

Ю. Н. ЛИПСКИЙ

## О НАЛИЧИИ ЛУННОЙ АТМОСФЕРЫ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 4 II 1949)

Общепринято мнение о том, что Луна лишена газовой оболочки. Оно основано на том, что попытки обнаружить общее или селективное поглощение в сильно разреженной атмосфере Луны не дали положительных результатов. Определения горизонтальной рефракции лунной атмосферы при покрытиях звезд также не дали уверенных результатов. В то же время имеются утверждения некоторых наблюдателей (Воган, Пикеринг и др.), свидетельствующие в пользу наличия лунной атмосферы.

Для обнаружения лунной атмосферы мы воспользовались значительно более чувствительным, чем применявшиеся до сих пор, методом, идея которого впервые была предложена акад. В. Г. Фесенковым (1) в 1943 г. Сущность способа заключается в определении степени поляризации фона неба, проектирующегося на площадку С, расположенную вблизи середины терминатора на неосвещенной части диска. Определения производились во время первой или последней четверти.

Очевидно, что указанная яркость фона неба определяется тремя факторами: светом освещенной части Луны, рассеянным в земной атмосфере (лунный ореол); светом, отраженным по направлению к Луне от освещенной части земного шара (пепельный свет), и светом, рассеянным лунной атмосферой (лунные сумерки). Так как во время квадратуры угол рассеяния равен  $90^\circ$ , то последняя составляющая должна быть полностью поляризована. Яркость пепельного света на участке С во время квадратуры можно пренебречь, поскольку она составляет менее 2% яркости ореола в этом месте. Что же касается лунного ореола, то на основании наших наблюдений и других данных можно считать, что он является частично поляризованным.

Обозначим яркость лунных сумерек  $L_a$  и яркость ореола  $J_0$ . При соблюдении указанных условий плоскость поляризации  $L_a$  будет параллельна экватору интенсивности (т. е. плоскости, проходящей через Солнце, Луну и Землю). Учитывая, что свет  $J_0$  частично поляризован, его можно заменить двумя составляющими: естественной  $J_1$  и поляризованной  $J_2$ . Плоскость поляризации  $J_2$  наклонна, в общем случае, к экватору интенсивности под углом  $\varphi$ .

Пусть поляроид, помещенный перед объективом рефрактора, может занимать два положения, при которых его плоскость поляризации соответственно параллельна и перпендикулярна экватору интенсивности. Отношение яркостей площадки С при этом будет

$$n = \frac{\frac{1}{2} J_1 + J_2 \cos^2 \varphi + L_a}{\frac{1}{2} J_1 + J_2 \sin^2 \varphi},$$

откуда

$$\frac{L_a}{J_0} = \frac{n-1}{2} - \frac{n+1}{2} P \cos 2\varphi,$$

где  $P$  — степень поляризации ореола на площадке  $C$ .

Полагая  $J_0 = \mu I_{\odot}$  ( $I_{\odot}$  — яркость Солнца), можем записать:

$$\frac{L_a}{I_{\odot}} = \mu \left( \frac{n-1}{2} - \frac{n+1}{2} P \cos 2\varphi \right).$$

Таким образом, отношение яркости лунных сумерек  $L_a$  к яркости Солнца  $I_{\odot}$  может быть найдено из фотометрических наблюдений.

С другой стороны, можно показать, что число рассеивающих частиц в вертикальном столбе лунной атмосферы с основанием в  $1 \text{ см}^2$ , расположенном на участке  $C$ , будет равно:

$$\int_0^{\infty} N dy = \frac{L_a}{I_{\odot}} \frac{B^2 \lambda^4}{18 \pi^3 F^2 \omega_{\odot}},$$

где  $N$  — число рассеивающих частиц в  $1 \text{ см}^3$  у поверхности Луны,  $B$  — число молекул в граммолекуле,  $\lambda$  — длина волны рассеиваемого света,  $F$  — молярная рефракция и  $\omega_{\odot}$  — телесный угол, под которым видно Солнце с площадки  $C$ . Подставляя значение  $L_a : I_{\odot}$ , найденное из фотометрических наблюдений, получим окончательно:

$$\int_0^{\infty} N dy = \mu \left( \frac{n-1}{2} - \frac{n+1}{2} P \cos 2\varphi \right) \frac{B^2 \lambda^4}{18 \pi^3 F^2 \omega_{\odot}}.$$

Примем, что химический состав лунной атмосферы аналогичен земной. Тогда значение  $F$  для лунной атмосферы будет равно молярной рефракции воздуха. Из наблюдений находим значение  $\mu = 6 \cdot 10^{-9}$  и  $n = 1,77 \pm 20$  (среднее уравновешенное из 27 определений). Для визуальных наблюдений принимаем  $\lambda = 5550 \text{ \AA}$ .

