

Е. В. ПЯСКОВСКАЯ-ФЕСЕНКОВА

## ЯРКОСТЬ НЕБА НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ НАД УРОВНЕМ МОРЯ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 15 I 1949)

Из наблюдений яркости дневного неба на поверхности земли можно определить его яркость на различных высотах над уровнем моря.

Предположим, что:

- 1) в атмосфере имеет место рассеяние только 1-го порядка;
- 2) плотность  $\rho$  изменяется с высотой  $h$  по экспоненциальному закону

$$\rho_h = \rho_0 e^{-h/H},$$

где  $\rho_0$  — плотность у поверхности земли,  $H$  — высота однородной атмосферы;

- 3) коэффициент ослабления  $k_h$  пропорционален плотности и, следовательно,

$$k_h = k_0 e^{-h/H},$$

откуда

$$\tau_h = \tau_0 e^{-h/H} \quad (1)$$

и

$$e^{-\tau_h} = p_h = p_0 e^{-h/H}, \quad (2)$$

где  $\tau_0$  — оптическая толщина атмосферы,  $p$  — коэффициент прозрачности атмосферы;

- 4) чистое поглощение отсутствует, другими словами, рассматриваются участки спектра, где ослабление радиации зависит только от рассеяния.

Яркость неба  $B$  при учете рассеяния только 1-го порядка, как известно, может быть представлена выражениями

$$B = E_{\odot}^0 \frac{\mu}{k} \frac{m}{m - m_{\odot}} (p^m_{\odot} - p^m) \quad \text{при } m \neq m_{\odot}; \quad (3)$$

$$B = -E_{\odot}^0 \frac{\mu}{k} m p^m \ln p \quad \text{при } m = m_{\odot}. \quad (4)$$

Здесь  $E_{\odot}^0$  — освещенность от солнца на границе атмосферы;  $\mu = \sigma f(\vartheta)$  — интенсивность рассеянного света при угле рассеяния  $\vartheta$  ( $\vartheta$  — угловое расстояние наблюдаемой точки неба до солнца);  $m_{\odot}$  и  $m$  — атмосферные массы в направлении на солнце и на наблюдаемую точку неба. Отношение яркости неба  $B_h$  на любой высоте  $h$  над уровнем моря к его яркости на поверхности земли  $B_0$  на том же зенитном расстоянии равно:

$$\frac{B_h}{B_0} = \frac{\mu_h}{k_h} \cdot \frac{\mu_0}{k_0} \frac{p_h^{m_{\odot}} - p_0^m}{p_0^{m_{\odot}} - p_0^m} \quad \text{при } m \neq m_{\odot}; \quad (5)$$

$$\frac{B_h}{B_0} = \frac{\mu_h}{k_h} \cdot \frac{\mu_0}{k_0} \frac{p_h^m}{p_0^m} \frac{\ln p_h}{\ln p_0} \quad \text{при } m = m_{\odot}. \quad (6)$$

Для  $h = 5$  км и выше можно считать, что рассеяние света происходит по закону Релея и, следовательно,  $\mu_h/k_h$  — величина известная. У поверхности земли, благодаря присутствию аэрозолей, рассеяние света отличается от релеевского. Как показало мое исследование (1), интенсивности рассеянного света реальной атмосферой и идеальной, рассеивающей по закону Релея, при равных  $\tau$  могут значительно различаться для малых  $\vartheta$  ( $\vartheta = 0$  — направление падающего луча) и мало для углов рассеяния  $50^\circ < \vartheta \leq 90^\circ$ . Поэтому, если нет специального исследования по определению интенсивности рассеянного атмосферой света  $\mu$ , то всегда можно с небольшой степенью погрешности считать  $\mu$  для реальной атмосферы для  $50^\circ < \vartheta \leq 90^\circ$  численно равной  $\mu$  для атмосферы, рассеивающей по закону Релея при той же самой  $\tau$ . Следовательно, этот вывод относится и к отношению  $\mu/k$ . Таким образом, если определять  $B_h/B_0$  из (5) для зенита при высоте солнца от 0 до  $40^\circ$ , то  $\frac{\mu_h}{k_h} : \frac{\mu_0}{k_0}$

