

У.Т. Керимли, О.А. Кудинов

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ АПЕРТУРНОГО УГЛА СОЛНЕЧНОГО ФОТОМЕТРА

Проведены расчеты яркости солнечного излучения, проинтегрированного по телесному углу фотометра для различных моделей атмосферы и геометрий зондирования, с целью оптимизации апертуры фотометра.

Для определения оптической толщины атмосферы широко применяется метод Бугера, имеющий простой физический смысл и нашедший широкое практическое применение. Одной из причин возникновения погрешности при использовании этого метода является не строгое выделение прямой солнечной радиации из полного солнечного потока, обусловленное конечной апертурой фотометра (20) и многократным рассеянием в атмосфере. Простое уменьшение  $2\beta$  до угловых размеров солнечного диска является нежелательным как из-за технологических трудностей, так и из-за усложнения процедуры наведения фотометра на Солнце, особенно в морских условиях. В предлагаемом сообщении с помощью численного эксперимента оценивается величина погрешности и оптимизируется апертура фотометра.

Рассмотрим плоскопараллельную горизонтально-однородную атмосферу, на верхнюю границу которой падает параллельный поток солнечного излучения. Оптические параметры, характеризующие континентальную и морскую модели атмосферы для трех длин волн ( $\lambda = 0,337; 0,550; 1,06$  мкм) взяты из [1]. Яркости солнечного излучения, рассеянные атмосферой и проинтегрированные по телесному углу фотометра, рассчитываются методом Монте-Карло [2] для четырех зенитных расстояний Солнца ( $\theta = 20; 40; 60; 70^\circ$ ). Для всех наборов оптических параметров и вариантов геометрии наблюдения используется алгоритм сопряженных блужданий с числом траекторий 100 000, так что погрешности расчетов не превышают 1%. Принимая во внимание, что калибровку приборов, как правило, проводят в горах, где относительно высокая стабильность атмосферы и ее малая оптическая толщина, то моделируем и эту ситуацию: высота ( $H$ ), на которой находится фотометр, принимается равной 3 000 м; для оптического состояния атмосферы используются континентальные модели [1].

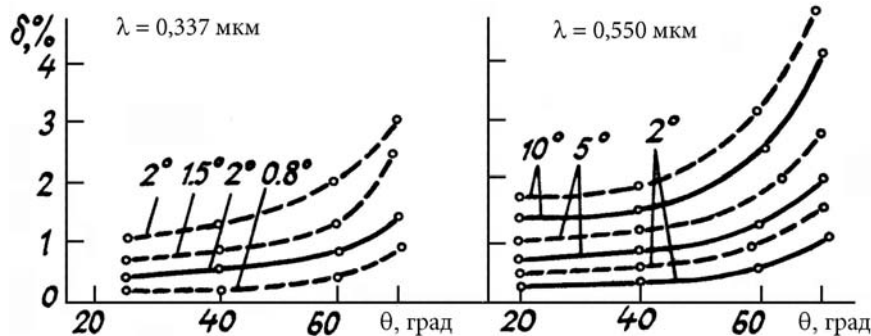


Рис. 1

Рис. 2

Верхнюю границу ошибки определения оптической толщины атмосферы ( $\Delta\tau$ ) можно оценить, продифференцировав известную формулу Бугера:

$$\Delta\tau \leq \left( \left| \frac{\Delta I_0}{I_0} \right| + \left| \frac{\Delta I}{I} \right| \right) \frac{1}{m}. \tag{1}$$

Учитывая, что в рассматриваемом здесь случае ошибки в определении яркости солнечного излучения ( $\Delta I$ ) и солнечной постоянной ( $\Delta I_0$ ) возникают только из-за засветки многократным рассеянием, величины  $\Delta I$  и  $\Delta I_0$  интерпретируются как проинтегрированные по телесному углу фотометра яркости солнечного излучения, многократно рассеянные атмосферой. Перепишем (1) в виде

$$\Delta\tau \leq (\delta_0 + \delta) / m, \tag{2}$$

где  $\delta_0 = \Delta I_0 / I_0$  и  $\delta = \Delta I / I$ .

