

Г. М. Айвазян

ОБ ОКНЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ПРИ $\lambda = 10-12 \mu$

В работе [1] показано, что в полидисперсных облаках и туманах при расчете спектрального коэффициента ослабления α_λ ИК радиации (учитывается изменение комплексного показателя преломления от длины волны λ), в области спектра $10-12 \mu$ обнаруживается „окно пропускания“ независимо от вида функции распределения капель по размерам. Кроме того указывалось, что величины $\gamma_{\min}$ постепенно* убывают с увеличением d_2 среды. Так как для расчетов использовались реальные распределения по размерам, невозможно было проследить за ходом α_λ и изменением γ для распределений с $d_2 < 6 \mu$ и $d_2 > 16 \mu$ **. Для устранения этого пробела, а также для выяснения закономерности изменения характера кривых α_λ при вариации параметрами распределения, пришлось прибегнуть к строго теоретическому решению задачи в целом.

В настоящей работе, по методу Л. М. Левина [3], получена формула, связывающая спектральный коэффициент ослабления с длиной волны радиации, со средне-квадратичным диаметром d_2 и комплексным показателем преломления m . По полученной формуле рассчитывались функции $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$ от $R\left(\frac{\pi d_2}{\lambda}\right)$ для 12 значений m , соответствующих дли-

* Величины $\gamma_{\min} = \frac{\alpha_\lambda}{\alpha_\lambda^*}$ рассчитывались при $\lambda = 11 \mu$, где α_λ^* и α_λ

вычислены соответственно с учетом и без учета изменения m от λ .

** Нижний предел d_2 ограничен возможностью „поточных ловушек“ измерять капли определенных размеров [2].

нам волн ИК области спектра 1,5—15 μ . Далее, по этим данным построены кривые зависимости $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$ от λ для фиксированных d_2 в диапазоне $1\mu \leq d_2 \leq 30\mu$.

На обширном экспериментальном материале по микроструктуре облаков и туманов установлено [3], что разнообразие распределений облачных капель по размерам можно описать целым классом функций — гамма-распределениями, которые отличаются от нормально-логарифмического [4] аналитической простотой:

$$n_{2,3}(d) = \begin{cases} \frac{N}{\Gamma(\alpha+1)\beta^{\alpha+1}} d^{\alpha} e^{-d/\beta} & \text{при } d > 0 \ (\alpha > -1 \ \beta > 0) \\ 0 & \text{при } d \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где N — число частиц в единице объема,

d — диаметр частиц,

$\Gamma(\alpha+1)$ — гамма-функции.

Оптическое сечение облачных капель, все равно, что коэффициент ослабления радиации облачными каплями [3], можно представить в виде:

$$S_{\text{опт.}} = \int_0^{\infty} \frac{\pi d^2}{4} K(\rho) n(d) Dd, \quad (2)$$

где $K(\rho)$ — функция параметра $\rho = \frac{\pi d}{\lambda}$ и для капель воды с $m=1,33$ впервые вычислена Стреттоном и Хаутоном [5].

Подставив в (2) формулу (1), а вместо $K(\rho)$ — аппроксимационную формулу при $m=1,333$ (см. (6) из [3]). Л. М. Левин получил зависимость оптического сечения от d_2 и λ .

Так как нас интересовала оптическая плотность при различных m , то вместо $K(\rho)$ для $m=1,333$ мы использовали аппроксимационную формулу $K(\rho)$ для случая малых про-

зрачных частиц [6], куда в качестве переменной входит комплексный показатель преломления:

$$K(\rho) = 2 \left\{ 1,13 - \frac{4m^2}{\rho(m+1)^2(m-1)} \sin [2\rho(m-1)] \right\} + \Delta K(\rho), \quad (3)$$

где $0 < \Delta K(\rho) = 2,393 + 1,940(m-1) + \rho[-0,035 - (m-1)]$.

