

## Аннотация к циклу научных работ

### 1. Авторы

М.С. Лугинин, А.А. Федорова, А.Ю. Трохимовский, Д.А. Беляев, О.И. Кorableв, Н.И. Игнатьев

### 2. Название

Исследование атмосферных аэрозолей Марса и Венеры на основе данных солнечного просвечивания приборов СПИКАМ, СПИКАВ и комплекса АЦС

### 3. Ссылки на публикации

[1] Luginin, M., Fedorova, A., Belyaev, D., Montmessin, F., Korablev, O., & Bertaux, J.-L. (2024). Bimodal aerosol distribution in Venus' upper haze from joint SPICAV-UV and -IR observations on Venus Express. *Icarus*, 409(2), 115866. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115866>

[2] Luginin, M., Trokhimovskiy, A., Taysum, B., Fedorova, A. A., Korablev, O., Olsen, K. S., Montmessin, F., & Lefèvre, F. (2024). Evidence of rapid hydrogen chloride uptake on water ice in the atmosphere of Mars. *Icarus*, 411, 115960. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.115960>

[3] Fedorova, A., Korablev, O. I., Montmessin, F., Bertaux, J.-L., Betsis, D. S., & Lefèvre, F. (2024). Distribution of atmospheric aerosols during the 2007 Mars dust storm (MY 28): Solar infrared occultation observations by SPICAM. *Icarus*, 415, 116030. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.116030>

[4] Luginin, M., Trokhimovskiy, A., Fedorova, A., Belyaev, D., Ignatiev, N., Korablev, O., Montmessin, F., & Grigoriev, A. (2024). Unambiguous detection of mesospheric CO<sub>2</sub> clouds on Mars using 2.7 μm absorption band from the ACS/TGO solar occultations. *Icarus*, 423, 116271. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.116271>

### 4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Атмосферный аэрозоль играет ключевую роль в климате Марса и Венеры, оказывая влияние на тепловой баланс и динамику планетных атмосфер, а также участвуя в циклах химических элементов.

Для понимания климата этих планет и его точного моделирования необходима информация о физических свойствах аэрозоля, его пространственном и временном распределении. Кроме того, изучение атмосферного аэрозоля на Марсе и Венере позволяет провести сравнение с земными условиями и определить общие закономерности процессов, протекающих в атмосферах планет земной группы.

Работы выполнены на основе данных, полученных с помощью российских приборов спектрометрического комплекса АЦС миссии «ЭкзоМарс-2016», созданных в ИКИ РАН, а также приборов СПИКАМ и СПИКАВ космических аппаратов «Марс-Экспресс» и «Венера-Экспресс», которые создавались при непосредственном участии научных работников из ИКИ РАН.

## **5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение**

В работе [1] восстанавливались оптические и микрофизические свойства аэрозоля надоблачной дымки атмосферы Венеры по данным совместного наблюдения УФ и ИК каналов прибора СПИКАВ. Это позволило получить более точную и достоверную информацию о распределении аэрозоля по размерам в диапазоне высот 81–100 км.

В работе [2] исследовалась корреляция между вертикальным содержанием хлороводорода и водяного льда в атмосфере Марса по данным приборов комплекса АЦС. Решение этой задачи позволило приблизиться к объяснению сезонных вариаций концентрации HCl.

В работе [3] проводилось исследование вертикальной структуры аэрозоля во время глобальной пылевой бури на Марсе в 2007, которая до этого была плохо изучена. Для этого использовались данные, полученные с помощью прибора СПИКАМ.

Работа [4] посвящена анализу данных комплекса АЦС, содержащих спектры в диапазоне 2.7–2.8 мкм. В этой спектральной области находится полоса поглощения льда двуокиси углерода. Это первый случай прямого наблюдения описанной аэрозольной спектральной особенности CO<sub>2</sub> льда на Марсе. Анализ этих данных позволил детектировать мезосферные CO<sub>2</sub> облака, не основываясь на вертикальные профили температуры.

## **6. Используемый подход, его новизна и оригинальность**

В исследовании применялись методы физической оптики, обработки данных дистанционного зондирования, использовались теории переноса излучения, квантовой механики, спектроскопии атмосферных газов и аэрозолей. Для решения поставленных задач были самостоятельно разработаны и реализованы алгоритмы и компьютерные программы.

## **7. Полученные результаты и их значимость**

Использование в работе [1] данных совместного наблюдения УФ и ИК каналов прибора СПИКАВ позволило восстановить распределение частиц по размерам на ~10 км выше в атмосфере по сравнению с предыдущим анализом и обнаружить двухмодовое распределение в ~50% наблюдений,

которые ранее считались одномодальными. В результате было обнаружено, что на высотах 81–92 км двухмодовое распределение наблюдается в >50% случаев, чего раньше не наблюдалось.

В работе [2] были обнаружены структуры в вертикальных профилях в виде отдельных газовых слоев на высотах, где отсутствовал водяной лёд. Это является первым надежным подтверждением того, что на Марсе действует механизм гетерогенного поглощения хлороводорода водяным льдом.

В работе [3] установлено, что глобальная пылевая буря 28-го марсианского года подняла минеральную пыль на высоты до 80 км и привела к образованию водяных облаков в диапазоне высот 80-90 км в высоких широтах в обоих полушариях. Кроме того, глобальная пылевая буря привела к значительному изменению микрофизических свойств аэрозольных частиц, таких как эффективный радиус и эффективная вариация.

В работе [4] было обнаружено 11 новых случаев наблюдения CO<sub>2</sub> облаков в мезосфере Марса. Используемый для этого метод не полагался на информацию о тепловой структуре атмосферы. Это позволило определить степень насыщения в области CO<sub>2</sub> облаков и получить важные данные для численного моделирования состояния углекислотной атмосферы Марса.