

Член-корреспондент АН СССР В. С. АВДУЕВСКИЙ, Ю. М. ГОЛОВИН,
Ф. С. ЗАВЕЛЕВИЧ, В. Я. ЛИХУШИН, М. Я. МАРОВ, Д. А. МЕЛЬНИКОВ,
Я. И. МЕРСОН, Б. Е. МОШКИН, К. А. РАЗИН, Л. И. ЧЕРНОЩЕКОВ,
А. П. ЭКОНОМОВ

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ЛУЧИСТЫХ ПОТОКОВ ОТ СОЛНЦА В АТМОСФЕРЕ
И НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТЫ ВЕНЕРА СО СПУСКАЕМЫХ
АППАРАТОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ
«ВЕНЕРА-9» И «ВЕНЕРА-10»**

На спускаемых аппаратах (СА) автоматических межпланетных станций (АМС) «Венера-9» и «Венера-10», совершивших мягкую посадку на поверхность Венеры 22 и 25 X 1975 г., был осуществлен эксперимент по измерению освещенности на планете. Номинальные координаты точек посадки соответственно 3300 и 1500 км севернее экватора, зенитный угол Солнца $\psi=33^\circ$ и 27° . Лучистые потоки измерялись в пяти спектральных диапазонах (0,50–0,56; 0,52–0,67; 0,62–0,7; 0,7–0,79 и 0,76–1,06 мкм), по трем

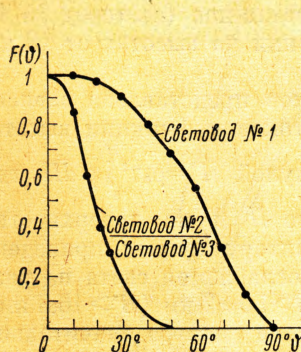


Рис. 1

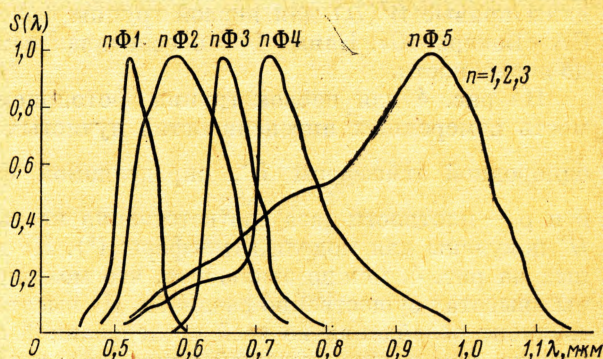


Рис. 2

направлениям (из зенита, со всей верхней полусферы и с направления, близкого к надиру). Измерения проводили в течение всего спуска в атмосфере и на поверхности Венеры, вплоть до прекращения передачи с СА. Температура фотоприемников в момент посадки составляла 50 и в момент прекращения передачи информации 85°C . Ниже излагаются предварительные результаты измерений.

Для измерения лучистых потоков в атмосфере и на поверхности Венеры был разработан прибор, состоящий из датчика, установленного снаружи СА, и электронного блока, установленного в приборном отсеке СА. В датчике установлены три группы чувствительных элементов, свет на которые подается через волоконные световоды и гермоокна корпуса. Все эти группы идентичны. Индикатрисы различных каналов прибора несколько отличаются одна от другой. Наиболее характерные из них даны на рис. 1. Спектральные характеристики различных каналов прибора приведены на рис. 2. Маркировка каналов $n\Phi t$, где n — номер световода, t — номер фотоприемника.

Прибор измеряет величину

$$W = \int_{\lambda} \int_{\vartheta} \int_{\varphi} I(\lambda, \vartheta, \varphi) S(\lambda) F(\varphi, \vartheta) \sin \vartheta d\lambda d\vartheta d\varphi,$$

где $I(\lambda, \vartheta, \varphi)$ — спектральная плотность излучения в направлении, характеризуемом углами с внешней вертикалью ϑ и азимутальным углом φ , отсчитываемым от солнечного вертикала (в $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{мкм} \cdot \text{стерад})$), $S(\lambda)$ — относительная спектральная чувствительность прибора, $F(\varphi, \vartheta)$ — его индикатриса. Вместо W удобно использовать величину

$$\bar{W}_i = \frac{\int_{\lambda} \int_{\vartheta} \int_{\varphi} I(\lambda, \vartheta, \varphi) S_i(\lambda) F_i(\vartheta, \varphi) \sin \vartheta d\lambda d\vartheta d\varphi}{\int_{\lambda} S_i(\lambda) d\lambda \int_{\vartheta} \int_{\varphi} F_i(\vartheta, \varphi) \sin \vartheta d\vartheta d\varphi},$$

которая характеризует поле излучения, осредненное по длине волны в пределах спектральной чувствительности i -го канала прибора ($i=1, 2, 3, 4, 5$) и по направлению в пределах индикатрисы прибора.