Таким образом, подставив (1) и (3) в формулу (2) и перейдя к безразмерным параметрам $\delta = \frac{d}{\beta}$ и $\Lambda = \frac{\lambda}{\beta}$, после интегрирования получаем:

$$S(\Lambda) = \frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}} = 2,25 - \frac{8m^2}{\frac{\pi}{\Lambda}(\alpha+2)(m+1)^2(m-1) \left\{ 1 + \left| \frac{2\pi}{\Lambda}(m-1) \right|^2 \right\}^{\alpha+2}} \times \times \frac{1}{i} \text{Im} \left[\left\{ 1 + i \left| \frac{2\pi}{\Lambda}(m-1) \right| \right\}^{\alpha+2} \right] + S_3, \quad (4)$$

где

$$0 < S_3 = 2,393 + 1,940(m-1) + \frac{\pi}{\Lambda}[-0,035 - (m-1)](\alpha+3).$$

По формуле (4) при $\alpha=2$ вычислены функции $S(\Lambda) = \frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}(\Lambda)$ (см. табл. 1) для значений m [7], приведенных в табл. 2*.

Погрешность, допущенная при расчетах значений $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$ из табл. 1 зависит исключительно от точности аппроксимационной формулы (3) и подробно рассматривается в работе [6]. Отметим лишь, что для интересующих нас

* Значения m , для некоторых λ совпадают или близки настолько, что учитывая погрешность при расчетах $S(\Lambda)$ их нельзя отличить. Поэтому расчеты проводились для 12 значений m , обозначенных в табл. 2 звездочкой.

Таблица 1

№	R	Λ	Комплексный показатель преломления											
			1,157	1,210	1,270	1,292	1,300	1,312	1,323	1,333	1,342	1,415	1,438	1,480
			Величины $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$											
1	24,2	0,45	2,265	2,254	2,251	2,251	2,251	2,251	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250
2	18,2	0,60	2,291	2,266	2,255	2,254	2,253	2,253	2,252	2,252	2,252	2,250	2,250	2,250
3	14,5	0,75	2,311	2,285	2,265	2,263	2,260	2,258	2,257	2,258	2,255	2,252	2,252	2,251
4	10,9	1,00	2,241	2,313	2,291	2,283	2,281	2,277	2,272	2,270	2,269	2,259	2,257	2,255
5	8,72	1,25	2,286	2,277	2,315	2,309	2,307	2,302	2,296	2,293	2,292	2,273	2,268	2,265
6	7,26	1,50	2,313	2,374	2,301	2,313	2,317	2,318	2,314	2,313	2,313	2,293	2,286	2,278
7	6,23	1,75	2,185	2,511	2,411	2,305	2,288	2,301	2,307	2,312	2,318	2,313	2,307	2,298
8	5,44	2,00	1,981	2,484	2,610	2,574	2,550	2,510	2,467	2,425	2,384	2,324	2,321	2,318
9	4,84	2,25	1,766	2,375	2,685	2,717	2,709	2,699	2,687	2,668	2,644	2,374	2,322	2,311
10	4,36	2,50	1,552	2,210	2,655	2,748	2,754	2,777	2,791	2,794	2,787	2,647	2,572	2,420
11	3,96	2,75	1,373	2,032	2,569	2,709	2,726	3,772	2,813	2,838	2,845	2,832	2,790	2,690
12	3,53	3,00	1,219	1,857	2,446	2,625	2,651	2,719	2,776	2,823	2,845	2,951	2,943	2,897
13	3,11	3,50	0,963	1,523	2,142	2,367	2,403	2,536	2,579	2,654	2,696	3,003	3,057	3,115
14	2,72	4,00	0,783	1,252	1,848	2,080	2,126	2,227	2,328	2,413	2,413	2,911	3,016	3,162
15	2,18	5,00	0,553	0,869	1,347	1,554	1,592	1,696	1,782	1,883	1,944	2,498	2,664	2,925
16	1,82	6,00	0,409	0,630	0,976	1,140	1,188	1,270	1,342	1,431	1,490	2,032	2,214	2,510
17	1,56	7,00	0,333	0,467	0,734	0,872	0,875	0,953	1,013	1,153	1,131	1,613	1,791	2,077
18	1,36	8,00	0,291	0,370	0,545	0,663	0,666	0,724	0,767	0,815	0,867	1,278	1,425	1,701
19	1,21	9,00	0,264	0,301	0,423	0,519	0,530	0,557	0,598	0,620	0,681	1,002	1,148	1,377
20	1,09	10,0	0,251	0,258	0,340	0,400	0,405	0,446	0,465	0,495	0,536	0,790	0,920	1,127
21	0,99	11,0	0,239	0,228	0,273	0,327	0,320	0,350	0,363	0,382	0,412	0,606	0,718	0,913
22	0,91	12,0	0,233	0,200	0,227	0,266	0,260	0,284	0,286	0,305	0,324	0,484	0,595	0,736
23	0,78	14,0	0,234	0,178	0,168	0,186	0,169	0,185	0,180	0,200	0,200	0,299	0,371	0,473
24	0,73	15,0	0,230	0,167	0,142	0,159	0,145	0,154	0,147	0,150	0,157	0,230	0,296	0,362
25	0,54	20,0	0,239	0,154	0,091	0,092	0,068	0,066	0,043	0,039	0,041	0,028	0,064	0,079
26	0,44	25,0	0,248	0,156	0,075	0,069	0,035	0,035	0,008	0,001	0,002			
27	0,36	30,0	0,256	0,163	0,079	0,063	0,035	0,027						

