

Е. В. ПЯСКОВСКАЯ-ФЕСЕНКОВА

**ЗАВИСИМОСТЬ РАССЕЙНИЯ СВЕТА В АТМОСФЕРЕ ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ**

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 2 VIII 1951)

С 1949 г. на Горной обсерватории института астрофизики АН Каз.ССР в окрестностях г. Алма-Ата ( $h = 1400$  м) производились измерения освещенностей на перпендикулярную площадку от солнца и отдельно от околосолнечного ореола в разных участках спектра при помощи усовершенствованного мною ореольного фотометра конструкции В. Г. Фесенкова, снабженного шоттовскими фильтрами. Приемником служил селеновый фото-элемент. Применялся зеркальный гальванометр ГПГ-2. При обработке наблюдательного материала все показания гальванометра приводились к температуре, равной  $20^\circ$ . Исследовалась пропорциональность фототока и освещенности.

Кроме того, с 1945 г. мною производились измерения яркости дневного неба при помощи визуального фотометра конструкции В. Г. Фесенкова, снабженного шоттовскими цветными фильтрами. Одновременно измерялась яркость экрана с известным альбедо, освещенного солнцем.

На основании известной формулы яркости неба  $B$  на альмукантарате солнца, выведенной в предположении рассеяния первого порядка, имеем

$$\mu = \frac{B}{E_{\odot, m}} \frac{1}{m} = \frac{E}{E_{\odot, m}} \frac{1}{m}, \quad (1)$$

где  $E_{\odot, m}$  — освещенность от солнца в месте наблюдения на перпендикулярную к лучам площадку;  $m$  — атмосферная масса в направлении на солнце;  $E$  — освещенность на перпендикулярную к лучам площадку со стерадиана небесного свода;  $\mu = \tau f(\vartheta)$  — доля рассеянного светового потока в единицу телесного угла по отношению к падающему световому потоку;  $f(\vartheta)$  — функция рассеяния.

Таблица 1

$m$	Синий фильтр		Зеленый фильтр		Красный фильтр	
	$\lambda_0$ в мμ	$\rho_\lambda$	$\lambda_0$ в мμ	$\rho_\lambda$	$\lambda_0$ в мμ	$\rho_\lambda$
2	441	0,800	545	0,876	635	0,916
6	449	0,813	546	0,878	636	0,916
10	455	0,824	547	0,879	637	0,917
15	461	0,834	548	0,880	639	0,917

Эффективные длины волн  $\lambda_0$  системы фотоэлемент — фильтр определялись как среднее весовое из всех длин волн действующего участка спектра для различных  $m$ , как это производилось мною и раньше (1), согласно формуле

$$\lambda_0 = \frac{\int_0^{\infty} E_{\lambda,0} \varepsilon_{\lambda} p'_{\lambda} p_{\lambda}^m d\lambda}{\int_0^{\infty} E_{\lambda,0} \varepsilon_{\lambda} p'_{\lambda} p_{\lambda}^m d\lambda}, \quad (2)$$

где  $E_{\lambda,0}$  — распределение энергии в спектре солнца вне атмосферы;  $\varepsilon_{\lambda}$  — спектральная чувствительность приемника;  $p'_{\lambda}$  — прозрачность фильтра;  $p_{\lambda}$  — коэффициент прозрачности атмосферы. Весом является  $E_{\lambda,0} \varepsilon_{\lambda} p'_{\lambda} p_{\lambda}^m$  — относительная величина лучистого потока данной длины волны, воспринятого приемником. Значения  $\lambda_0$  были определены для  $m = 2, 6, 10$  и 15 и представлены в табл. 1.

Соответствующие  $p_{\lambda}$  получены на основании данных Аббота для Маунт Вилсона. Эффектом Форбса можно пренебречь, если допустить максимальную ошибку в  $p_{\lambda}$  для красного и зеленого фильтров в 0,5%, а для синего — в 1% до  $z_{\odot} = 80^{\circ}$ . Отмечу, что распределение энергии в спектре источника света мало влияет на величину  $\lambda_0$  для данной системы селеновый фотоэлемент — фильтр или глаз — фильтр. В табл. 2

Таблица 2

$T$ в °	$\lambda_0$ в мμ		
	синий фильтр	зеленый фильтр	красный фильтр
20000	473	544	624
6000	476	546	625
4000	479	547	626
$E_{\lambda,0} = \text{const}$	476	547	626

