

Г. М. Айвазян

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПЕКТРАЛЬНОГО
КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ РАДИАЦИИ 1,5—15 μ .
В ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ОБЛАКАХ И ТУМАНАХ
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ
РАДИАЦИИ*

При теоретических расчетах ослабления инфракрасной (ИК) радиации облаками и туманами обычно пользуются кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона [1], рассчитанной для области спектра 0,4—0,7 μ , т. е. при $m = 1,333$ (где m — комплексный показатель преломления). Однако для радиации 1,5—15 μ , комплексный показатель преломления не равен 1,333, а меняется в зависимости от длины волны радиации λ и принимает значения в интервале $1,16 \leq m \leq 1,48$. В связи с этим неизвестно, насколько правомочно использование кривой Стреттона и Хаутона для расчетов ослабления в ИК области спектра. Может оказаться, что изменение m от 1,16 до 1,48 не сильно влияет на абсолютное значение спектрального коэффициента ослабления κ_λ . Тогда окажется возможным в пределах точности расчета κ_λ на основе измеренной микроструктуры тумана обоснованно пользоваться кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона и для ИК области спектра.

Кроме того, рассмотрев вопрос о радиационных свойствах облаков с учетом изменения оптических свойств воды К. С. Шифрин [10] получил** для монодисперсного облака

* Работа докладывалась оптическому семинару Эльбрусской экспедиции ИПГ АН СССР 18 ноября 1958 года и вошла в окончательный отчет по заданию „Эльбрус“—Эльбрусская экспедиция ИПГ АН СССР, Нальчик, 1958.

** Расчеты проводились по точным формулам и были очень трудоемкими.

с радиусом $r=6,265$ μ минимум коэффициента ослабления для радиации $\lambda=11$ μ . Но это всего лишь расчет для одного радиуса капли. Поэтому важно было знать, сохранится ли этот минимум и для облака, встречающегося в естественных условиях, т. е. тогда когда среда полидисперсна с конкретным распределением капель по размерам.

Для решения поставленных задач возникла необходимость в расчете, хотя бы приближенном*, кривых $K(\rho)$ для различных m , соответствующих дискретным λ из диапазона 1,5—15 μ .

В настоящей работе применен метод подобия, разработанный К. С. Шифриным [2] для построения кривых $K(\rho)$ в ИК области спектра. Используя полученные кривые $K(\rho)$ и распределения капель по размерам, встречающиеся в естественных облаках и туманах, мы рассчитали спектральные коэффициенты ослабления радиации 1,5—15 μ — α_λ^* и сравнили их с аналогичными расчетами α_λ , только с использованием кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутоня.

§ 1. Построение кривых $K(\rho)$ для ИК области спектра

Поток радиации, при прохождении через облако или туман, ослабляется поглощением и рассеянием на каплях воды. Коэффициент ослабления для монодисперсного тумана [2] вычисляется по формуле:

$$\alpha = \pi r^2 N K(\rho) \quad (1)$$

$$\rho = \frac{2\pi r}{\lambda},$$

где N — число капель в единице объема

r — радиус капли

λ — длина волны в μ

$K(\rho)$ — сложная функция r и λ .

В функцию $K(\rho)$ в неявной форме входит m . Величина m учитывает поглощение и рассеяние и обычно представляется в виде:

* Строгий расчет кривых $K(\rho)$ для ИК области спектра связан с определенными трудностями, поэтому до сих пор еще не осуществлен.

$$m = n(1 - ix) \text{ или } m = n - ix,$$

где n — показатель преломления,

x — индекс поглощения,

z — показатель поглощения.

Величину m нельзя рассчитать теоретически, поэтому ее определяют экспериментально — непосредственным измерением n и x .

Функция $m(\lambda)$ для воды в области спектра 1,5—15 μ (данные заимствованы из работы [3]), изображена на рис. 1. Как видно из рис. 1, кривая $m(\lambda)$ резко меняется в зависимости от λ и имеет минимум при $\lambda = 11 \mu$ ($m = 1,16$).