Таблица 2

№	λ в μ	m	№	λ в μ	m
1	1,5	1,323*	9	7,0	1,327
2	2,0	1,304	10	8,0	1,292*
3	3,0	1,415*	11	9,0	1,270*
4	3,2	1,480*	12	10,0	1,210
5	3,4	1,438*	13	11,0	1,157*
6	4,5	1,342*	14	12,0	1,210*
7	5,47	1,297	15	13,0	1,300*
8	6,0	1,312*	16	15,0	1,410

значений $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$ погрешность эта мала и не превышает 10%.

На рис. 1 изображены некоторые из функций $S(R)$ (см. табл. 1) для $m=1,157$, $m=1,270$, $m=1,333$ и $m=1,480$. Пунктиром обозначена функция $S(R)$ для $m=1,333$, полу-

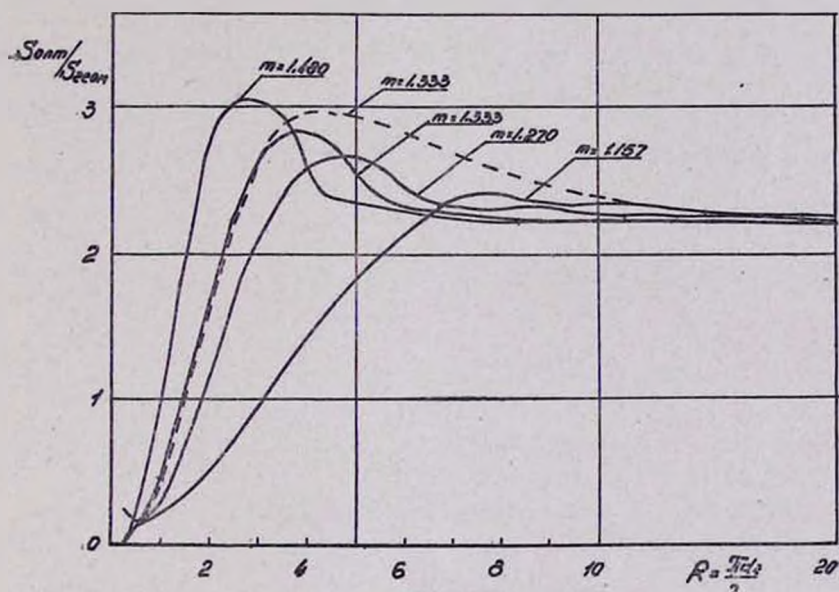


Рис. 1. Функции $S(R) = \frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}(R)$ для $m=1,157$, $m=1,270$, $m=1,333$, $m=1,480$ и функция $\bar{S}(R)$ Л. М. Левина при $m=1,333$ (пунктир) — вычисленная Л. М. Левиным (см. фиг. 6 [3]). Как видно из рисунка для $m=1,157$ максимум кривой $S(R)$ находится при

$R=7,26$, а величина $S_{\max}(R)=2,313$. С увеличением m положение максимума смещается в сторону малых R и для $m=1,480$ уже имеем $R=2,72$. Величины $S_{\max}(R)$ с увеличением m растут и для $m=1,480$ величина $S_{\max}=3,162$. При больших R функция $S(R)$ стремится к постоянной величине 2,25, причем для больших m область, где $S(R)=\text{const}$ смещается в сторону малых R .

