

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

**Спектрометр SPICAV на борту «Венеры-Экспресс» (ЕКА) впервые обнаружил
озоновый слой в атмосфере Венеры**

Ультрафиолетовый спектрометр SPICAV на борту космического аппарата «Венера-Экспресс» впервые зарегистрировал озон в атмосфере Венеры. По данным прибора, озон образует слой, расположенный на высоте порядка 100 км, с вариациями концентрации 10^7 — 10^8 молекул на кубический сантиметр. Наблюдаемые концентрации также соответствуют предположению о том, что главный механизм распада озона — реакции с участием хлора. Подобные процессы происходят и в земной стратосфере.

Спектрометр SPICAV для КА «Венера-Экспрессе» был создан совместно Службой аэронавтики Национального центра научных исследований Франции, Институтом аэронавтики Бельгии и Институтом космических исследований РАН в рамках межагентского соглашения между Роскосмосом и Центром космических исследований Франции (CNES) как вклад России в миссию

Научные руководители — Ж.Л. Берто (Франция), О.И. Кораблёв (Россия), А.К. Вандаэл (Бельгия).

Сотрудники ИКИ РАН Олег Кораблёв, д.ф.-м.н., руководитель отдела исследований планет и малых тел Солнечной системы, Денис Беляев, к.ф.-м.н., научный сотрудник ИКИ РАН лаборатории экспериментальной спектроскопии, и Анна Фёдорова, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории планетной спектроскопии, также являются соавторами статьи, описывающей результаты исследования, которая опубликована в ноябрьском выпуске журнала *Icarus*.

F. Montmessin, J.-L. Bertaux, F. Lefevre, E. Marcq, D. Belyaev, J.-C. Gerard, O. Korablev, A. Fedorova, V. Sarago, A.C. Vandaele A layer of ozone detected in the nightside upper atmosphere of Venus / *Icarus* 216 (2011) 82–85

Молекула озона состоит из трёх атомов кислорода (формула O_3 , отличающая его от привычной двухатомной молекулы кислорода O_2) и является важнейшим составляющим атмосферой. Его значение сложно переоценить. На Земле озоновый слой располагается на высоте 15-50 км, с интегральной концентрацией озона в столбе атмосферы примерно 3 мм-атм (что эквивалентно 300 единицам Добсона или $8 \cdot 10^{18}$ молекул на $см^2$) и эффективно поглощает большую часть ультрафиолетового излучения Солнца, тем самым защищая живые организмы на поверхности планеты.

Озон, наряду с молекулярным кислородом и углекислым газом, может служить биомаркером, указывающим на возможности жизни на экзопланетах. Ключевую роль здесь играет не только само наличие озона, но и его концентрация относительно других компонент. По относительному содержанию можно предположить, что является источником кислорода и озона — живые организмы или только химические реакции.

В этом контексте наблюдения озона на других планетах исключительно ценны, поскольку помогут лучше понять механизмы появления и распада озона с учетом динамики атмосферы.

В частности, на Марсе озон был обнаружен в 1970-х гг. Однако на Венере до настоящего времени его не удавалось наблюдать, хотя некоторые модели предсказывали его существование. Это говорит, прежде всего, о малой концентрации озона на высотах больших 60 км. А ниже этой отметки наблюдениям мешает толстый слой облаков из серной кислоты.

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

Новые данные об озоне в атмосфере Венеры получил спектрометр SPICAV (SPectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Venus) на борту аппарата «Венера-Экспресс» с помощью так называемого метода звёздных затмений. Обращаясь по орбите вокруг Венеры, инструмент наблюдал за звёздами, заходящими за диск планеты и, следовательно, светящими через атмосферный слой у края диска (так называемого лимба). Когда излучение от звёзд проходит через атмосферу, его часть поглощается молекулами, входящими в состав атмосферы. По информации о поглощённой части спектра (так называемым полосам поглощения) становится возможным восстановить состав газовой оболочки планеты.

