

Авторы

Состав авторов-сотрудников ИКИ РАН:

- Федорова А. А., Бецис Д. С., Кораблев О.И.

Название

Водяной цикл Марса и водяной пар в средней атмосфере Марса во время глобальной пылевой бури 2007 года

Ссылки на публикации:

1. **Anna Fedorova**, Jean-Loup Bertaux, **Daria Betsis**, Franck Montmessin, **Oleg Korablev**, Luca Maltagliati, John Clarke, Water vapor in the middle atmosphere of Mars during the 2007 global dust storm, *Icarus*, Available online 22 September 2017, ISSN 0019-1035, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.09.025>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001910351730218X>)
2. Montmessin, F., Smith, M., Langevin, Y., Mellon, M., & **Fedorova, A.** (2017). The Water Cycle. In R. Haberle, R. Clancy, F. Forget, M. Smith, & R. Zurek (Eds.), *The Atmosphere and Climate of Mars* (Cambridge Planetary Science, pp. 338-373). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781139060172.011

Аннотация

Цикл состоит из двух работ, одна из которых глава в вышедшей книге «Атмосфера и климат Марса», суммирующая современные представления о водяном цикле на Марсе. А вторая представляет собой новый результат о распределении воды в средней атмосфере Марса, имеющий прямое отношение к диссипации водорода и водяного пара из атмосферы планеты.

Описание результатов статьи:

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Сейчас Марс – это очень сухая планета. Между тем, в последние десятилетие геологические измерения подтвердили существование в раннюю историю значительного количества воды на поверхности. Кроме катастрофических событий, возможно приведших к исчезновению воды, одним из естественных процессов потери является диссипация в космос атомов водорода. Недавние наблюдения водородной короны Марса по полосе лайман- α 121.6нм УФ спектрометрами на КА Марс-Экспресс (Chaffin et al., 2014) и телескопе им.Хаббла (Clarke et al., 2014), обнаружили изменение скорости диссипации водорода на порядок величины за короткий период около месяца в 2007 г. (марсианский год 28), что не согласуется с существующими моделями. Одним из объяснений такого большого изменения в скорости диссипации стала происходившая в тот момент на планете глобальная пылевая буря, изменившая тепловой режим атмосферы и приведшая к транспорту достаточного количества молекул воды на высоты 60-80 км, где высока скорость их фотодиссоциации под действия УФ излучения, что обеспечило дополнительный источник атомов водорода в верхней атмосфере. В 2014 г. продолжающиеся наблюдения телескопа им. Хаббла водородной короны показали возможную сезонную зависимость в скорости диссипации атомов водорода, что могло быть связано с сезонным циклом водяного пара (Bhattacharyya et al., 2015). А проведенные фотохимические расчеты Chaffin et al. (2017) подтвердили, что поднятие 100 ppm воды на высоту 80 км, достаточно, чтобы на временном масштабе несколько дней вызвать увеличение скорости диссипации на порядок величины. Полученные в этих работах изменения в скорости диссипации водорода напрямую повлияли на оценки потери воды планетой на масштабе миллиардов лет.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

Только один эксперимент, прибор СПИКАМ на КА Марс-Экспресс, проводил измерения водяного пара в средней атмосфере Марса во время пылевой бури 2007 года. Измерения проводились методом солнечного просвечивания в полосе 1.38 мкм. Нами было получено около 80 вертикальных профилей и относительного содержания в период $L_s=255-300^\circ$ в МУ28 в обоих полушариях планеты, которые были использованы для подробного анализа содержания воды на высотах от 40 до 90 км.

Полученные результаты и их значимость

В северном полушарии от $L_s = 268^\circ$ до $L_s = 285^\circ$ плотность водяного пара на высотах 60-80 км увеличилась на порядок. Во время пылевой бури профили простирались до 80 км с плотностью H_2O , превышающей 10^{10} молекул/см³ (коэффициент перемешивания ≥ 200 ppm). Были обнаружены два максимума плотности H_2O . Наибольшие плотности H_2O , наблюдаемые на широтах более $60^\circ C. Ш.$, $L_s = 269-275^\circ$, прямо не коррелировали с поднятием пыли и, вероятно, относятся к нисходящей ветви меридиональной циркуляции, которая усиливалась во время пыльной бури и перенесла воду из Южного полушария в высокие северные широты. Второй меньший максимум совпадает с высокой пылевой активностью в средних северных широтах. Сравнение с географически близкими наблюдениями в спокойный (по пылевой активности) год МУ32, когда содержание H_2O в северном полушарии не превышало 2×10^{10} молекул/см³ и 50 ppm на 60 км, показало, что глобальная пыльная буря была действительно уникальным событием.

В южном полушарии ситуация была иной. Во время пыльной бури плотность воды на 50-80 км увеличилась в 4-5 раз с коэффициентом перемешивания > 100 ppm, хорошо коррелированным с вертикальным распределением аэрозоля. Несколько более слабое увеличение плотности H_2O в 2-3 раза с относительным содержанием > 100 ppm наблюдалось также в МУ32, начиная с $L_s=260^\circ$, что указывало на сезонную повторяемость.

Наблюдаемое количество воды на больших высотах в обоих полушариях может приводить к значительному увеличению скорости диссипации водорода на временном масштабе несколько дней, как показано в фотохимической модели Chaffin et al. [2017]. Полученные значения содержания воды на высотах 60-80 км для двух марсианских лет должны помочь отделить сезонный вклад и вклад в период пыльной бури в моделирование изменение скорости диссипации атомов H.