Из сравнения кривых при $m=1,333$ легко заметить, что наша кривая хорошо совпадает с кривой Л. М. Левина (пунктир) до $R \sim 6$, а для $R > 6$ кривые расходятся. Очевидно это связано с тем, что в формуле (3) при $\rho \rightarrow \infty$ величина $K(\rho)$ стремится к 2,25, а не к двум, как это следовало ожидать из теории рассеяния на крупных частицах. Однако, как это мы покажем ниже, для интересующих нас длин волн и d_2 , используется область, где $R < 6$ и это несовпадение не влияет на окончательные наши результаты.

Безразмерный параметр $R = \frac{\pi d_2}{\lambda}$ является функцией d_2 и λ . Поэтому, предположив $\lambda = \text{const}$ и изменяя величины d_2 можно получить различные R или $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$, а, если взять целый ряд λ , то можно построить зависимость $\frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}$ от λ для фиксированных значений d_2 .

В табл. 3 приводятся значения R для d_2 в диапазоне $1\mu \leq d_2 \leq 30\mu$, и λ из ИК области спектра (см. табл. 2). Легко убедиться, что для участка спектра $\lambda = 10-12\mu$ и d_2 в интервале $1\mu \leq d_2 \leq 20\mu$, величина R не превышает шести, что подтверждает справедливость расчетов с применением формулы (3) (см. выше).

На рис. 2 изображены функции $S^*(\lambda)$ для фиксированных значений d_2 , которые рассчитывались по значениям R из табл. 3 и кривым $S(R)$, построенным на основе табл. 1, т. е. данные кривые построены с учетом изменения m от λ . Что бросается в глаза при рассмотрении рис. 2, то это резко выраженные минимумы кривых $S^*(\lambda)$, для различных d_2 — „окно пропускания“ при $\lambda = 10-12\mu$, полученное нами еще в работе [1].

