

В. И. Мороз, В. М. Линкин, Д. Эртель. Результаты инфракрасного эксперимента на «Венере-15» и «Венере-16». С октября по декабрь 1983 г. около 1500 инфракрасных спектров Венеры было передано с борта ее искусственных спутников «Венера-15» и «Венера-16»<sup>1, 2</sup>. Эксперимент выполнялся в рамках программы «Интеркосмос» совместно институтами Академий наук СССР и ГДР. В ГДР был изготовлен прибор (фурье-спектрометр), в СССР были проведены его испытания, а также прием и первичная обработка информации. Интерпретация результатов делается совместно.

Спектры регистрировались в диапазоне от 250 до 1600  $\text{см}^{-1}$  (т. е. от 40 до 6 мкм) с разрешением 5 или 7,5  $\text{см}^{-1}$  по волновому числу. Поле зрения

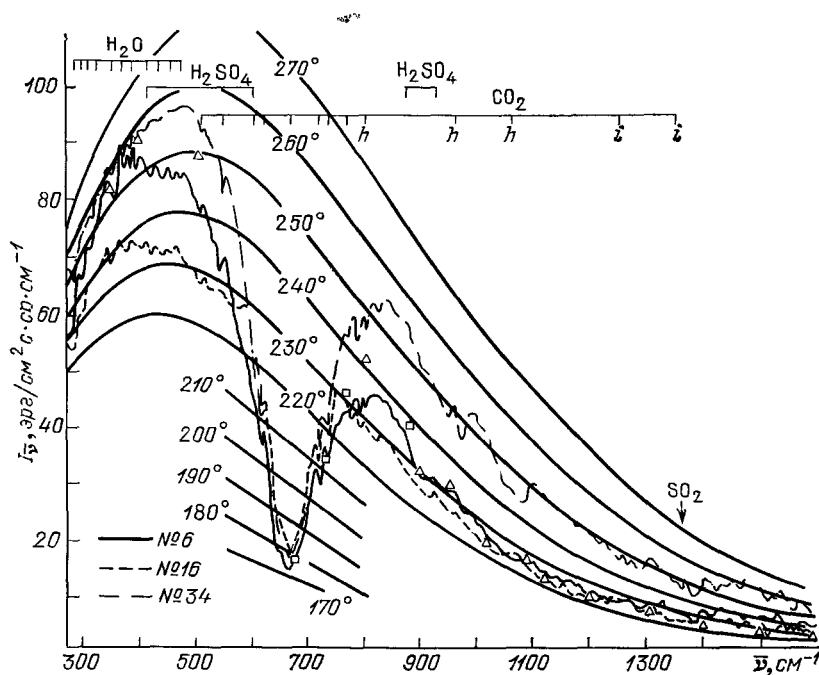


Рис. 1. Характерные образцы спектров, полученных в сеансе измерений 14 октября 1983 г. № 6,  $\varphi = 48^\circ$  — пример спектра первой группы (широты меньше  $60^\circ$ ), № 16,  $\varphi = 67^\circ$  — второй группы (широты  $70^\circ$ — $75^\circ$ , ночная сторона), № 34,  $\varphi = 82^\circ$  — третьей группы («горячая» область, широты  $77^\circ$ — $82^\circ$ , день). Дано положение полос поглощения газов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$  и аэрозоля (водный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Квадратики — яркостные температуры, измеренные в инфракрасном эксперименте на орбитальном аппарате «Пионер — Венера» (орбита 33,  $\varphi = 50^\circ$ , см. рис. 6 статьи Тэйлора и др. <sup>3</sup>). Треугольники — синтетический спектр излучения аэрозоля, полученный при моделировании спектров первой группы (см. текст). Буквами  $h$  обозначены горячие полосы  $\text{CO}_2$ ,  $i$  — полосы изотопических молекул  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$

(около  $4^\circ$ ) позволяло выделять на планете участки размером около 60 км (вблизи перигентра орбиты). Такие измерения уходящего теплового излучения Венеры при помощи спектрального прибора, установленного на спутнике, были сделаны впервые. Они охватывают широты от  $-66$  до  $87^\circ$ .

Образцы спектров, полученных в различных частях планеты, приведены на рис. 1. Их наиболее мощная деталь — полоса поглощения  $\text{CO}_2$  667  $\text{см}^{-1}$  (15 мкм). На самом деле в этой области имеется много полос углекислого

газа, но наибольший вклад вносит поглощение на основной частоте  $\nu_2$ , соответствующей деформационному колебанию молекул  $\text{CO}_2$ . Оптическая толщина  $\tau$  в центре этой полосы достигается на уровне, где давление  $\approx 0,5$  мб, т. е. на высоте около 90 км. По профилю полосы 15 мкм сделано восстановление зависимости температуры от высоты в интервале от, примерно, 60 до 90 км (см. ниже). Кривые, приведенные на рис. 1, демонстрируют ряд других, более слабых полос  $\text{CO}_2$  — «горячих» (544, 791, 961 и 1064  $\text{см}^{-1}$ ) и «изотопических», принадлежащих  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$  (1259 и 1366  $\text{см}^{-1}$ ). Полный профиль полосы 15 мкм в спектре Венеры наблюдался впервые.

