии



А.В.Родин

Исполнительный директор
НТЦ мониторинга
окружающей среды и экологии

к.ф.-м.н.

Родин Александр Вячеславович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», <https://mipt.ru>
141700 Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок 9.
+7 9166173377
rodin.av@mipt.ru

Директор Физтех-школы Аэрокосмических Технологий
к.т.н.



С.С. Негодяев

Негодяев Сергей Серафимович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», <https://mipt.ru>
141700 Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок 9.
+7 (495) 408-76-09
negodiaev.ss@mipt.ru