Таблица 3

№	d_2 в μ	Д л и н а в о л н ы в μ															
		1,5	2,0	3,0	3,2	3,4	4,5	5,47	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	15,0
		З н а ч е н и я $R = \frac{\pi d_2}{\lambda}$															
1	0,5	1.05	0.79	0.52	0.49	0.46	0.35	0.29	0.26	0.22	0.20	0.17	0.16	0,14	0,13	0.12	0.11
2	1	2.09	1.57	1,05	0.98	0.92	0.70	0.57	0.52	0.45	0.39	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24	0.21
3	2	4.19	3.14	2.09	1.97	1.85	1,39	1.15	1.05	0.90	0.79	0.70	0.63	0.57	0.52	0.48	0.42
4	2,5	5,24	3,93	2,61	2.46	2.31	1.74	1.41	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.59	0.52
5	3	6.28	4.71	3.14	2.95	2.77	2.09	1.72	1.57	1.35	1.18	1.05	0.94	0.86	0.79	0.72	0.63
6	3,5	7.34	5.50	3.66	3.44	3.23	2.41	2.01	1.84	1.57	1.38	1.22	1.10	1.00	0.92	0.85	0.73
7	4	8.40	6.29	4.19	3.94	3.70	2.79	2.30	2.10	1.80	1.57	1.40	1.26	1.14	1.05	0.97	0.84
8	5	10.5	7.85	5.23	4.90	4.62	3.49	2.87	2.62	2.25	1.96	1.74	1.57	1.43	1.31	1.21	1.05
9	6	12.6	9.43	6.28	5.90	5.54	4.18	3.45	3.15	2.70	2.36	1.99	1.89	1.71	1.57	1.45	1.26
10	8	16.8	12.6	8.39	7.89	7.41	5.59	4.61	4.21	3.60	3.15	2.80	2.52	2.29	2.10	1.94	1.68
11	10	20.9	15.7	10.5	9.83	9.23	6.97	5.75	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.85	2.62	2.41	2.09
12	12	22.5	16.9	11.2	10.5	9.91	7.48	6.37	5.63	4.82	4.21	3.74	3.37	3.06	2.81	2.59	2.25
13	14	29.3	22.0	14.7	13.8	12.9	9.77	8.05	7.35	6.29	5.50	4.88	4.40	3.99	3.67	3.38	2.93
14	16	33.6	25.2	16.7	15.7	14.8	11.2	9.20	8.40	7.19	6.29	5.58	5.03	4.57	4.19	3.87	3.36
15	18	37.7	28.3	18.8	17.7	16.6	12.5	10.3	9.44	8.08	7.06	6.27	5.65	5.14	4.71	4.34	3.77
16	20	41.9	31.4	20.9	19.7	18.5	13.9	11.5	10.5	8.98	7.85	6.97	6.28	5.71	5.23	4.83	4.19
17	21	44.0	33.0	22.0	20.6	19.4	14.7	12.1	11.0	9.44	8.25	7.34	6.60	6.00	5.50	5.07	4.40
18	22	46.0	34.6	23.0	21.6	20.3	15.4	12.6	11.5	9.90	8.65	7.68	6.92	6.28	5.76	5.32	4.60
19	23	48.2	36.0	24.0	22.6	21.2	16.0	13.2	12.0	10.3	9.04	8.03	7.22	6.57	6.02	5.55	4.82
20	24	50.3	37.7	25.2	23.6	22.2	16.8	13.8	12.6	10.8	9.42	8.38	7.55	6.85	6.30	5.80	5.03
21	25	52.4	39.3	26.1	24.6	23.1	17.4	14.4	13.1	11.2	9.81	8.71	7.85	7.14	6.54	5.93	5.24
22	30	62.8	47.1	31.4	29.5	27.7	20.9	17.2	15.7	13.5	11.8	10.5	9.42	8.56	7.85	7.24	6.28

