

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 002.113.04 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук, 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул. д.

84/32, по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета № 1 от 12 мая 2021 г. протокол № 2 заседания № 1 от 12 мая 2021 г. о присуждении Пацаевой Марине Всеволодовне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Динамика верхнего облачного слоя Венеры по данным камеры VMC орбитальной станции «Венера Экспресс» в виде рукописи по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 05 марта 2021 г. (протокол № 1 заседания № 1 от 5 марта 2021 г.) диссертационным советом Д 002.113.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук, 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул. д. 84/32, приказ Минобрнауки N 25/нк от 28.01.2021 г.

Соискатель Пацаева Марина Всеволодовна, гражданка РФ, 1962 года рождения, окончила физический факультет Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в 1985 году. С 1985 года работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) стажёром-исследователем, программистом. С 2015 года Пацаева М.В. работает в должности младшего научного сотрудника Отдела физики планет и малых тел Солнечной системы.

Диссертация выполнена в Отделе физики планет и малых тел Солнечной системы ИКИ РАН.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Засова Людмила Вениаминовна, ведущий научный сотрудник, заведующая Лабораторией спектроскопии планетных атмосфер Отдела физики планет и малых тел Солнечной системы ИКИ РАН.

Официальные оппоненты:

Чхетиани Отто Гурамович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, заведующий Лаборатория геофизической гидродинамики, заместитель директора ФГБУН Института физики атмосферы им. А.М.Обухова Российской академии наук и

Мингалёв Игорь Викторович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Сектора вычислительного эксперимента ФГБУН Полярного геофизический института Российской академии наук

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ) в своём положительном отзыве, составленном

кандидатом физико-математических наук, заведующим Лабораторией прикладной инфракрасной спектроскопии, исполнительным директором НТЦ мониторинга окружающей среды и экологии Родиным Александром Вячеславовичем, и кандидатом технических наук, директором Физтех-школы Аэрокосмических Технологий Негодяевым Сергеем Серафимовичем, и утверждённом проректором по научной работе МФТИ, кандидатом физико-математических наук Баганом Виталием Анатольевичем, отмечает, что результаты, полученные в диссертации Пацаевой М.В. вносят существенный вклад в понимание динамики атмосферы Венеры, рассматриваемая диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия».

Соискатель имеет **8** опубликованных работ, в том числе в рецензируемых журналах **8** работ, по теме диссертации опубликовано **5** работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано **5** работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Patsaeva, M.V., Khatuntsev, I.V., Zasova, L.V., Hauchecorne, A., Titov, D.V., Bertaux, J.-L. Solar Related Variations of the Cloud Top Circulation Above Aphrodite Terra From VMC/Venus Express Wind Fields // *Journal of Geophysical Research: Planets*. 2019. V.124, P.1864–1879. <https://doi.org/10.1029/2018JE005620>.
2. Patsaeva, M.V., Khatuntsev, I.V., Patsaev, D.V., Titov, D.V., Ignatiev, N.I., Markiewicz, W.J., Rodin, A.V. The relationship between mesoscale circulation and cloud morphology at the upper cloud level of Venus from VMC/Venus Express // *Planetary and Space Science*. 2015. V.113(08), P.100-108. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2015.01.013>.
3. Khatuntsev, I.V., Patsaeva M.V., Titov D.V., Ignatiev N.I., Turin A.V., Limaye S.S., Markiewicz W.J., Almeida M., Roatsch T., Moissl R. Cloud level winds from the Venus Express Monitoring Camera imaging // *Icarus*. 2013. V.226(1), P.140-158. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.05.018>.

На автореферат поступило два положительных отзыва: от доктора физико-математических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Отдела физики плазмы Института общей физики им. Прохорова Нины Николаевны Скворцовой и от кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Европейского Космического Агентства Научного руководителя миссии ESA Марс Экспресс Дмитрия Вячеславовича Титова.

На диссертацию поступил положительный отзыв от кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ИКИ РАН Игоря Валерьевича Хатунцева в котором сделано следующее замечание: «Исследования построены на анализе данных, полученных за весь рассматриваемый период времени, 7.5 лет. Это, безусловно, имеет ценность, т.к. позволяет обнаружить крупномасштабные закономерности, представленные в диссертации. Тем не менее,

обнаруженное увеличение зональной скорости в экваториальных широтах, наблюдаемое за период работы орбитальной станции «Венера Экспресс», о котором соискатель упоминает во введении, предполагает наличие изменений в динамике атмосферы, которые стоило рассмотреть дополнительно. Данное замечание можно рассматривать как рекомендацию диссертанту для будущих исследований».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации определялся их авторитетом в научном сообществе, компетентностью в астрофизике, звёздной астрономии и физике атмосферы, которые подтверждаются публикациями в международных и российских журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Для анализа УФ изображений (365 нм) камеры VMC орбитального аппарата «Венера Экспресс» разработан и реализован автоматизированный корреляционный метод. Метод предоставил возможность обработать большие объёмы данных и получить более 170 тысяч векторов скорости ветра на верхней границе облаков Венеры (70 ± 2 км). Данный ряд векторов является беспрецедентным по продолжительности наблюдений (7.5 лет) и обеспечивает полное долготно-широтное покрытие южного полушария Венеры. Методика, используемая при анализе корреляционных функций, позволила получить для индивидуальных орбит поля скоростей в зависимости от долготы и широты и исследовать изменение характера циркуляции от орбиты к орбите. С помощью данного метода был обработан самый продолжительный за всю историю исследования Венеры ряд наблюдений.

