

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 ρ изменяется с высотой h по экспоненциальному закону

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

где ρ_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 τ_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 ϑ (ϑ — 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, μ_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 τ могут значительно различаться для малых ϑ ($\vartheta = 0$ — 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 μ , то всегда можно с небольшой степенью погрешности считать μ для реальной атмосферы для $50^\circ < \vartheta \leq 90^\circ$ численно равной μ для атмосферы, рассеивающей по закону Релея при той же самой τ . Следовательно, этот вывод относится и к отношению μ/k . Таким образом, если определять B_h/B_0 из (5) для зенита при высоте солнца от 0 до 40° , то $\frac{\mu_h}{k_h} : \frac{\mu_0}{k_0}$

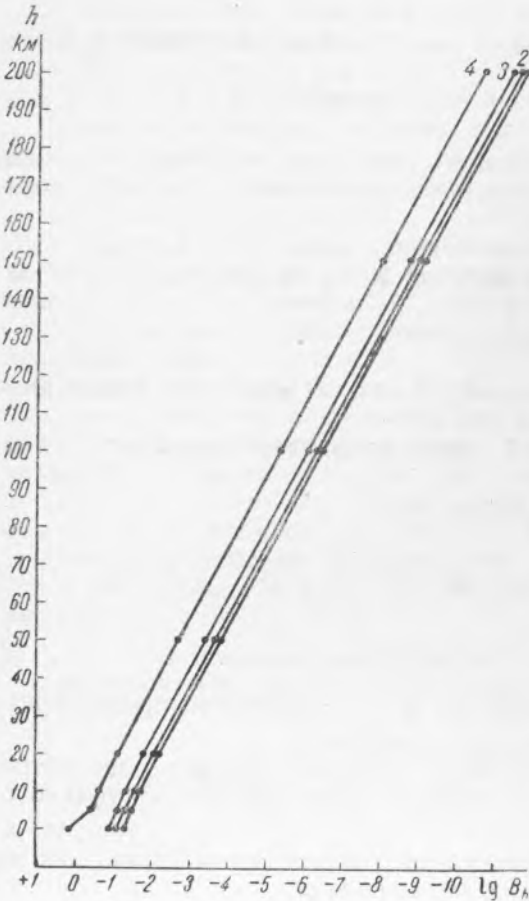


Рис. 1. 1 и 2 — горная станция Алма-Ата, зенит; 3 — Узкое, зенит; 4 — Узкое, альмукуантарат солнца, $\vartheta = 10^\circ$

близко к единице, так как в этом случае угловое расстояние зенита до солнца $50^\circ \leq \vartheta \leq 90^\circ$. Это подтверждается наблюдениями (строка 6, столбцы 2, 4 и 5 табл. 1). Отношение μ_0/k_0 можно определить для любого ϑ , если из наблюдений яркости неба найти отдельно μ_0 и k_0 , относя обе величины к высоте всей атмосферы, т. е. заменяя k_0 оптической толщиной атмосферы τ_0 (2). Определив τ_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

	Узкое				Горная станция Алма-Ата			
	$Z \ominus$	Z	$\frac{V_h}{k_h}$	$\frac{V_h}{B_0}$	$Z \ominus$	Z	$\frac{V_h}{k_h}$	$\frac{V_h}{B_0}$
0	67°,3	0°	67°,3	1	65°,3	0°	65°,3	1
5	0,121	0,649	0,273	1,36	0°	83°,1	0,645	0,0322
10	0,0785	0,378	0,171	0,233	65°,3	0,881	0,417	0,0208
20	0,0457	0,122	0,0561	0,0763	1,01	0,906	0,120	0,00600
50	0,0148	0,296 · 10 ⁻²	0,139 · 10 ⁻²	1,89 · 10 ⁻³			2,02 · 10 ⁻⁴	0,293 · 10 ⁻²
100	3,58 · 10 ⁻⁴	0,571 · 10 ⁻⁵	0,268 · 10 ⁻⁵	3,64 · 10 ⁻⁶			3,90 · 10 ⁻⁷	0,566 · 10 ⁻⁵
150	6,91 · 10 ⁻⁷	0,110 · 10 ⁻⁷	0,515 · 10 ⁻³	7,00 · 10 ⁻⁹			7,52 · 10 ⁻¹⁰	0,109 · 10 ⁻⁷
200	1,33 · 10 ⁻⁹	0,213 · 10 ⁻¹⁰	0,100 · 10 ⁻¹⁰	1,36 · 10 ⁻¹¹			1,46 · 10 ⁻¹²	0,211 · 10 ⁻¹⁰
	2,58 · 10 ⁻¹²							1,46 · 10 ⁻¹²

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 μ_0 и μ_h брались не для тех ϑ , 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, ϑ не отличаются в обоих пунктах больше, чем на 15°).

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 μ_0 близка к релеевской при той же самой τ_0 , так как высота солнца находится между 0 и 40° . Для точки неба, лежащей на альмукантарате солнца на угловом расстоянии от него 10° (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 μ_0 для $\vartheta = 10^\circ$ значительно отличается от релеевской, небо ярче, чем оно было бы при рассеянии света по закону Релея при действительном τ_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

¹ Е. В. Пясковская-Фесенкова, ДАН, 61, № 6 (1948). ² 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.