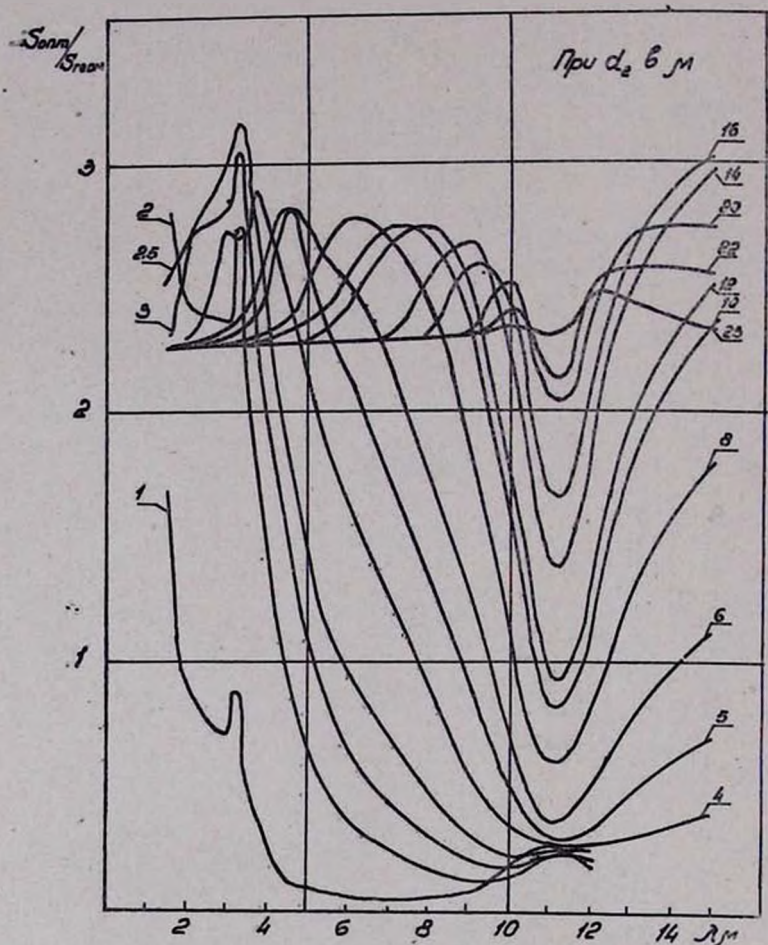


Рис. 2. Функции $S^*(\lambda) = \frac{S_{\text{опт.}}}{S_{\text{геом.}}}(\lambda)$ при различных d_2 , построенные с учетом изменения m и от λ

Если проследить за величинами $S^*(\lambda)$ в минимумах кривых, то они уменьшаются с уменьшением d_2 среды. Так, если при $d_2 = 22 \mu$ величина $S_{\text{min}}^* = 2,13$, то при $d_2 = 1 \mu$ величина $S_{\text{min}}^* = 0,04$. С изменением d_2 от 25μ до 1μ заметно смещается и положение максимума кривых $S^*(\lambda)$ в сто-

рону коротких длин волн. Причем, уменьшение d_2 от 25μ до 5μ , вызывает смещение минимума всего на $\sim 0,5 \mu$, тогда как для $d_2=3; 2,5; 2$ и 1μ минимумы кривых приходятся соответственно на $\lambda=10,2; 9,5; 9,0$ и $6,7 \mu$. Таким образом, основное смещение минимума наблюдается при изменении d_2 от 5μ до 1μ приблизительно на 4μ в сторону коротких λ .

От изменения d_2 существенно меняется и характер кривых $S^*(\lambda)$. При больших $d_2 \sim 25-30 \mu$ нельзя отдать предпочтение ни одной из длин волн. Для d_2 меньших 25μ , начинает выделяться минимум при $\lambda=10-12 \mu$ и по мере уменьшения d_2 , увеличивается область, где $S^*(\lambda)$ также сравнительно мало, т. е. облако становится прозрачным для все более коротких длин волн. Это означает, что, если при $d_2=6 \mu$ облако прозрачно для $\lambda=10-12 \mu$ по сравнению с радиацией соседних длин волн, то при $d_2=4 \mu$ оно с таким же успехом прозрачно для радиации $\lambda=9-15 \mu$, при $d_2=2,5 \mu$ для радиации $\lambda=7-15 \mu$ и при $d_2=1 \mu$ для радиации $\lambda=4-15 \mu$.

Представляет определенный интерес сравнить величины $S_{\min}^*(\lambda)$ с $S^*(\lambda)$ при $\lambda=1,5 \mu$ для различных d_2 . В табл. 4 приведены $\frac{S^*(1,5)}{S_{\min}^*(\lambda)}$, показывающие во сколько раз коэффициент ослабления радиации в минимуме кривых $S_{\min}^*(\lambda)$ меньше, чем при $\lambda=1,5 \mu$.

Таблица 4

d_2 в μ	1	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
$\frac{S^*(1,5)}{S_{\min}^*}$	42	20	14	10,5	8,2	7,8	5,9	3,8	2,7	2,4	1,6	1,4	1,1

Таким образом, облако с $d_2 \sim 2 \mu$ почти в 20 раз прозрачнее* для радиации $\lambda \sim 9 \mu$, чем радиации $\lambda=1,5 \mu$.

В работе [1] уже указывалось, что в далекой ИК области спектра нельзя пользоваться кривой $K(\rho)$ при $m=1,333$

* В данном случае употребление выражения „прозрачность“ не совсем верно, так как величина 20 характеризует лишь отношение коэффициентов ослабления.

Стреттона и Хаутона [5]. Одновременно приводились ошибки, которые можно допустить при расчетах в близкой ИК области спектра. Теперь об этом можно составить гораздо полное представление. Поэтому на рис. 3 приведены функции $S(\lambda)$, вычисленные без учета изменения m от λ , т. е. рассчитанные с применением $S(R)$ при $m=1,333$ (см. табл. 1).