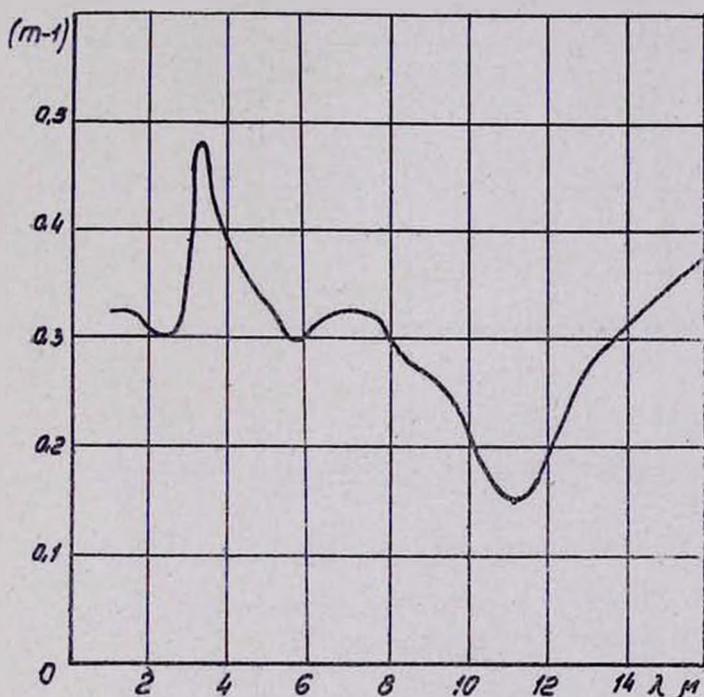


Рис. 1. Преломление тепловой радиации водой

В последнее время детальный расчет функции $K(\rho)$ при $m = 1,333$ осуществлен Пендорфом [5] (см. рис. 2). Функция $K(\rho)$ представляется осциллирующей кривой, которая для больших ρ асимптотически стремится к $K(\rho) = 2$.



Но нас интересуют кривые $K(\rho)$ для m близких к единице и не равных 1,33. Для приближенного расчета $K(\rho)$ при $m \sim 1$ можно воспользоваться свойством подобия дифракционных кривых — методом подобия [2] (стр. 218–219). Метод подобия позволяет определить положение максимумов и минимумов кривых $K(\rho)$ для различных m и находить значения $K(\rho)$ в экстремумах кривых. Для ясности обратимся к методу подобия.

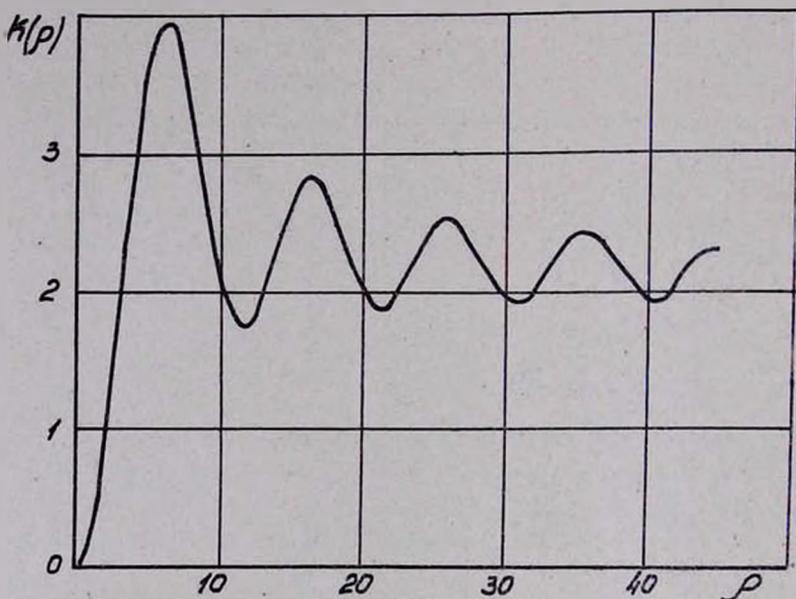


Рис. 2. Коэффициент рассеяния для капель воды ($m=1,33$) Пендорфа

Как известно, для больших прозрачных капель коэффициент ослабления [2] выражается:

$$\alpha = 2\pi r^2 \left\{ 1 - \frac{4m^2}{\rho(m+1)^2(m-1)} \sin [2\rho(m-1)] \right\}. \quad (2)$$

При $m \sim 1$ из формулы (2) получаем:

$$\alpha = 2\pi r^2 \left(1 - \frac{1}{\delta} \sin 2\delta \right), \quad (3)$$

где $\delta = \rho (m - 1)$.

Таким образом, в случае $m \sim 1$ поведение α описывается только одним параметром δ . Сведение задачи к одному независимому параметру δ называется правилом подобия.

Если имеет место правило подобия, то положение максимумов и минимумов кривой $K(\rho)$ можно определить из условия экстремального значения α .