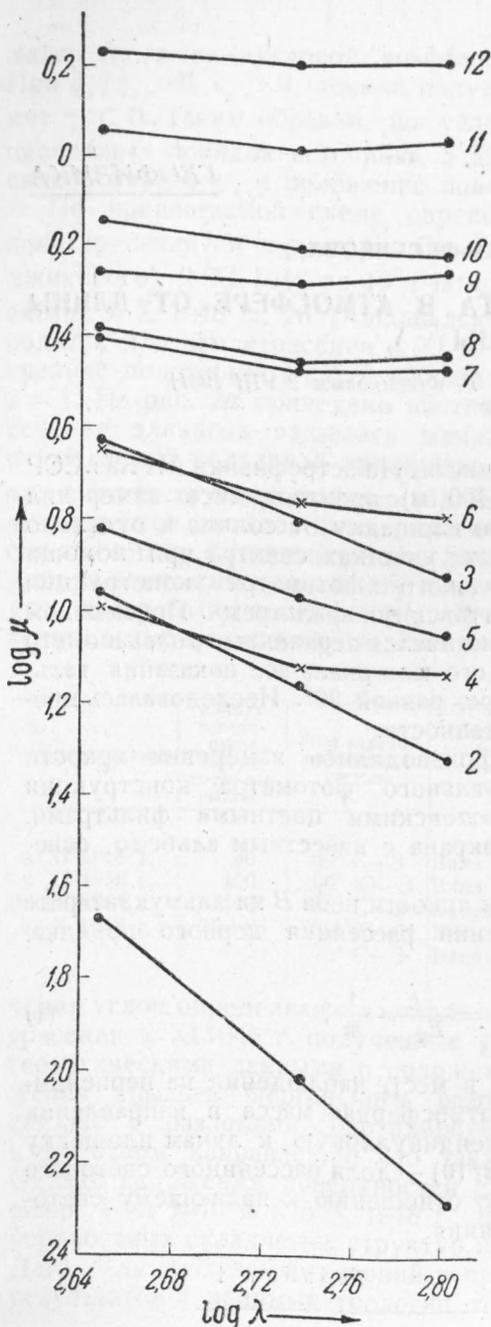


Рис. 1.  $\vartheta = 2^{\circ}$ . 1 — рэлеевское рассеяние, 2 — 8 I п. п., 3 — 2 II п. п., 4 — 17 IX д. п., 5 — 15 IX д. п., 6 — 24 IX д. п., 7 — 22 IX д. п., 8 — 17 IX п. п., 9 — 16 IX п. п., 10 — 6 X п. п., 11 — 24 IX п. п., 12 — 25 IX п. п.

источник света неселективный  $E_{\lambda,0} = \text{const}$ . Вычисления производились по (2), принимая  $p_{\lambda} = 1$ .

Из данных наблюдения с ореольным фотометром были определены  $\mu$  для  $\vartheta = 2^\circ$ , а для остальных значений  $\vartheta$  с визуальным фотометром. Зависимости  $\lg \mu$  от  $\lg \lambda$  для  $\vartheta = 2^\circ$  представлены на рис. 1 для релейевской (прямая 1) и реальной атмосфер. Прямые 2 и 3 относятся к зимним дням при наличии снегового покрова и отсутствию околосолнечного ореола. Ломаные линии 4—12 относятся к осенним дням с различной