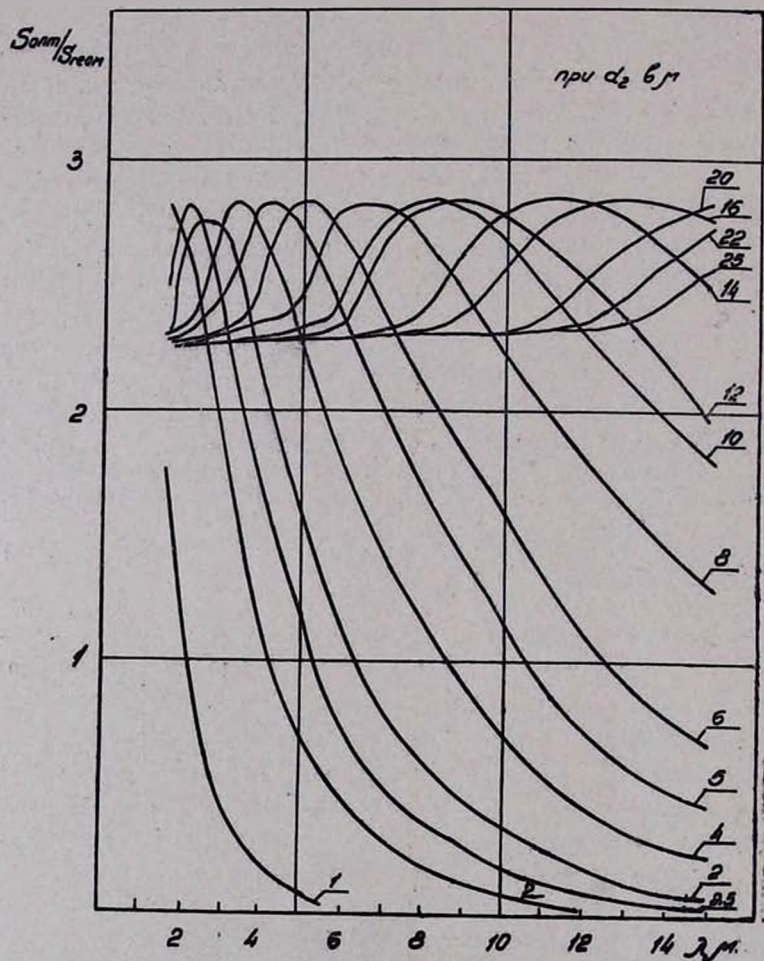


Рис. 3. Функции $S(\lambda) = \frac{S_{\text{out}}}{S_{\text{green}}}(\lambda)$ при различных d_2 и $m=1,333$.

и значений R из табл. 3. Сравнение кривых на рис. 2 и 3 показывает, что только при малых d_2 ($1-3 \mu$) имеется некоторое сходство в кривых. Все кривые $S(\lambda)$ в отличие от кривых $S^*(\lambda)$ не имеют минимумов и после некоторого максимума постепенно убывают с увеличением λ .

В табл. 5 приведены величины $\gamma = \frac{S(\lambda)}{S^*(\lambda)}$, вычисленные по кривым на рис. 2 и 3. Как видно из таблицы, только для определенных d_2 и λ имеет смысл рассматривать различие $S(\lambda)$ от $S^*(\lambda)$ (выше жирной линии). Для $d \sim 1-6 \mu$ и λ от 1,5 до $5,47 \mu$ величины γ преимущественно меньше единицы, т. е. расчеты по $S(\lambda)$ будут занижены по сравнению с $S^*(\lambda)$. Для $\lambda \sim 5,47-7 \mu$ γ больше единицы и погрешность, которую можно допустить при использовании $S(\lambda)$ вместо $S^*(\lambda)$ не превышает 20%.

Для $\lambda > 8 \mu$ величины γ растут и пользоваться кривыми $S(\lambda)$ уже невозможно. Максимальное различие наблюдается в минимумах кривых $S^*(\lambda)$, т. е. при $\lambda = 11 \mu$, где для $d_2 = 5 \mu$ $\gamma_{\min} = 3,52$.

