

В.П. Галилейский, А.М. Морозов

**ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ПСЕВДОИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА  
РЭЛЕЕВСКОЙ АТМОСФЕРЫ**

В сообщении обсуждаются результаты моделирования взаимодействия солнечного излучения с земной атмосферой. Рассмотрена ситуация, когда наблюдатель находится на поверхности планеты, а атмосфера является рэлеевской. Опираясь на представление об атмосфере как о вторичном источнике оптического излучения, вводятся два параметра, с помощью которых может быть надежно представлено распределение яркости атмосферы в видимом диапазоне электромагнитного спектра, — цветовая температура и коэффициент, характеризующий излучательные свойства атмосферы. Анализируются некоторые закономерности углового распределения этих параметров в плоскости солнечного меридиана наблюдателя. Делается вывод об эффективности использования этих параметров при решении различных задач оптики атмосферы.

При исследовании природных объектов часто необходимо иметь информацию о распределении энергии в их электромагнитном спектре излучения. Большая часть природных источников излучения является тепловыми излучателями. В соответствии с законом Планка можно оценить распределение энергии в спектре идеального теплового источника излучения, которым является абсолютно черное тело (АЧТ):

$$M_{\text{АЧТ}}(\lambda, T) = c_1 \lambda^{-5} [\exp(c_2/\lambda T) - 1]^{-1}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{АЧТ}}$  — энергетическая светимость АЧТ;  $T$  — температура теплового источника излучения;  $c_1 = 3,7415 \cdot 10^{-16}$  Вт · м<sup>2</sup>;  $c_2 = 1,43879 \cdot 10^{-2}$  м · К.

Энергетическая яркость  $B$  не идеального, а реального источника излучения связана со светимостью АЧТ следующим соотношением [1, 2]:

$$B(\lambda, \varepsilon, T) = 1/\pi \cdot \varepsilon(\lambda, T) \cdot M_{\text{АЧТ}}(\lambda, T), \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  — спектральная функция, характеризующая излучательные свойства реального тела по отношению к АЧТ при их равной температуре.

Если в пределах спектрального интервала  $\Delta\lambda$  селективными свойствами излучения (поглощения) реального тела можно пренебречь, то  $\varepsilon$  имеет смысл коэффициента, который устанавливает подобие между спектрами АЧТ и реального источника излучения; в этом случае коэффициент  $\varepsilon$  известен как коэффициент черноты тела. Из соотношений (1) и (2) следует, что для того чтобы охарактеризовать распределение энергии в спектре теплового неселективного источника излучения, достаточно воспользоваться лишь двумя параметрами:  $\varepsilon$  и  $T$ . При решении практических задач, как правило, используют один из этих параметров и значительно реже оба одновременно. Большое число природных объектов в видимом диапазоне спектра не излучают, а переизлучают энергию (рассеивают, отражают), т. е. выступают в роли вторичных источников оптического излучения. Если такие объекты в видимом диапазоне спектра не содержат интенсивных полос поглощения, то для оценки спектрального распределения энергетической светимости и яркости этих объектов можно применять ранее указанные соотношения (1) и (2) [1, 2]. В этом случае используются псевдопараметры: цветовая температура  $T_{\text{ц}}$  и коэффициент псевдочерноты  $\varepsilon_{\text{п}}$ . Цветовая температура в настоящее время широко используется, например, при исследовании природных ресурсов [3].

В настоящем сообщении обсуждаются результаты определения параметров  $\varepsilon_{\text{п}}$  и  $T_{\text{ц}}$  для земной атмосферы, освещаемой Солнцем, при этом рассматривается ситуация, когда атмосфера является чисто рэлеевской, а наблюдатель находится на поверхности планеты. Оценка цветовой температуры осуществлялась на основе сравнения отношений спектральных яркостей атмосферы и АЧТ для двух длин волн  $\lambda_1 = 0,42$  мкм и  $\lambda_2 = 0,69$  мкм. Затем, опираясь на полученное значение  $T_{\text{ц}}$ , для одной из длин волн оценивалось значение  $\varepsilon_{\text{п}}$  на основе соотношений (1) и (2). Для вычисления значений спектральной яркости атмосферы использовалось соотношение из [4]. Программы вычислений реализованы на языке Fortran-77.