На рис. 1–3 представлены (в процентах) зависимости отношения многократно рассеянной яркости к прямой радиации от зенитного расстояния Солнца для различных моделей атмосферы и апертур фотометра (сплошные линии — морские модели, штриховые — континентальные). Результаты расчетов, имитирующие калибровку в горах ( $H = 3000$  м), для длин волн 0,550 и 1,06 мкм здесь опущены из-за малости значений  $\delta$  (максимальное  $\delta$  для этих длин волн меньше 0,69%).

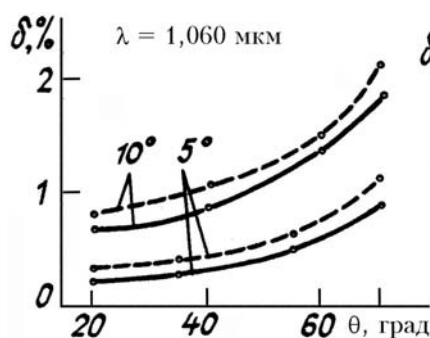


Рис. 3

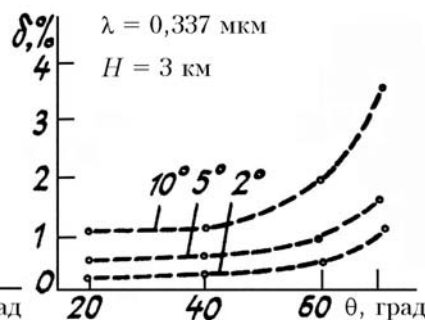


Рис. 4

На рис. 4 представлены соответствующие кривые для калибровки при  $\lambda = 0,337$  мкм.

Поскольку нестабильность атмосферы не рассматривается, а влияние засветки от ореола приводит лишь к завышению результатов измерения  $I$ , то, оценивая верхнюю границу погрешности определения внеатмосферной постоянной прибора долгим методом Бугера в высокогорных условиях ( $\delta_0$ ), можно считать, что  $\delta_0 \approx \delta$  и, следовательно, учитывая (2),

Как видно из (3), для определения  $\tau$ , например, с погрешностью до одной сотой (используя приведенные на рис. 1–4) можно подобрать соответствующий угол  $2\beta$ . Так, для ближней ИК-области длин волн апертурный угол фотометра  $2\beta$  должен быть менее  $5^\circ$ , для видимой области — менее  $2^\circ$ , для УФ-области — менее  $1^\circ$ . В случае высокогорной калибровки фотометра угол  $2^\circ$  обеспечивает точность определения внеатмосферной постоянной прибора до одной сотой во всей рассматриваемой области длин волн (рис. 4).

В заключение отметим, что для оценки величин погрешности использовались также данные оптических параметров атмосферы, полученные в ходе летнего эксперимента 1988 года в пос. Куртна (ЭССР) и пос. Набрань (АзССР) с помощью фильтрового фотометра дневного неба, разработанного в Астрофизическом институте АН КазССР (спектральный диапазон —  $\lambda = 0,412-1,1$ ). Используемые в расчетах аэрозольные оптические толщины варьировались в пределах  $0,112 \pm 0,453$ , а параметры функции Хейни — Гринштейна, которой аппроксимировались аэрозольные индикатрисы рассеяния, —  $0,65 \pm 0,80$ . Расчеты, проведенные при  $2\beta = 2^\circ$  для всех вариантов наблюдений, показали, что  $\delta$  составляет менее 1,5%. Это удовлетворительно согласуется с вышеприведенными оценками, полученными по модельным данным оптических параметров атмосферы [1].

1. McClatchey R. A., Bolle H. J., Kondratyev K. J. Report of the IAMP R. C. W. G. A preliminary cloudless standard atmosphere for radiation computation. Boulder, Colorado, U. S. A., 1986. 53 p.
2. Марчук Г. И., Михайлов Г. А., Назаралиев М. А. и др. Метод Монте-Карло в атмосферной оптике. Новосибирск: Наука, 1976. 280 с.

Научно-производственное объединение космических исследований,  
г. Баку

Поступило в редакцию  
16 января 1990 г.

U. T. Kerimli, O. A. Kudinov. Evaluation of the Aperture Angle of a Solar Photometer.

The calculation of the solar radiation brightness integrated over the solid angle of a photometer field of view for different atmospheric models and the geometry of remote sensing are performed in order to optimize the aperture of photometer.