Что касается изменения $\gamma_{\min}$ от d_2 , то при $d_2 = 1-2 \mu$ величина $\gamma_{\min}$ меньше единицы. С возрастанием d_2 среды $\gamma_{\min}$ достигают максимума при $d_2 = 5 \mu$, а с дальнейшим увеличением d_2 величины $\gamma_{\min}$ уменьшаются и при $d_2 = 22 \mu$ нет никакого различия между $S(\lambda)$ и $S^*(\lambda)$.

Как уже отмечалось в начале статьи, кривые $S^*(\lambda)$ (см. рис. 2) получены при условии $\alpha=2$ в формуле (4). Интересно знать, какие могут быть изменения при расчетах с другими $\alpha > 2$. Легко ответить на этот вопрос, если обратиться к фиг. 6 [3], где приводятся функции $\bar{S}_2(R)$ для $m=1,333$ при различных α . Как видно из рисунка, с изменением α от 2 до 8 ход кривых для $R < 4$ не меняется, а с увеличением α кривые смещаются в целом вверх. Поэтому можно ожидать, что при $\alpha > 2$ общий характер кривых $S^*(\lambda)$ останется тем же, только с увеличением α , кривые соответственно сместятся вверх по отношению к оси длин волн, а расхождение кривых при $R > 4$ (см. фиг. 6) может привести к некоторому изменению $S^*(\lambda)$ только в близкой ИК области спектра.

В заключение следует констатировать факт, что при работе в ИК области спектра $1,5-15 \mu$, когда замутнением для радиации являются облака и туманы любой структуры, необходимо ориентироваться только на участок спектра $10-12 \mu$, где ослабление радиации всегда мало по сравнению с радиацией соседних длин волн.

Бюракан
декабрь 1959 г.

2. Մ. ԱՓԱՆՑԱՆ.

ՍՊԵԿՏՐԻ $\lambda=10-12 \mu$ ՍԱՀՄԱՆՈՒՄ ԹԱՓԱՆՑԻԿՈՒԹՅԱՆ ՊԱՏՈՒՀԱՆԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ինֆրակարմիր ճառագայթման համար ամպերի և մառախուղների թափանցիկության էքսպերիմենտալ հետազոտությունները, որ մենք անցկացրինք էլբրուսի շրջանում, համոզեցուցիչ կերպով հաստատեցին մինչ արդ մեր կողմից տեսականորեն հայտնաբերած թափանցիկության պատուհանը-ը սպեկտրի $\lambda=10-12 \mu$ սահմանում: Քանի որ արդ պատուհանը կարող է խոշոր նշանակություն ունենալ ջերմալույցային և ջերմապելինգային նպատակների համար, դրա համար էլ անհրաժեշտ էր տեսականորեն էլ ավելի խիստ քննարկել հարցն ամբողջական: Հենց արդ էլ արված է ներկա աշխատությունում: Մենք օգտագործեցինք Լ. Մ. Լեխնի առաջարկած մառախուղներում կաթիլները ըստ չափերի բաշխելու գամմա-ֆունկցիան, օգտագործեցինք նաև մեր կողմից առաջարկած ասիմպտոտիկ բանաձևը $K(\rho)$ -ի համար, երբ $\rho < 40$ -ի և տարբեր m -երի համար, և ստացանք ընդհանուր բանաձև (տես [4]), որը թույլաց-

ման սպեկտրալ գործակից $S_{\text{ոպ.}}$ -ը, ավելի ճիշտ $\frac{S_{\text{ոպ.}}}{S_{\text{գեոմ.}}}$ կապակցում է α , λ և m -ի հետ: Այնուհետև օգտագործելով (4) հաշվված են $S(\lambda)$ ֆունկցիաները (տես աղյուսակ 1) $\alpha = 2$ և m -ի 10 նշանակության համար (տես աղյուսակ 2): Օգտագործելով $S(\lambda)$ (տես աղյուսակ 1) կառուցվել են $\frac{S_{\text{ոպ.}}}{S_{\text{գեոմ.}}}(\lambda)$ ֆունկցիաները (տես նկ. 2),