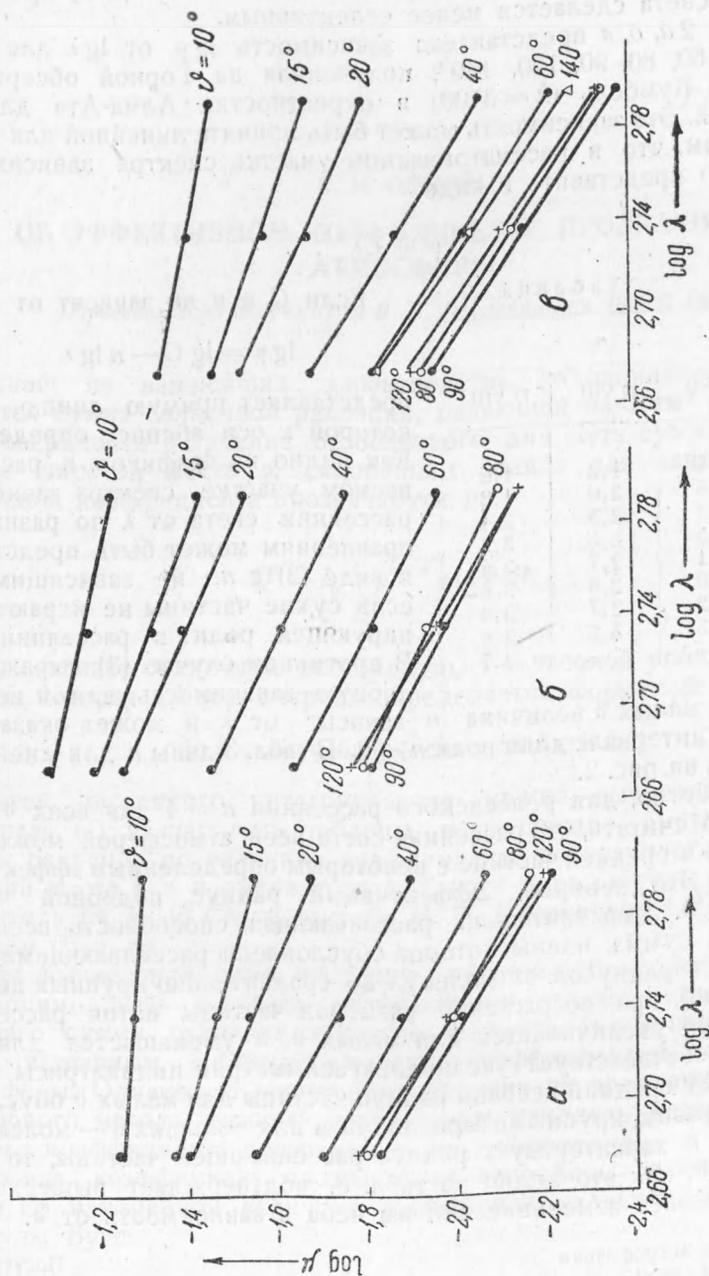


Рис. 2. Горная обсерватория: а — 19 VII, б — 24 VIII, в — гора Кумбель 12 VIII

степенью запыленности. Эти последние указывают на аномально малую величину  $\mu$  для зеленых лучей при данных значениях  $\mu$  для красных и синих, если считать нормальной линейную зависимость, как того требует теория Релея. Некоторые дни имеют минимум рассеяния в зеленых лучах, а не в красных. Если сравнить между собой осенние и зимние дни, как, например, 17 IX и 8 I или 24 IX и 2 II, то окажется, что первые отличаются аномально большими значениями  $\mu$  в красных

лучах при близком равенстве этих значений в синих и зеленых. Это обуславливает желтоватый цвет неба вблизи солнца. Таким образом, если доминирующую роль в рассеянии света играет влага, как это имеет место зимой, то зависимость  $\lg \mu$  от  $\lg \lambda$  для малых  $\vartheta$  нормальна. Прибавление сухих аэрозолей нарушает эту зависимость, причем минимум рассеяния может оказаться в зеленых лучах и, кроме того, рассеяние света делается менее селективным.

На рис. 2 а, б, в представлена зависимость  $\lg \mu$  от  $\lg \lambda$  для  $\vartheta = 10, 15, 20, 40, 60, 80, 90, 120, 140^\circ$ , полученная на Горной обсерватории и на горе Кумбель ( $h = 3100$ ) в окрестностях Алма-Ата для трех летних дней. Эта зависимость может быть принята линейной для всех  $\vartheta$ .

Допустим, что в рассматриваемом участке спектра зависимость  $\mu$  от  $\lambda$  можно представить в виде

$$\mu = C\lambda^{-n}. \quad (3)$$

Таблица 3

Если  $C$  и  $n$  не зависят от  $\lambda$ , то

$$\lg \mu = \lg C - n \lg \lambda \quad (4)$$

$\vartheta$ в °	$n$		
	19 VII	23 VIII	12 VIII
10	0,4	1,2	1,0
15	1,5	2,0	1,8
20	2,3	2,3	2,4
40	2,9	2,5	3,2
60	3,1	2,7	3,4
80	3,0	2,6	3,6
90	3,2	2,7	3,6
120	3,5	3,2	3,6
140	—	—	3,7

представляет прямую линию, наклон которой к оси абсцисс определяет  $n$ . Как видно из графиков, в рассматриваемом участке спектра зависимость рассеяния света от  $\lambda$  по разным направлениям может быть представлена в виде (3) с  $n$ , не зависящим от  $\lambda$ , если сухие частицы не играют доминирующей роли в рассеянии света. В противном случае (3) выражает подобную зависимость для  $\vartheta$  не очень

малых; для малых  $\vartheta$  величина  $n$  зависит от  $\lambda$  и может оказаться в некотором интервале длин волн  $n < 0$ . В табл. 3 даны  $n$  для дней, представленных на рис. 2.

Как известно, для релеевского рассеяния  $n = 4$  для всех  $\vartheta$ .

Принято считать, что рассеяние света всей атмосферой может быть приурочено к средней частице с некоторым определенным эффективным радиусом. Это неверно. Эффективный радиус подобной частицы меняется с  $\vartheta$ . Действительно, рассеивающая способность всей атмосферы есть сумма, члены которой обусловлены рассеивающими частицами разных радиусов от молекул до сравнительно крупных пылинок. Как известно, при возрастании размеров частицы поток рассеянного света быстро увеличивается для малых  $\vartheta$  и уменьшается для больших — это соответствует увеличению асимметрии индикатрисы рассеяния. Поэтому средний весовой радиус частицы для малых  $\vartheta$  обусловлен, главным образом, крупными аэрозолями, а для больших  $\vartheta$  — молекулами. Поскольку  $n$  характеризует радиус рассеивающей частицы, то увеличение  $n$  с  $\vartheta$ , как это видно из табл. 3, подтверждает вышесказанное и обуславливает изменение синевы неба в зависимости от  $\vartheta$ .

Институт астрофизики  
Академии наук Каз.ССР

Поступило  
28 VI 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Е. В. Пясковская-Фесенкова, ДАН, 51, № 3 (1946).