Впервые в спектре теплового излучения Венеры были зарегистрированы также линии вращательной полосы  $\text{H}_2\text{O}$  — они расположены в области 280—475  $\text{см}^{-1}$ . В поглощение вблизи 1360  $\text{см}^{-1}$  вносит вклад фундаментальная полоса  $\nu_3\text{SO}_2$ . Она также никогда ранее не наблюдалась. Кроме полос поглощения газов на полученных спектрах можно отождествить полосы серной кислоты (диффузные детали около 500 и 900  $\text{см}^{-1}$ ).

Внутри полосы 15 мкм разные участки спектра формируются на разных высотах. Решая обратную задачу переноса излучения можно восстановить по каждому спектру температурный профиль атмосферы. Примеры такого восстановления даны на рис. 2. Оказывается, что на высотах 70—90 км атмосферы Венеры систематически теплее в высоких широтах, чем в низких. На дневной и ночной стороне планеты температуры практически совпадают, в высоких широтах атмосфера Венеры на высоте 70—90 км систематически теплее, чем в низких.

За пределами полосы 15 мкм спектры, полученные в разных широтных зонах, также демонстрируют систематические различия. Они вызваны разным строением облаков в этих зонах. Облака на Венере охватывают всю планету сплошным слоем толщиной около 20 км, но их строение не одинаково в разных местах планеты. В поясе широт  $|\varphi| \leq 60^\circ$  верхний ярус облаков наименее плотный и наиболее протяженный по высоте. Типичный спектр таких областей дан на рис. 1 сплошной линией, он характеризуется существенно более высокими яркостными температурами в области  $280 < \bar{\nu} < 500 \text{ см}^{-1}$ , чем в области  $800 \leq \nu \leq 1300 \text{ см}^{-1}$ . Приблизительно облака здесь могут быть описаны как среда с постоянной концентрацией частиц около  $100 \text{ см}^{-3}$  ниже уровня 72 км (верхняя граница облаков). Спектр согласуется с предположением, что частицы имеют средний радиус около 1 мкм и состоят из 75% водного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . На широтах 70—80° типичный спектр гораздо ближе к планковскому (пунктир на рис. 1). Здесь в той же модели необходимо иметь либо более низкую границу облаков (65—69 км), причем она совпадает с почти изотермической частью температурного профиля. Наконец, на широтах около 80° встречаются так называемые «горячие пятна» с очень низкой верхней границей около 60 км и концентрацией  $750 \text{ см}^{-3}$  (спектр подобного «пятна» дан штрихпунктирной линией).

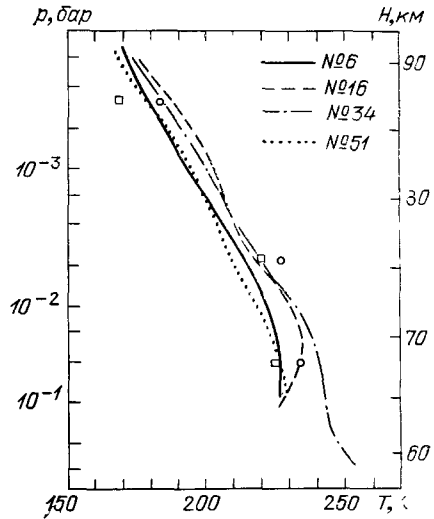


Рис. 2. Вертикальные профили температуры атмосферы над облаками, полученные по спектрам № 6 ( $\varphi = 48^\circ$ , ночь), № 16 ( $\varphi = 67^\circ$ , ночь), № 34 ( $\varphi = 82^\circ$ , день) и № 51 ( $\varphi = 50^\circ$ , день).

Значения высот справа даны приблизительно. Квадратики и кружки — температуры атмосферы по данным инфракрасного эксперимента на спутнике «Пионер — Венера» (Тэйлор и др. <sup>3</sup>) на широтах 50 и  $70^\circ$  соответственно.

Количественные оценки отношения смеси (содержания  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_2$  сделаны по «низкоширотным» спектрам) таковы:

$$f_{\text{H}_2\text{O}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ на высоте } 58 \text{ км,}$$

$$f_{\text{SO}_2} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ на высоте } 66 \text{ км.}$$

Оценки даны в объемных долях. Результаты измерений  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_2$  другими методами имеются только для более низких ( $< 50$  км) и более высоких ( $> 70$  км) уровней в атмосфере. Общая картина согласуется с представлением о быстром уменьшении с высотой содержания обеих составляющих выше 50—55 км.

Дальнейшая обработка измерений позволит получить детальные данные о поле температур и давлений выше 60 км, поле термического ветра, картину локально-временных вариаций содержания  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_2$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эртель Д., Мороз В. И., Линкин В. М. и др. — Письма Астрон. ж., 1984, т. 10, с. 243.
2. Oertel D., Nopirakowski J., Moroz V. I., Linkin V. M., Becler-Ross H., Spänkuch D. Wissenschaft und Fortschritt, 1984, Nr. 9, S. 34.
3. Taylor F. W., Beer R., Chahine M. T. et al. — J. Geophys. Res., 1980, v. 85, p. 7963.