Формулу (3) можно переписать в виде:

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 - \frac{1}{\delta} \sin 2\delta \right).$$

Тогда условие экстремального значения запишется:

$$\frac{d\alpha}{d\delta} = \alpha_0 \left(\frac{1}{\delta^2} \sin 2\delta - \frac{2}{\delta} \cos 2\delta \right) = 0,$$

что приводит к уравнению* вида:

$$\operatorname{tg} 2\delta = 2\delta. \quad (4)$$

Корни уравнения (4) протабулированы (см. табл. 1) и

Таблица 1

№	Экстремумы	2δ	δ	δ^*
1	I max	4,49	2,25	2,00
2	I min	7,72	3,86	3,80
3	II max	10,9	5,45	5,40
4	II min	14,0	7,00	7,00
5	III max	17,2	8,60	8,60
6	III min	20,4	10,20	
7	IV max	23,5	11,80	
8	IV min	26,7	13,35	
9	V max	29,8	15,00	
10	V min	33,0	16,50	
11	VI max	36,1	18,00	
12	VI min	39,2	19,60	
13	VII max	42,4	21,20	
14	VII min	45,5	22,80	

* Формулы (4)–(6), а также табл. 1 переданы автору проф. К. С. Шифриным во время консультации в ГГО, за что автор пользуется случаем выразить свою искреннюю признательность.

приводятся в таблицах Е. Янке и Ф. Эмде [6]. Таким образом, зная значения δ в любом из максимумов или минимумов можно определить положения экстремумов для любых m из выражений:

$$\rho_{\max} = \frac{\delta_{\max}}{m-1} \quad \rho_{\min} = \frac{\delta_{\min}}{m-1} \quad (5)$$

Расчеты показали [2], что уравнением (4) нельзя пользоваться для нахождения δ , когда $\rho < 24$, так как для $\rho < 24$ формула (2) дает плохое совпадение с расчетами по точным формулам. Поэтому К. С. Шифрин [2] поставил обратную задачу. Приняв кривую $K(\rho)$ Хаутона и Чалкера при $m=1,33$ за „стандартную“, он по формулам (5) определил значения δ до третьего максимума. Полученные им данные приводятся в последнем столбце табл. 1 и обозначены δ^* . При сравнении δ и δ^* легко заметить, что только со второго максимума можно пользоваться значениями δ , удовлетворяющими формуле (2).

Далее, необходимо определить величины $K(\rho)$ в экстремумах кривых. Как показали расчеты, проведенные К. С. Шифриным [2] для значений $m-1$ от 0 до 0,55, величины $K(\rho)$ в главном максимуме меняются линейно в зависимости от $m-1$. Согласно К. С. Шифрину, они меняются линейно от $m-1$ и для других экстремумов. Поэтому, зная значения $K(\rho)$ при $m-1=0$ и при $m-1=0,33$, можно линейной интерполяцией найти величины $K(\rho)$ экстремумов, для интересующих нас значений $m-1$ в интервале 0—0,55. Значения $K(\rho)$ в экстремумах при $m-1=0,33$ можно взять из кривой Пендорфа (см. рис. 2). Для $m-1=0$ значения $K(\rho)$ в экстремумах находились следующим образом. В случае экстремума в формуле (3) $\sin 2\delta = 1$, т. е.

$$\alpha = 2\pi r^2 \left(1 \pm \frac{1}{\delta} \right)$$

тогда, согласно формуле (1) получаем:

$$K(\rho) = 2 \left(1 \pm \frac{1}{\delta} \right). \quad (6)$$

Данной формулой можно пользоваться для нахождения значений $K(\rho)$ в экстремумах когда, $m-1=0$, так как формула (3) получена при условии $m \sim 1$.

Используя метод подобия, мы построили кривые $K(\rho)$ для 16 значений длин волн, перекрывающих область спектра 1,5—15 μ . В табл. 2 приведены значения длин волн и соот-

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

ветствующие им m [8], для которых производились расчеты. Как видно из табл. 2, для некоторых длин волн величины m отличаются друг от друга не более чем на 0,005. Учитывая точность построения кривых $K(\rho)$ методом подобия, представляется возможным объединить некоторые λ по m и для них построить одну кривую. Таким образом, кривые $K(\rho)$ построены только для 10 значений длин волн (в табл. 2 они обозначены звездочками).

Для определения положения экстремумов, т. е. ρ_{\max} и ρ_{\min} в зависимости от m , использовалась формула (4) и величины $m-1$ из табл. 2. До II минимума применялись значения δ^* , а начиная с III максимума и выше — значения δ (см. табл. 1). Величины экстремальных значений ρ до V максимума приведены в табл. 3.

