

## Цикл работ: «Исследование циркуляции атмосферы Венеры по данным Venus Express»

Состав авторов-сотрудников ИКИ РАН:

- Хатунцев Игорь Валерьевич, снс, 53 отдел
- Горинов Дмитрий Алексеевич, инженер, 53 отдел
- Игнатъев Николай Игоревич, снс, 53 отдел
- Засова Людмила Вениаминовна, зав. лаб., 53 отдел
- Пацаева Марина Всеволодовна, мнс, 53 отдел
- Тюрин Александр Вячеславович, вед.матем., 51 отдел
- Федорова Анна Александровна, зав.лаб., 53 отдел

Статьи:

1) Khatuntsev, I. V., Patsaeva, M. V., Titov, D. V., Ignatiev, N. I., Turin, A. V., Fedorova, A. A., & Markiewicz, W. J. (2017). Winds in the middle cloud deck from the near-IR imaging by the Venus Monitoring Camera onboard Venus Express. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 122, 2312-2327. <https://doi.org/10.1002/2017JE005355>

2) Gorinov, D.A., Khatuntsev, I.V., Zasova, L.V., Turin, A.V., Piccioni, G. (2018). Circulation of Venusian atmosphere at 90-110 km based on apparent motions of the O<sub>2</sub> 1.27 μm nightglow from VIRTIS-M (Venus Express) data. *Geophys. Res. Lett.*, 45, 2554-2562. <https://doi.org/10.1002/2017GL076380>

Анализ многолетнего ряда серий ИК изображений дневной стороны облачного покрова Венеры, полученных VMC (965 нм) с борта Venus Express, позволил получить детальную информацию о циркуляции атмосферы внутри облачного слоя. Изображения облачного покрова Венеры в ближнем ИК (965 нм) имеют уровень контрастности не превышающий 4%. Для повышения степени контрастности была разработана оригинальная методика на основе коррекции яркости по закону Миннарта с последующей обработкой двумерным вейвлет-фильтром. Затем для отслеживания смещения деталей облачного покрова и построения поля ветра был использован автоматизированный корреляционный метод. В результате мы получили зональные и меридиональные компоненты ветрового поля в глубине облачного слоя на высотах 55±4 км. В низких и средних широтах (5-65°ю.ш.) скорость ретроградного зонального ветра оказалась равной 68-70 м/с. Меридиональная скорость ветра медленно уменьшается от пикового значения +5.8 ± 1.2 м/с на 15°ю.ш. до 0 на 65-70°ю.ш. При этом средняя меридиональная компонента имеет положительный знак, что означает нисходящий поток, направленный от высоких широт к экватору. Учитывая полученные ранее по УФ (365 нм) данные о восходящем потоке на уровне верхней кромки облаков (67±2км), сделан вывод о первых многолетних наблюдениях ячейки Хэдли верхнего облачного слоя на дневной, освещенной, стороне Венеры. Детальный анализ поведения зональной и меридиональной компонент скорости горизонтального потока свидетельствует о влиянии рельефа подстилающей поверхности на динамику венерианской атмосферы внутри облачного на высотах 55±4 км.

Изображающий спектрометр VIRTIS-M на борту Venus Express наблюдал венерианскую атмосферу с апреля 2006 года по август 2008 года. Одна из важных задач эксперимента - изучение распределения свечения молекулярного кислорода O<sub>2</sub>(a<sup>1</sup>Δ<sub>g</sub>) 1.27 мкм на ночной стороне. Максимум вертикального распределения свечения соответствует высоте 97±2 км. Эти высоты соответствуют переходной области атмосферы Венеры (90-110 км), где меняется режим циркуляции от ретроградной зональной суперротации до движения от подсолнечной точки к антисолнечной (SS-AS). По результатам анализа отдельных последовательностей изображений, полученных VIRTIS-M, обнаружено влияние рельефа поверхности Венеры на динамические процессы в атмосфере на высоте 97±2 км. Так, яркие области свечения кислорода O<sub>2</sub>(a<sup>1</sup>Δ<sub>g</sub>) на длине волны 1,27 мкм чаще наблюдаются над возвышенностями со смещением в направлении основного воздушного потока. Структура областей свечения в некоторых случаях повторяет контуры возвышенностей подстилающей поверхности. В частности, для орбиты №367 максимум функции корреляции между распределением интенсивности свечения кислорода и топографией в районе области Фебы достигает 0,61. Также наблюдается воздействие рельефа подстилающих возвышенностей на горизонтальную динамику атмосферы через изменение направления

основного потока в виде «обтекания препятствий». Данное влияние одинаково проявляется в изменениях как зональной, так и меридиональной компоненты скорости. В некоторых случаях наблюдаемые динамические структуры образуют замкнутые области кругового движения с характерным размером до 4000 км. Влияние рельефа на динамику мы связываем с распространением стационарных гравитационных волн, возникающих у поверхности над возвышенностями.

Статья Khatuntsev et al. [2017] вышла в конце 2017 года, изложенный в ней результат был выбран в качестве одного из важнейших и включен в отчет института «Важнейшие результаты завершенных экспериментальных и теоретических исследований за 2017 г.»

Ссылки:

- 1) Gorinov, D.A., Khatuntsev, I.V., Zasova, L.V., Turin, A.V., Piccioni, G. (2018). Circulation of Venusian atmosphere at 90-110 km based on apparent motions of the O<sub>2</sub> 1.27 μm nightglow from VIRTIS-M (Venus Express) data. *Geophys. Res. Lett.*, 45, 2554-2562. doi:10.1002/2017GL076380
- 2) Limaye, S.S., Grassi, D., Mahieux, A., Migliorini, A., Tellmann, S., Titov, D. (2018). Venus Atmospheric Thermal Structure and Radiative Balance. *Space Sci. Rev.*, 214, 102. <https://doi.org/10.1007/s11214-018-0525-2>