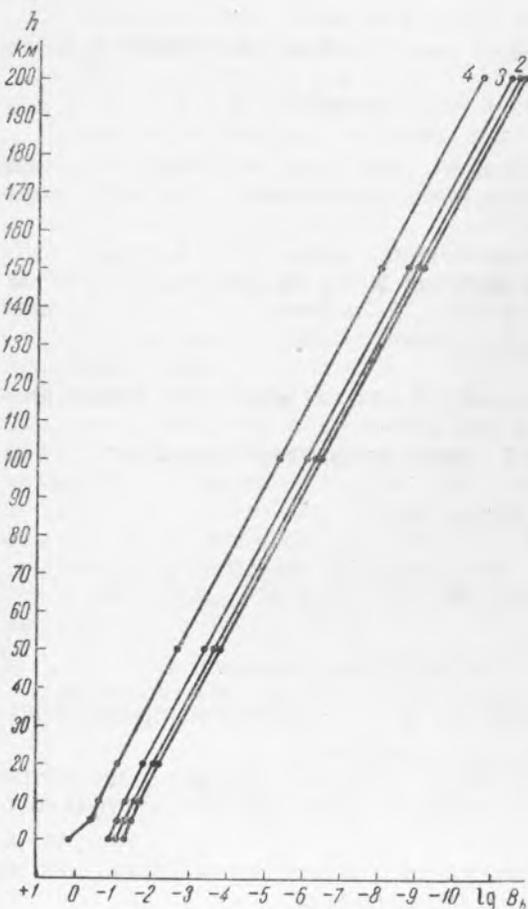


Рис. 1. 1 и 2 — горная станция Алма-Ата, зенит; 3 — Узкое, зенит; 4 — Узкое, альмукуантарат солнца,  $\vartheta = 10^\circ$

$\tau_0$  (2). Определив  $\tau_0$  и, следовательно,  $p_0$ , находим из (2)  $p_h$ .

Наблюдения яркости дневного неба велись мною с визуальным фотометром конструкции В. Г. Фесенкова через зеленый фильтр Шютта (эффективная длина волны системы глаз — фильтр 544 мμ). Наблюдения с тем же фотометром яркости площадки с известным альбедо, освещенной солнцем, позволили найти яркость неба в стильбах, принимая освещенность солнцем на границе атмосферы в 130 000 люкс.

Яркость неба в зените на различных высотах до 200 км была получена из (5) для трех ясных летних дней; два из них относятся к



Средней Азии, наблюдения велись на горной станции Института астрономии и физики на высоте 1350 м, один — к Средней России, наблюдения велись в Узком, в 20 км от Москвы. Кроме того, для последнего дня была вычислена яркость неба на альмукантарате солнца из (6) на тех же высотах для  $\vartheta = 10^\circ$ . Результаты приведены в табл. 1.  $z_\odot$  и  $z$  — зенитные расстояния солнца и той точки неба, в направлении которой определяется его яркость на различных  $h$ . Для удобства вычисления  $\mu_0$  и  $\mu_h$  брались не для тех  $\vartheta$ , которые указаны в табл. 1, а для равных, соответственно, 70, 10, 60, 80°, что могло внести только незначительную погрешность.

На рис. 1 представлена зависимость  $\lg B_h$  от  $h$ .

Из рассмотрения табл. 1 и рис. 1 можно сделать следующие выводы.

1. Яркость неба в зените на различных  $h$ , определенная для двух пунктов наблюдения, хорошо согласуется между собой ( $z_\odot$  и, следовательно,  $\vartheta$  не отличаются в обоих пунктах больше, чем на  $15^\circ$ ).

2. Ход  $\lg B_h$  в функции  $h$  прямолинейный, начиная с 20 км и выше. Ниже для зенита (см. рис. 1, кривые 1, 2 и 3) от поверхности земли до 20 км  $\lg B_h$  меняется медленнее, кривая поднимается круче по отношению к оси абсцисс. У поверхности земли для зенита во всех трех случаях  $\mu_0$  близка к релеевской при той же самой  $\tau_0$ , так как высота солнца находится между 0 и  $40^\circ$ . Для точки неба, лежащей на альмукантарате солнца на угловом расстоянии от него  $10^\circ$  (кривая 4), от 5 до 20 км ход тот же, что и для зенита; ниже — от поверхности земли до 5 км —  $\lg B_h$  меняется быстрее, чем для зенита, кривая более пологая. Это можно объяснить тем, что  $\mu_0$  для  $\vartheta = 10^\circ$  значительно отличается от релеевской, небо ярче, чем оно было бы при рассеянии света по закону Релея при действительном  $\tau_0$ , в данном случае равном 0,248.

3. Яркость неба в зените при  $h = 20$  км приблизительно в 10 раз меньше, чем у поверхности земли.

4. Яркость неба днем в зените та же, что и в безлунную ночь ( $10^{-8}$  стильбов) на высоте около 130 км.

Институт астрономии и физики  
Академии наук Каз.ССР  
Алма-Ата

Поступило  
15 I 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Е. В. Пясковская-Фесенкова, ДАН, 61, № 6 (1948). <sup>2</sup> Е. В. Пясковская-Фесенкова, Астрон. журн., 24, в. 2 (1947).

#### ПОПРАВКА

В статье Е. В. Пясковской-Фесенковой, помещенной в ДАН, т. 61, № 6, 1948 г., подпись под рис. 3 следует читать: 1 — сферическая индикатриса рассеяния, 2 — релеевская индикатриса, 3 — наблюдения с красным фильтром, 4 — наблюдения с зеленым фильтром, 5 — наблюдения с синим фильтром.