Обратимся теперь к определению величины $K(\rho)$ в экстремумах. Для нахождения $K(\rho)$ до II минимума использовалась кривая $K(\rho)$ при $m=1,21$ К. С. Шифрина [2] (см. рис. 3). Линейной интерполяцией экстремальных значений $K(\rho)$ при $m=1,21$ и $m=1,33$ (кривая Пендорфа) определялись $K(\rho)$ до II минимума для заранее известных $m-1$. Начиная с III и до V максимумов величины $K(\rho)$ в экстре-

Таблица 3

№	λ в μ	$m-1$	ρ_{\max}^I	ρ_{\min}^I	ρ_{\max}^{II}	ρ_{\min}^{II}	ρ_{\max}^{III}	ρ_{\min}^{III}	ρ_{\max}^{IV}	ρ_{\min}^{IV}	ρ_{\max}^V
1	1,5	0,323	6,19	11,8	16,7	21,6	26,6	31,6	36,5	41,2	46,2
2	2,0	0,304	6,57	12,5	17,8	23,0	28,3	33,5	38,8	43,7	49,0
3	3,0	0,415	4,83	9,15	13,0	16,9	20,7	24,6	28,4	32,0	35,9
4	3,2	0,480	4,17	7,93	11,2	14,6	17,9	21,2	24,6	27,7	31,0
5	3,4	0,438	4,56	8,67	12,3	16,0	19,7	23,3	27,0	30,4	34,0
6	4,5	0,342	5,85	11,1	15,8	20,5	25,2	29,8	34,5	38,8	43,5
7	5,47	0,297	6,73	12,8	18,2	23,6	29,0	34,4	39,7	44,7	50,2
8	6,0	0,312	6,4	12,2	17,3	22,4	27,6	32,7	37,8	42,6	47,8
9	9,0	0,270	7,4	14,1	20,0	25,9	31,9	37,8	43,7	49,2	55,0
10	10,0	0,210	9,5	18,1	25,7	33,4	41,0	48,5	56,0	63,2	71,0
11	11,0	0,157	12,7	24,2	34,4	44,5	54,7	65,0	75,0		

мах определялись линейной интерполяцией значения $K(\rho)$ при $m-1=0$ (см. формулу (6)) и при $m-1=0,33$ (кривая Пендорфа). На рис. 4 изображены кривые, при помощи которых определялись значения $K(\rho)$ в экстремумах до V максимума. Пунктиром нанесена кривая значений $K(\rho)$ для главных максимумов, полученная Шифриным [2] по данным δ^* (см. табл. 1).

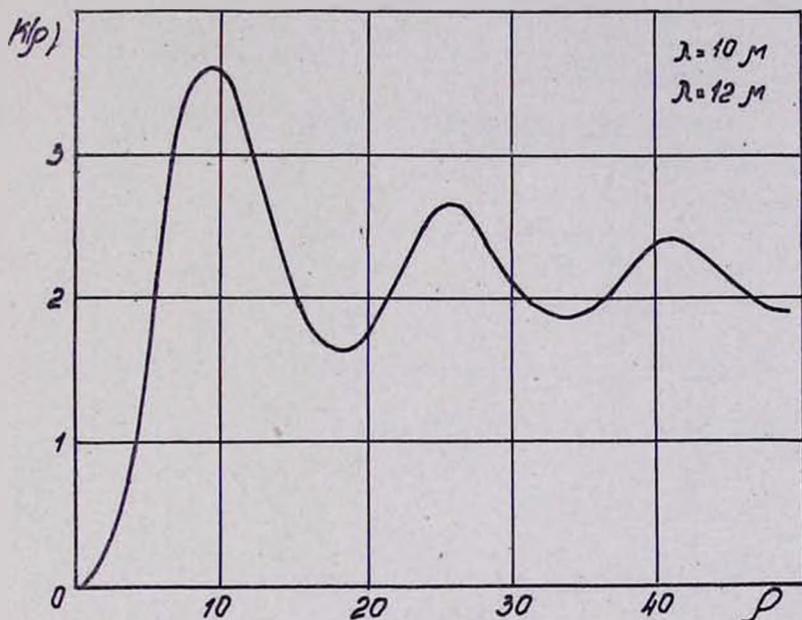


Рис. 3. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,21$) Шифрина

Как известно, для $\lambda > 6\mu$ и для распределений капель по размерам, встречающихся в естественных облаках и туманах, величины $\rho < 6$. Поэтому погрешвалось более тщательное построение кривых $K(\rho)$ для различных m в области, где $\rho < 6$. С этой целью использовались графические данные $K(\rho)$ при $m=1,55$ и $m=1,44$, рассчитанные Синклером [7] (см. рис. 5). Пунктиром нанесена кривая $K(\rho)$ Шифрина при $m=1,21$. Линейной интерполяцией указанных кривых определялись величины $K(\rho)$ для $\rho < 6$.

Кривые $K(\rho)$ для 10 значений m , построенные на основе всего вышеизложенного, изображены на рис. 6—15.