В результате обработки данных измерений на АМС «Венера-9» и «Венера-10» получены зависимости $\bar{W}_i$ от высоты H над поверхностью планеты для всех каналов прибора. Погрешность измерений на данном этапе обработки равна $\pm 30-40\%$. Значения H определялись по данным измерений температуры и давления атмосферы Венеры в районах спуска с использованием уравнения гидростатики. При близких зенитных углах мест посадки зависимости $\bar{W}(H)$ для СА «Венеры-9» и «Венеры-10» оказались приблизительно одинаковыми. На рис. 3 в качестве примера даны кривые $\bar{W}(H)$ для первой группы фотоприемников (световод № 1) СА «Венеры-10». Канал 1Ф5 обеспечивал измерения на высотах от 10 км до поверхности.

На рис. 4 для первой группы фотоприемников представлена зависимость измеренных интенсивностей лучистых потоков в функции высоты однородной атмосферы H^* , определяемой формулой $H^* = \rho_0^{-1} \int_0^H \rho dH$, где ρ и ρ_0 — плотности газа соответственно на высоте H и на поверхности; H^* получены для модели атмосферы ⁽²⁾. По характеру кривых, приведенных на рис. 4, можно заключить, что механизм ослабления света на разных высотах существенно различен. На высотах $H > 50 \pm 2$ км ($H^* > 16,3$ км) градиент ослабления во всей исследованной области спектра значительно больше, чем в нижележащей атмосфере, несмотря на рост молекулярной плотности с глубиной. На высотах $H < 50$ км зависимость интенсивности более длинноволнового излучения (каналы Ф3, Ф4) от высоты однородной атмосферы линейна. Для коротковолнового участка спектра (каналы Ф1, Ф2) наблюдается нелинейная зависимость интенсивности излучения от H^* выше $\sim 15-30$ км. Для объяснения такого характера ослабления, так же как и в области $H > 50$ км для всех каналов Ф1—Ф4, необходимо предположить наличие, помимо молекулярного, аэрозольного рассеяния или истинного поглощения.

Были получены расчетные оценки ослабления света по высоте с использованием приближения Шварцшильда — Шустера для двухслойной модели. В этих расчетах нижний слой ($H < 50$ км) считали чисто газовым, рассеивающим свет по Рэлею, для верхнего слоя ($H > 50$ км) варьировали оптическую толщину τ , альbedo однократного рассеяния ω и параметр индикатрисы рассеяния Γ . На высоте 63 км, соответствующей началу измерений, задавали солнечный спектр. На поверхности планеты задавали измеренные значения величины альbedo.

Хорошее приближение расчетных кривых к экспериментальным результатам получено при следующих параметрах верхнего слоя: $\tau=20-30$, $\omega=0,999$, $\Gamma=0,5-0,7$. При этом для длинноволнового участка спектра