Данные SPICAV касались состава атмосферы на высотах от 80 до 140 км (верхняя мезосфера и нижняя термосфера) на ночной стороне планеты. Полученные спектры в диапазоне длин волн 200–300 нм достаточно хорошо согласуются с моделями состава атмосферы, в которых кроме углекислого газа CO_2 (основного компонента венерианской атмосферы), оксидов серы SO_2 , SO и аэрозолей присутствует озон. Концентрация озона, по полученным данным, колеблется от 10^7 до 10^8 молекул на кубический см при давлении порядка 0,01 мбар.

Следующий важный момент — распределение озона. Хотя данные SPICAV ограничены ночной стороной планеты, исследователям удалось сделать несколько предположений о том, какие химические реакции рождения и распада озона наиболее вероятны.

Процесс образования и распада озона идет постоянно. Одна из главных реакций распада — взаимодействие озона с водородом H , в результате которой образуется кислород и гидроксил (OH). Предположительно, именно она лежит в основе ранее наблюдавшегося феномена — свечение гидроксила в инфракрасном диапазоне на ночной стороне планеты на высоте примерно 96 км.

Другая важная деталь — отсутствие озона в противосолнечной точке. Образование озона, в основном, зависит от концентрации молекулярного кислорода (O_2), и, следовательно, должно коррелировать с распространенностью последнего. По данным «Венеры-Экспресс» в противосолнечной точке Венеры наблюдается ярко выраженное свечение молекулярного кислорода на высоте порядка 96 км. Предполагается, что он переносится сюда с дневной стороны, где образуется в результате фотолиза (распада под действием солнечной радиации) углекислого газа. Однако спектрометр SPICAV не зарегистрировал соответствующего наличия озона.

Возможное объяснение этому предложено в опубликованной статье. Авторы предполагают, что на обратной стороне планеты образованию озона мешает хлор. Известно, что, кроме углекислого газа, на дневной стороне фотолизу также подвергается соляная кислота (HCl). Она распадается на водород и хлор, который затем переносится на ночную сторону, где, взаимодействуя уже с озоном, разрушает последний. В результате рождается кислород и оксид хлора, а концентрация озона резко падает.

По словам авторов статьи, этот процесс сходен с тем, что происходит в стратосфере Земли, где хлор также играет важнейшую роль в разрушении озона. Однако на нашей планете концентрация озона гораздо выше, чем на Венере, благодаря чему жизнь получила возможность для развития. Живые организмы (цианобактерии) оказались способны модифицировать атмосферу таким образом, чтобы создать достаточно толстый озоновый слой, в свою очередь, защищающий жизнь. Но на Марсе и на Венере концентрация озона слишком мала, чтобы защитить живые организмы от солнечного ультрафиолета и запустить самоподдерживающийся механизм образования кислорода. Новые данные подчёркивают исключительную важность

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

механизма атмосферного переноса от подсолнечной к противосолнечной стороне планеты, и будут использоваться для более точного моделирования венерианской атмосферы.

Дополнительная информация:

Олег Игоревич Кораблёв, д.ф.-м.н., заместитель директора ИКИ РАН, руководитель отдела исследований планет и малых тел Солнечной системы

+7-495-333-00-17, korab@iki.rssi.ru

Денис Анатольевич Беляев, к.ф.-м.н., научный сотрудник ИКИ РАН лаборатории экспериментальной спектроскопии ИКИ РАН

+7-495-333-64-33, dbelyaev@iki.rssi.ru

Анна Александровна Фёдорова, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории планетной спектроскопии ИКИ РАН

+7-495-333-10-67, fedorova@iki.rssi.ru

Аннотация статьи на сайте *Icarus*

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103511003277>

Пресс-релиз ЕКА

ESA finds that Venus has an ozone layer too

http://www.esa.int/esaSC/SEMU3N9U7TG_index_0.html