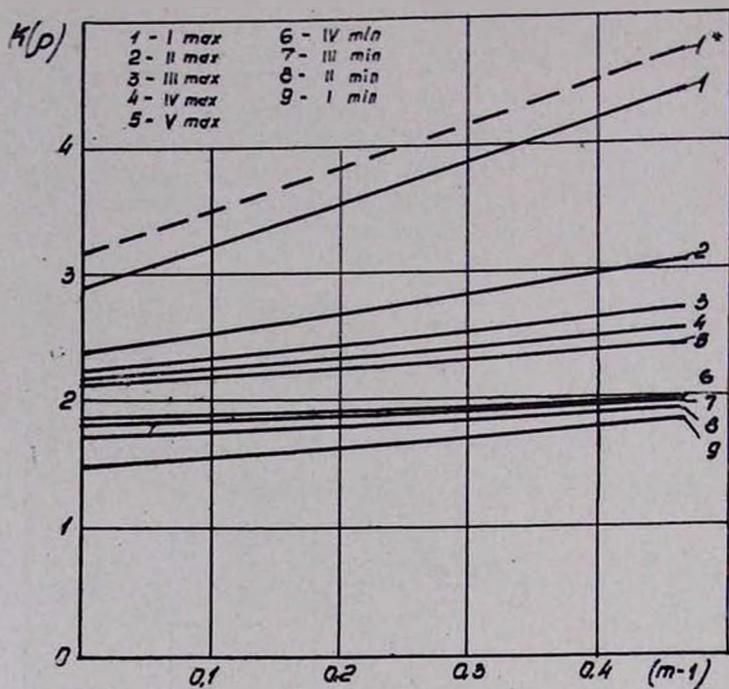


Рис. 4. График для нахождения значений $K(\rho)$ в экстремумах

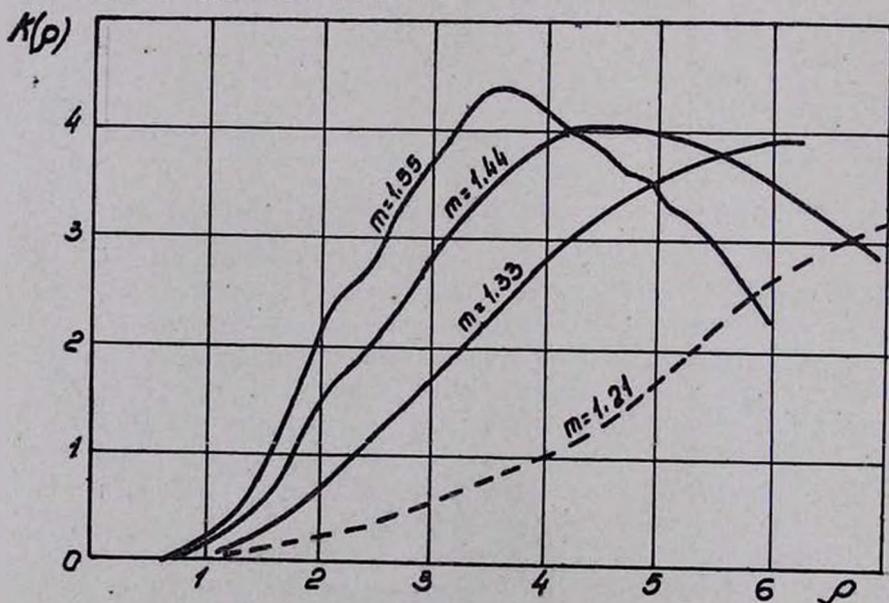


Рис. 5. Коэффициент ослабления для различных m

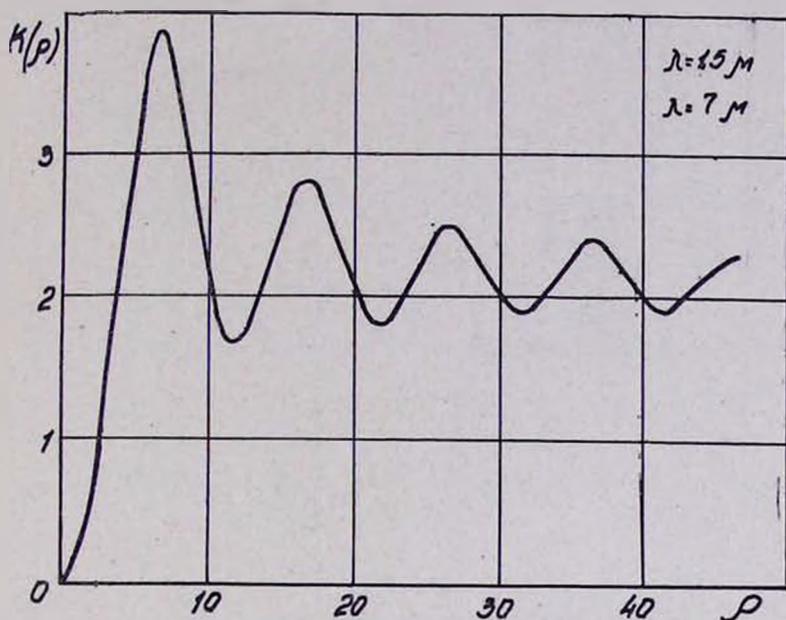


Рис. 6. Коэффициент ослабления для капель воды ($m = 1,323$)