На рис. 1 приведены угловые зависимости значений  $T_{\text{ц}}$ , реализующиеся в плоскости солнечного меридиана для трех зенитных углов Солнца  $z_{\odot} = 30, 60$  и  $90^\circ$ . Обращает на себя внимание: значения цветовой температуры снижаются по мере приближения направления наблюдения к горизонту  $z_{\odot} \rightarrow 90^\circ$ . Максимальные значения  $T_{\text{ц}}$  отмечаются в околоразенитной области при зенитных углах Солн-

ца близких к нулю. Значения  $T_{ц}$ , при изменении зенитного угла Солнца от 30 до 90°, изменяются примерно в 270 раз. На рис. 2 приведены угловые зависимости коэффициента  $\epsilon_{п}$  для тех же условий. Здесь при изменении зенитного угла наблюдения отмечается обратная, по отношению к  $T_{ц}$ , зависимость значений  $\epsilon_{п}$ . Минимальные значения  $\epsilon_{п}$  отмечаются в околоразенитной области небосвода. По мере приближения к  $z_v = 90^\circ$  значения  $\epsilon_{п}$  возрастают; при тех же условиях динамический диапазон значений  $\epsilon_{п}$  заметно больше, чем  $T_{ц}$ .

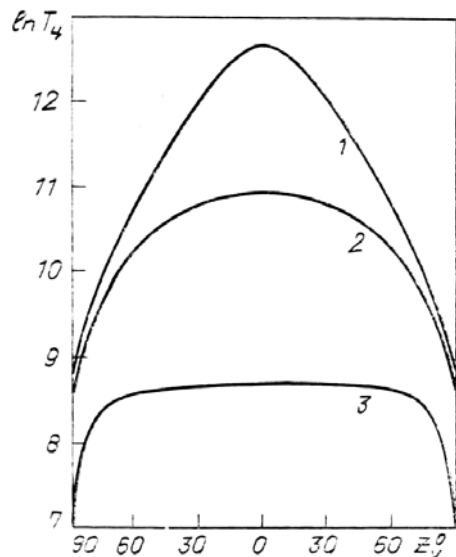


Рис. 1. Угловая зависимость цветовой температуры  $T_{ц}$  в плоскости солнечного меридиана для зенитных углов Солнца: 1—30°; 2—60°; 3—90°

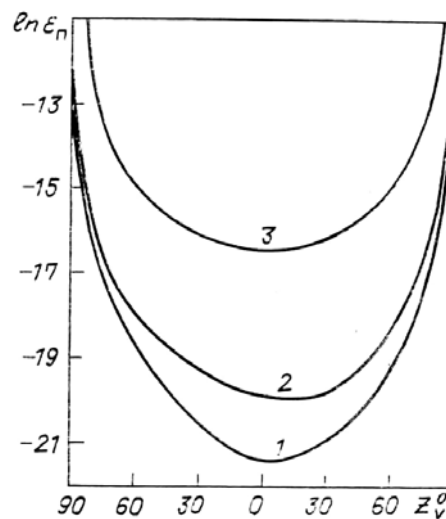


Рис. 2. Угловая зависимость коэффициента псевдо-черноты  $\epsilon_{п}$  в плоскости солнечного меридиана для зенитных углов Солнца: 1—30°; 2—60°; 3—90°

Большой диапазон изменений значений этих параметров позволяет надеяться на высокую эффективность их использования для контроля оптического состояния атмосферы и решения различных задач атмосферной оптики. Хотя  $T_{ц}$  не является истинной температурой атмосферы, а  $\epsilon_{п}$  не является истинным коэффициентом ее черноты, тем не менее с помощью этих параметров можно достаточно просто представлять характер спектрального распределения яркости атмосферы в видимом диапазоне спектра.

1. Гуревич М. М. Фотометрия. Теория, методы и приборы. Л.: Энергоиздат, 1983. 272 с.
2. Малышев В. И. Введение в экспериментальную спектроскопию. М.: Наука, 1979. 480 с.
3. Елизаренко А. С., Соломатин В. А., Якушенок Ю. Г. Опико-электронные системы в исследовании природных ресурсов. М.: Недра, 1984. 215 с.
4. Галилейский В. П., Морозов А. М. Яркость атмосферы, наблюдаемая с поверхности планеты. Дел. ВИНТИ, № 1172-1387, 1987. 10 с.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,  
г. Томск

Поступило в редакцию  
1 июня 1990 г.

V. P. Galileiskii, A. M. Morozov. **Color Temperature and Pseudoemission Properties of the Raleigh Atmosphere.**

The paper discusses the results of modeling the interaction of solar radiation with the Earth's atmosphere. The situation is considered in particular, when the observer is on the Earth's surface and the atmosphere is purely Raleigh.

Based on the model of the atmosphere representing it as a secondary source of optical radiation two parameters are introduced which enable one to contract a reliable representation of the atmospheric brightness distribution in the visual range. These parameters are the color temperature and a coefficient characterizing the atmosphere emission properties. Some specific features of these parameters angular distribution in the observer's solar meridian are analyzed. A conclusion is drawn in the paper that these parameters can be very efficient for use in solving different atmospheric optics problems.