Остается определить  $P$  и  $\varphi$ . Для этого воспользуемся хорошо известной формулой, удовлетворительно описывающей распределение яркости лунного ореола  $J(\vartheta)$ :

$$dJ = \frac{k I d\sigma}{R^2 + a^2},$$

где  $I$  — яркость элементарной площадки  $d\sigma$ ;  $R$  — расстояние от  $d\sigma$  до точки, в которой ищется ореол;  $a$  и  $k$  — постоянные, определяемые из наблюдений. Так как мы ищем степень поляризации ореола, то нужно учесть, что поляризованные компоненты яркости различных площадок освещенной части Луны могут различаться как по величине, так и по ориентировке плоскости поляризации.

Можно показать, что пучок параллельных лучей, образованных  $m$  источниками линейно поляризованного света с интенсивностями  $i_1, i_2, \dots, i_m$ , у которых плоскости поляризации ориентированы соответственно под углами  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$  по отношению к некоторой плоскости отсчета, в общем случае является частично поляризованным. Интенсивность поляризованной компоненты такого пучка  $E_p$  будет:

$$E_p = \sqrt{\left( \sum_{k=1}^m i_k \cos 2\varphi_k \right)^2 + \left( \sum_{k=1}^m i_k \sin 2\varphi_k \right)^2}.$$

Плоскость поляризации  $E_p$  составит с плоскостью отсчета угол  $\varphi$ , определяемый из выражения:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\sum_{k=1}^m i_k \sin 2\varphi_k}{\sum_{k=1}^m i_k \cos 2\varphi_k}$$

Степень поляризации  $E_p$  будет

$$P = \frac{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^m i_k \cos 2\varphi_k\right)^2 + \left(\sum_{k=1}^m i_k \sin 2\varphi_k\right)^2}}{\sum_{k=1}^m i_k}$$

С помощью этих выражений можем найти интересующее нас значение  $P$ . Расчетную формулу для  $P$  получим, разбивая лунный диск на зоны, образуемые концентрическими окружностями, проведенными из центра диска:

$$P = \frac{\sum_{k=1}^m \eta_k I_k p_k \ln \frac{R_k^2 + a^2}{R_{k-1}^2 + a^2}}{\sum_{k=1}^m \eta_k I_k \ln \frac{R_k^2 + a^2}{R_{k-1}^2 + a^2}}$$

где  $\eta_k$  — доля  $k$ -й зоны, помещающаяся на освещенной части диска;  $I_k$  — средняя яркость зоны;  $p_k$  — средняя степень поляризации зоны и  $R_k$  — внешний радиус зоны, выраженный в долях лунного радиуса.

Необходимые для определения  $P$  и  $\varphi$  значения  $I_k$ ,  $p_k$  и  $\varphi_k$  были найдены нами фотографическим путем, методом „трех положений поляроида“, впервые предложенным акад. В. Г. Фесенковым<sup>(2)</sup> для определения поляризации солнечной короны.

Средняя степень поляризации ореола в центре лунного диска при фотографировании через зеленый фильтр с эффективной длиной волны  $\lambda_{\text{эф}} = 5300 \text{ \AA}$  для первой четверти оказалась равной  $P_1 = 0,099 \pm 0,011$  и для последней четверти  $P_2 = 0,107 \pm 0,010$ .

Таким образом, получаем:

$$\int_0^{\infty} N dy = (1,37 \pm 0,25) \cdot 10^{22},$$

откуда непосредственно следует, что отношение массы вертикального столба лунной атмосферы с основанием в  $1 \text{ см}^2$  к массе такого же столба земной атмосферы (при одинаковом химическом составе) будет

$$\frac{1,37 \cdot 10^{22}}{2,2 \cdot 10^{25}} \approx \frac{1}{2000}.$$

Полагая, что и температурные условия в лунной атмосфере аналогичны земным, получим высоту однородной атмосферы на Луне равной 48 км. Число молекул в  $1 \text{ см}^3$  у поверхности Луны при этом будет  $N = 2,6 \cdot 10^{15}$ . Отношение соответствующих плотностей лунной и земной атмосфер будет примерно  $\frac{1}{10000}$ . Отметим, что в земной атмосфере плотность, соответствующая  $N = 2,6 \cdot 10^{15}$ , имеет место на высоте 75—80 км. Последнее обстоятельство позволяет сделать вывод, что лунная атмосфера должна производить существенное торможение для пролетающих в ней метеоров, ибо в земных условиях свечение метеоров наблюдается уже на высоте 120 км. Легко показать, однако, что свечение этих лунных метеоров практически не может быть наблюдаемо с Земли из-за большого расстояния и яркости фона. Что касается значения горизонтальной рефракции, то она будет порядка  $0'',2-0'',3$ . Очевидно, что применявшаяся до сих пор методика для ее обнаружения не могла дать уверенных результатов.

Государственный астрономический  
институт им. П. К. Штернберга  
Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова

Поступило  
4 II 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> В. Г. Фесенков, ДАН, 39, № 7 (1943). <sup>2</sup> В. Г. Фесенков, Астр. журн., 12, в. 4, 309 (1935).