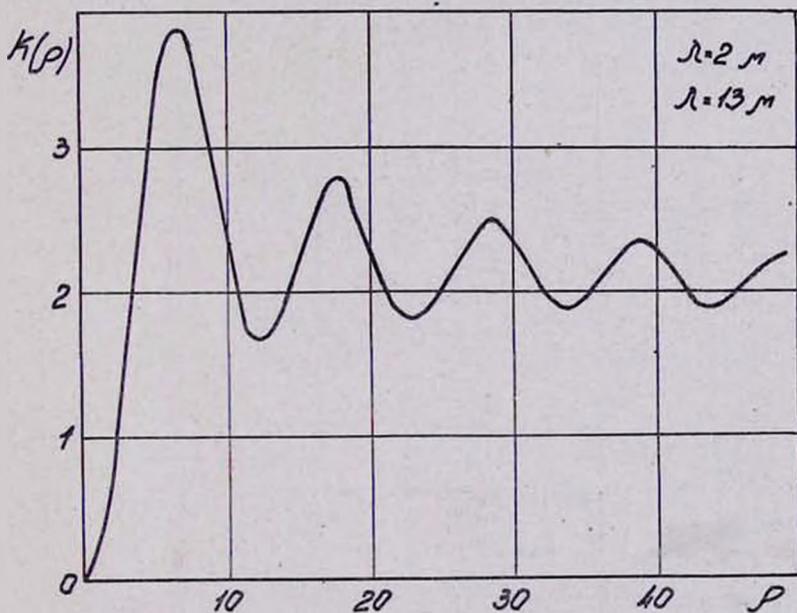


Рис. 7. Коэффициент ослабления для капель воды ($m = 1,304$)

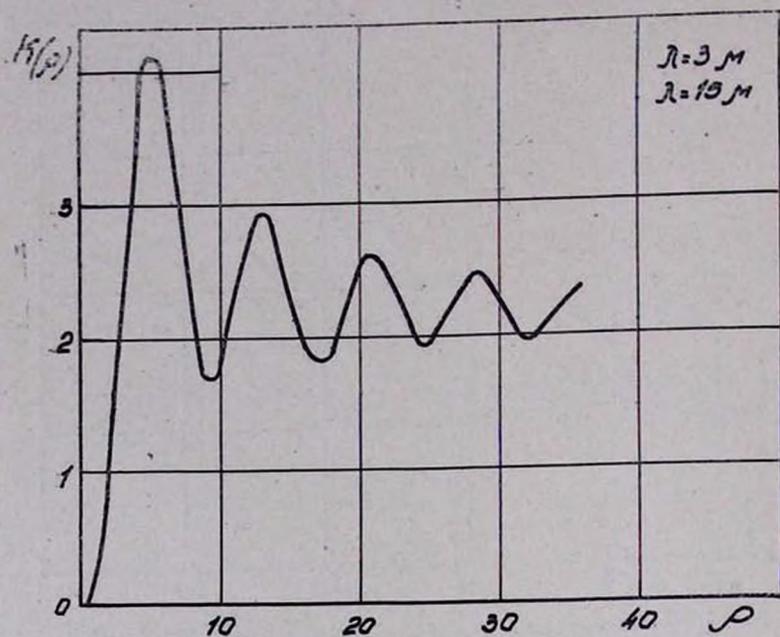


Рис. 8. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1.415$)