Полученный массив данных был использован для анализа зависимости зональной и меридиональной компонент скорости горизонтального потока от долготы, широты и местного времени.

Была подтверждена зависимость зональной компоненты скорости ветра от рельефа поверхности, а также впервые было показано, что минимум зональной скорости наблюдается в полдень над наиболее высокой областью Земли Афродиты (Областью Овды), а изолинии скорости ветра повторяют контуры рельефа поверхности.

Исследование поведения горизонтального потока в экваториальной области планеты ($0-30^\circ$ ю.ш.), представленные в диссертации, демонстрируют смещение минимума зональной скорости, связанного с Областью Овда, в направлении суперротации с увеличением широты при одновременном увеличении скорости в области минимума.

Впервые было обнаружено влияние рельефа подстилающей поверхности на меридиональную компоненту скорости ветра от 0° до 30° ю.ш.

Исследование поведения горизонтального потока в зависимости от местного времени показали, что солнечно-связанная зависимость (солнечный прилив) скорости горизонтального потока на широтах, близких к экватору, проявляется в уменьшении величины как зональной, так и

меридиональной компонент скорости ветра после полудня (в 13-14 ч). Уменьшение зональной скорости, связанное с солнечным приливом и уменьшение скорости, обусловленное влиянием рельефа поверхности в полдень, вместе приводят к широкому минимуму зональной скорости над Областью Овды между 11 и 14 часами.

При исследовании средних широт (от 30° до 60° ю.ш.) было обнаружено, что видимое изменение в поведении среднеширотного джета связано с присутствием на изображении крупномасштабной детали облачного покрова, являющейся частью (ветвью) Y-структуры. 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.

Была подтверждена солнечно-связанная зависимость скорости горизонтального потока на средних широтах и исследовано изменение его направления в зависимости от местного солнечного времени.

При сравнении с результатами по положению верхней границы облаков, полученными по одновременным независимым измерениям спектрометра VIRTIS-M орбитального аппарата «Венера Экспресс» было показано, что темные области Y-структуры расположены на 1.5-2 км выше окружающего облачного слоя.

Научная и практическая значимость исследования обоснована тем, что:

Полученные результаты вносят существенный вклад в понимание динамики атмосферы Венеры и будут полезны 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 в соответствии с известными наблюдениями, полученные в данной работе результаты могут быть полезны при построении моделей общей циркуляции атмосферы Венеры (GCM).

Разработанный автоматизированный корреляционный метод показал свою эффективность и был использован при анализе инфракрасных изображений (965 нм) камеры VMC. В настоящий момент метод применяется для анализа изображений видимого канала (513 нм) камеры VMC и изображений, получаемых камерой UVI японской космической станции «Акацуки». Разработанный метод может быть применён при исследовании изображений в рамках будущего проекта «Венера-Д», а также, после адаптации, для исследования циркуляции атмосфер планет и спутников с плотными атмосферами, таких как Юпитер и Титан.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты работы докладывались на семинарах, российских и международных конференциях. Все основные результаты работы и её защищаемые положения подробно изложены в публикациях

диссертанта в ведущих рецензируемых журналах, входящими в перечень ВАК и индексируемых научными базами Scopus, Web of Science, РИНЦ.

Личный вклад соискателя:

Автор самостоятельно разработал автоматизированный корреляционный метод определения смещения деталей облачного покрова Венеры. Программное обеспечение для расчета и последующего анализа корреляционных функций применительно к серии последовательных УФ изображений облачного покрова Венеры разработано, отлажено и применено на практике автором самостоятельно. На основе полученной базы данных автор самостоятельно провёл исследования, решая самостоятельно поставленные задачи. Результаты, вошедшие в диссертацию, были получены при определяющем вкладе автора при содействии соавторов публикаций.

На заседании 12 мая 2021 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, и принял решение присудить Пацаевой Марине Всеволодовне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук по специальности диссертации 01.03.02, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: « за » присуждение учёной степени 16, «против» присуждения учёной степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя диссертационного совета Д 002.113.04

д.ф.-м.н., чл-корр. РАН

О.И. Кораблев

Учёный секретарь диссертационного совета Д 002.113.04

к.ф.-м.н.



А.Ю. Ткаченко

Дата оформления заключения 12 мая 2021 г.