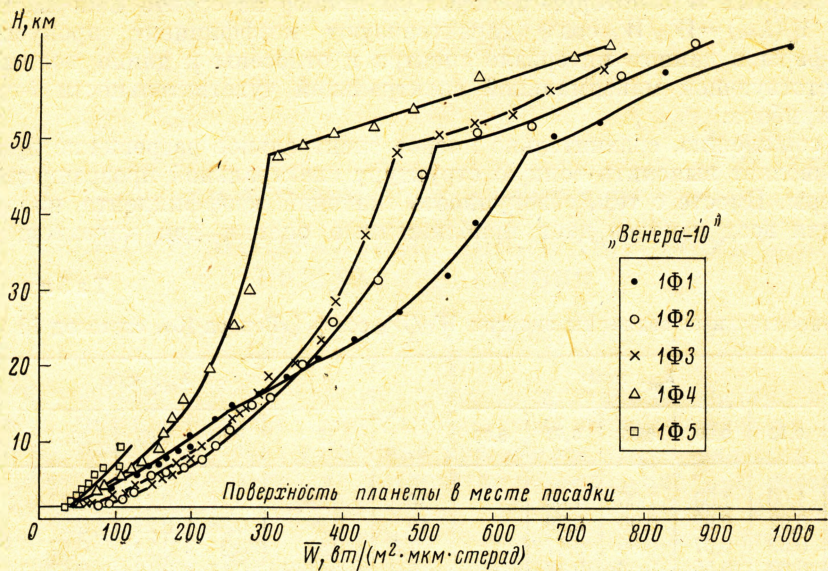


Рис. 3

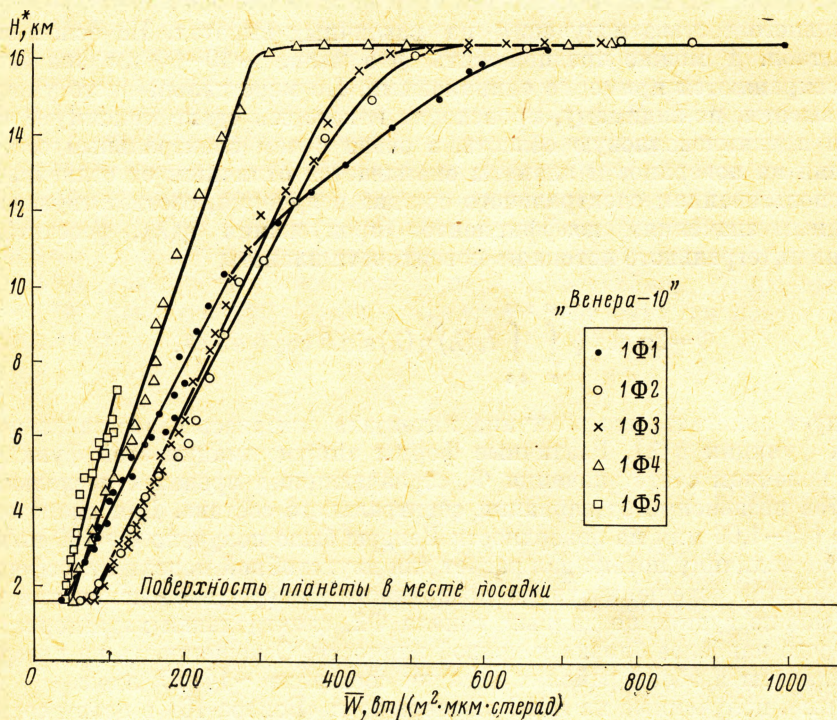


Рис. 4

(каналы $\Phi 3, \Phi 4$) расчетные зависимости согласуются с измеренными величинами в пределах 20–25%, а на большей части высотного интервала согласование лучше. В коротковолновой части спектра (каналы $\Phi 1, \Phi 2$) различие модельных расчетов с экспериментальными данными в диапазоне высот 30–50 км больше.

В табл. 1 для нескольких высотных уровней H_i приведены энергии W_i , измеренные в каждом i -м спектральном интервале и отнесенные к значе-

ниям энергии W_{i0} , которую измерил бы прибор на орбите Венеры. Величины $\bar{\eta}_i(\lambda_{im}) = W_{ij}/W_{i0} \cos \psi$ характеризуют коэффициент пропускания атмосферы в данном интервале спектра и отнесены к длине волны λ_{im} , соответствующей максимальной спектральной чувствительности i -го канала прибора.

К сожалению, сравнительно низкое спектральное разрешение прибора не позволяет выяснить тонкую структуру спектральной прозрачности атмосферы. Вместе с тем, совокупность значений коэффициента пропускания для всех каналов дает приближенные оценки для характеристики

Таблица 1

Относительные величины энергии $W_{ij}/W_{i0} \cos \psi$ («Венера-10», световод № 1)

H, км	λ_m , мкм					H, км	λ_m , мкм				
	0,52	0,59	0,65	0,72	0,96		0,52	0,59	0,65	0,72	0,96
63	1,00	1,00	1,00	1,00		20	0,36	0,40	0,41	0,28	
60	0,92	0,92	0,96	0,89		10	0,20	0,28	0,28	0,20	
50	0,69	0,67	0,65	0,47		7,5	0,17	0,24	0,24	0,17	0,18
40	0,60	0,55	0,56	0,38		5,0	0,11	0,17	0,18	0,12	0,12
30	0,51	0,49	0,51	0,35		1,7	0,034	0,08	0,07	0,066	0,07

спектрального состава излучения на различных высотах. На основании данных табл. 1 можно предположить, что выше ~ 10 – 20 км значения $\bar{\eta}(\lambda_{im})$ сохраняются примерно одинаковыми. По мере дальнейшего уменьшения высоты, по-видимому, происходит некоторый сдвиг максимума излучения в длинноволновую область, в связи с чем спектральный состав излучения на поверхности планеты оказывается отличным от солнечного.

С использованием спектрального состава излучения, соответствующего измеренным значениям коэффициентов пропускания $\eta(\lambda)$, рассчитана величина интегрального потока на поверхности планеты

$$\Phi = 2\pi \cos \psi \int_0^{\pi/2} \int_{0,5}^{1,06} I_0(\lambda) \eta(\lambda) \sin \vartheta \cos \vartheta d\vartheta d\lambda.$$

Следует заметить, что величина интеграла оказалась слабо зависящей от вида функции $\eta(\lambda)$. Различные формы аппроксимации этой функции дали в конечном счете значения Φ , совпадающие в пределах нескольких процентов независимо от вариации спектрального состава. Для диапазона спектра $0,5$ – $1,06$ мкм на поверхности Венеры было получено $\Phi \approx 100$ Вт/м². Такую же величину потока дал расчет для двухслойной модели атмосферы.

О величине освещенности на поверхности Венеры и ее изменении по высоте можно судить по данным канала Ф2, спектральная характеристика которого наиболее близка к кривой видности. Освещенность на поверхности планеты в обоих районах посадки составила $\sim 14 \cdot 10^3$ люкс.

Данные, полученные на АМС «Венера-9» и «Венера-10» в целом согласуются с результатами измерений на АМС «Венера-8»⁽¹⁾, определенные отличия в характере ослабления излучения по высоте и в абсолютных величинах освещенности на поверхности объясняются различием в местах посадки спускаемых аппаратов.

Поступило
13 IV 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Авдусевский, М. Я. Маров и др., ДАН, т. 210, № 4–6, 799 (1973).
² А. Д. Кузьмин, М. Я. Маров, Физика планеты Венеры, М., «Наука», 1974.