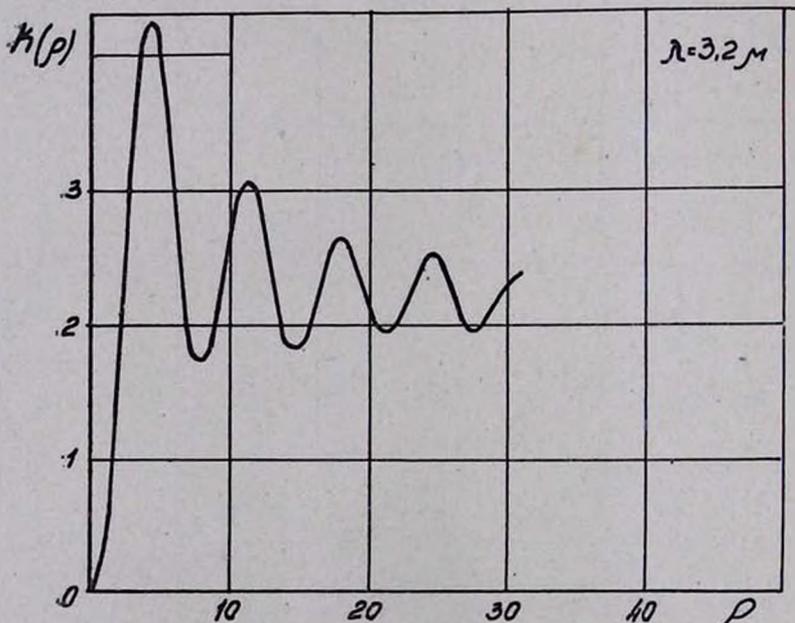


Рис. 9. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1.480$)

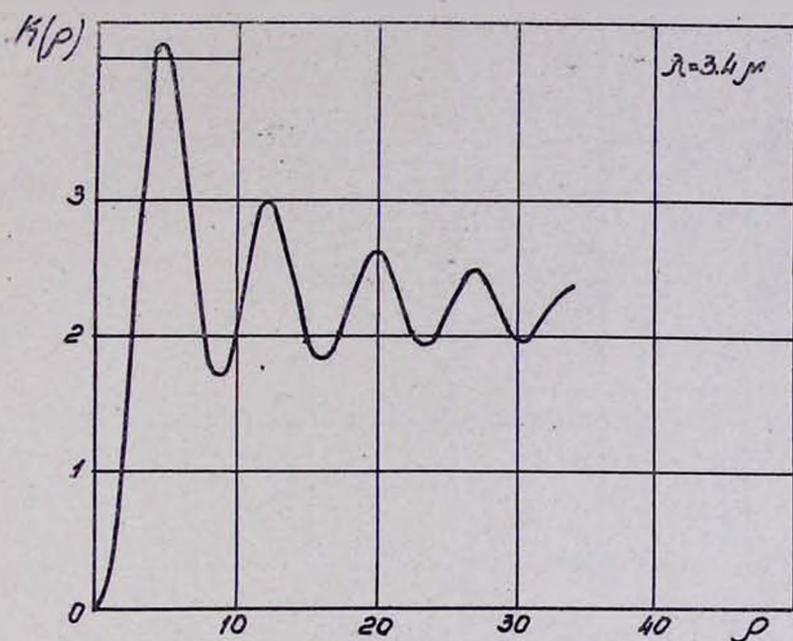


Рис. 10. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,438$).

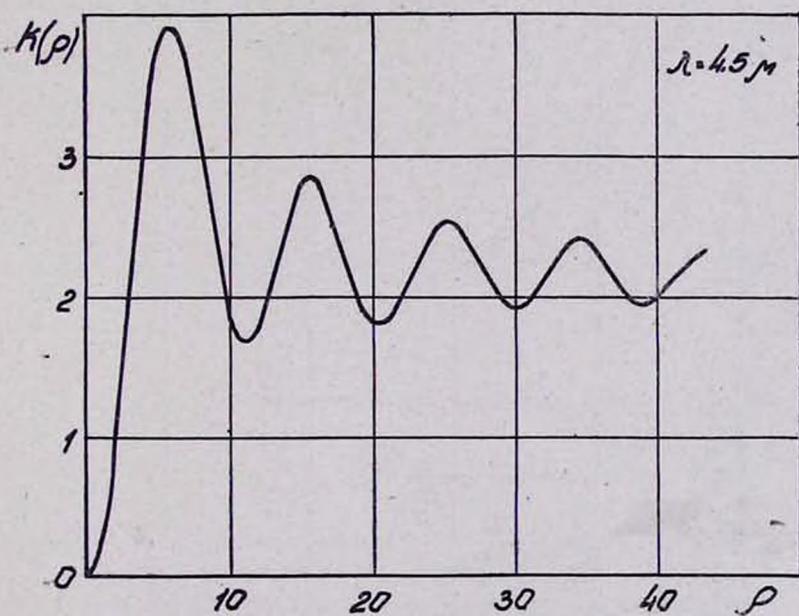


Рис. 11. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,342$)

