



ВОДА В СРЕДНЕЙ АТМОСФЕРЕ МАРСА

Ватмосфере Марса обнаружил спектрометр SPICAM (Spectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Mars), установленный на борту космического аппарата «Марс-Экспресс» Европейского космического агентства (запущен в 2003 году). Это открытие противоречит общепринятой гипотезе о том, что в чрезвычайно разреженной атмосфере планеты на таких высотах вода не может существовать в перенасыщенном состоянии. Именно на это предположение в основном опирались модели марсианского климата.

SPICAM — спектрометр ультрафиолетового и ближнего инфракрасного диапазонов. Сигнал от молекул воды в атмосфере регистрировали в ближнем ИК-диапазоне на длине волны 1,38 мкм. Прибор изготовлен в Институте космических исследований РАН в рамках межагентского соглашения между Роскосмосом и Центром космических исследований Франции (CNES) как вклад России в миссию.

Количество воды в атмосфере — один из важнейших элементов, определяющих круговорот воды на планете. Однако до настоящего времени практически не существовало представительных

экспериментальных данных, по которым можно было бы оценить, в каком количестве вода содержится в марсианской атмосфере на той или иной высоте.

Термин «перенасыщенное состояние воды» означает, что количество водяного пара, которое находится в определенном объеме атмосферных газов, превышает нормальное для данной температуры. Предполагалось, что в атмосфере Марса в случае перенасыщения «лишняя» вода мгновенно кристаллизуется. Как следствие, на высоте около 25 км (так называемая гигропауза) происходит резкое изменение парциального давления водяного пара (парциальное давление — давление, которое имел бы газ, входящий в смесь, если бы только он заполнял весь объем, занятый смесью при данной температуре). Ниже этой отметки водяной пар присутствует в атмосфере в «нормальных» концентрациях, выше — его содержание резко падает.

Модель круговорота марсианской воды представлялась приблизительно следующей: в приповерхностном слое атмосферы вода в основном переносится ветром, при понижении температуры она кристаллизуется и выпадает на поверхность в виде льда, а с повышением температуры

Европейский космический аппарат «Марс-Экспресс» предназначен для изучения Красной планеты. В числе его научных задач — высокоточные измерения в атмосфере на высотах от 0 до 100—150 км, построение её химического и температурного профилей. Аппарат запущен 2 июня 2003 года с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Союз-ФГ» с разгонным блоком «Фрегат». На орбиту Марса вышел в декабре 2003 года.

— сублимируется (превращается в пар, минуя жидкую фазу) и вновь оказывается в атмосфере. Выше 10 км главной формой существования воды считались облака из кристалликов льда. Как показали наблюдения прибора SPICAM, круговорот воды на Марсе оказался более сложным процессом.

SPICAM проводит измерения на лимбе планеты: аппарат наблюдает за Солнцем, заходящим за горизонт Марса. Часть солнечного излучения в определенном диапазоне, проходя через атмосферу, поглощается её компонентами, и по тому, волны какой длины отсутствуют в приходящем спектре, можно судить о наличии и количестве определенных веществ в атмосфере. Таким образом строят профили атмосферы — графики, отображающие количество вещества в зависимости от высоты.

В исследовании за три марсианских года получены 700 профилей, 62 из них отражают состояние атмосферы во время, когда Марс проходит афелий — точку орбиты, наиболее отдаленную от Солнца. В это время в северном полушарии Марса лето, и вода из ледников возвращается в атмосферу в виде пара, тогда как в южном полушарии царит зима и почти вся вода остаётся в виде льда на поверхности. Одновременно это самое холодное время на планете, и, как ранее предполагалось, высота гигропаузы в этот период наименьшая (порядка 15 км).

По данным прибора SPICAM, на высоте от 20 до 50 км объёмная пропорция водяного пара в атмосфере может пре-

вышать величину в 20 частиц на миллион, что значительно больше, чем предполагалось ранее (около одной частицы на миллион). При этом прибор зарегистрировал большое количество воды выше гигропаузы. Более того, оказалось, что водяной пар в состоянии перенасыщения наблюдается практически во всём северном полушарии. В южном полушарии планеты такое случается только у самого полюса.

Состояние перенасыщения можно объяснить малым давлением марсианской атмосферы, которое препятствует конденсации воды, или отсутствием пылевых частиц, которые могли бы стать центрами конденсации. Последнее предположение подтверждают одновременные измерения аэрозолей в атмосфере Марса, которые также проводились с помощью SPICAM.

Это открытие меняет представления о том, каким обра-

зом происходил круговорот воды на Марсе в последний миллиард лет. Весной и летом в северном полушарии водяной пар вместе с воздухом поднимается в верхние слои атмосферы, где охлаждается и конденсируется на аэрозолях, формируя облака. Этот процесс имеет два следствия. Во-первых, в районе экватора формируется облачный слой («пояс»), который препятствует переносу водяного пара из северного полушария в южное. Во-вторых, атмосфера на севере остается сравнительно чистой, так как большая часть аэрозолей уже «осела» в облаках. В результате в северном полушарии происходит накопление воды в атмосфере до состояния перенасыщения. Накоплению воды способствует и то, что весной и летом Марс находится далее всего от Солнца и получает меньше тепла. Однако 100 тысяч лет

афелий находился на другом участке орбиты и такие процессы проходили в южном полушарии.

Состояние перенасыщения также исключительно благоприятно для процессов «убегания» воды из атмосферы планеты. «Убегание» происходит в результате фотодиссоциации — распада молекул воды на ионы водорода и кислорода под действием солнечного света. Чем больше водяного пара выше гигропаузы, тем больше молекул диссоциирует и пополняет самые верхние слои атмосферы — экзосферу, откуда уже они могут уйти в космос. Этот процесс чрезвычайно важен для понимания того, как Марс в ходе своей истории терял воду.

Ольга ЗАКУТНЯЯ,
Институт космических исследований РАН.