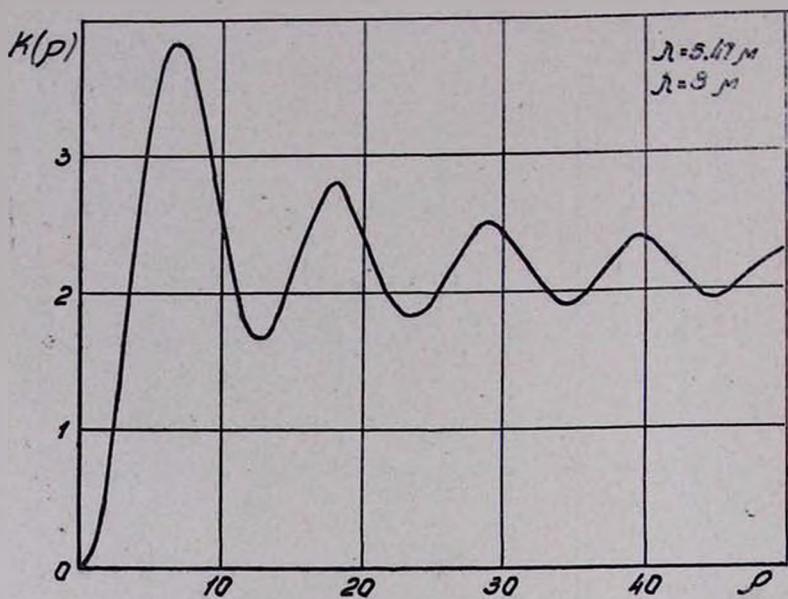


Рис. 12. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,297$)

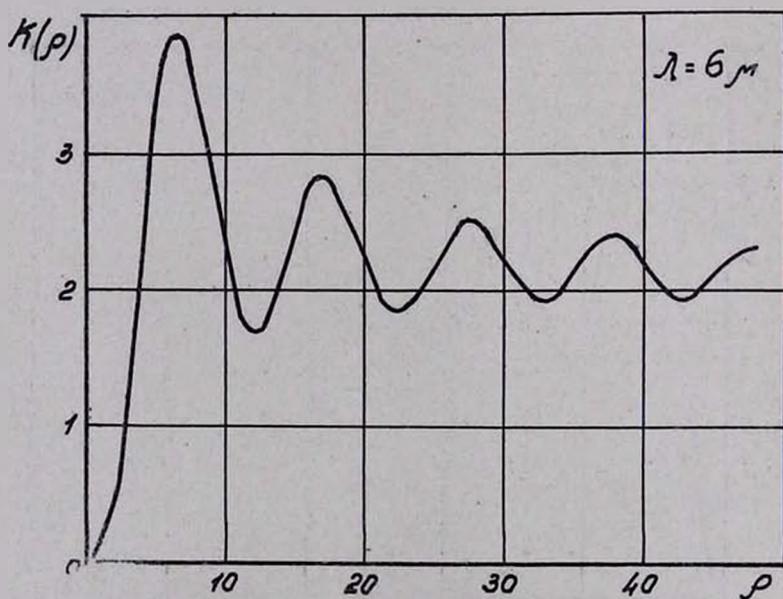


Рис. 13. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,312$)

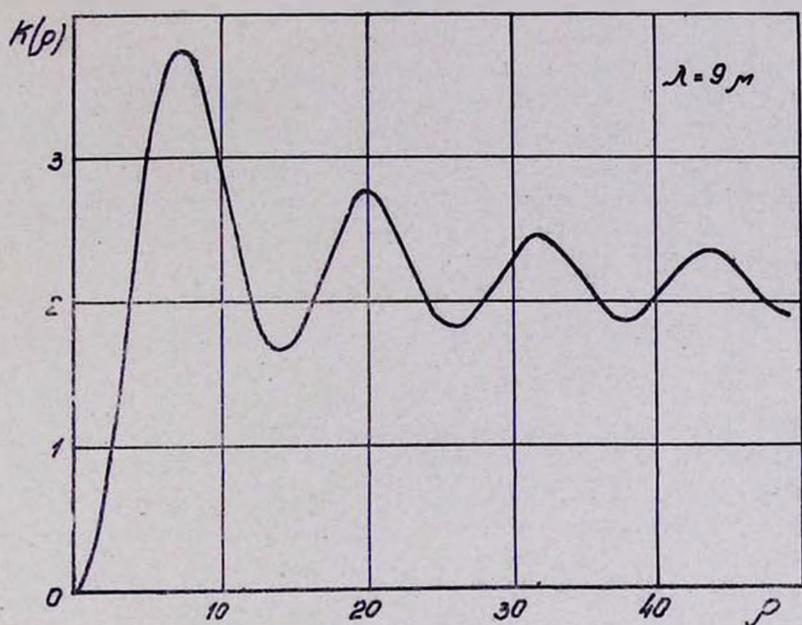


Рис. 14. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,270$)

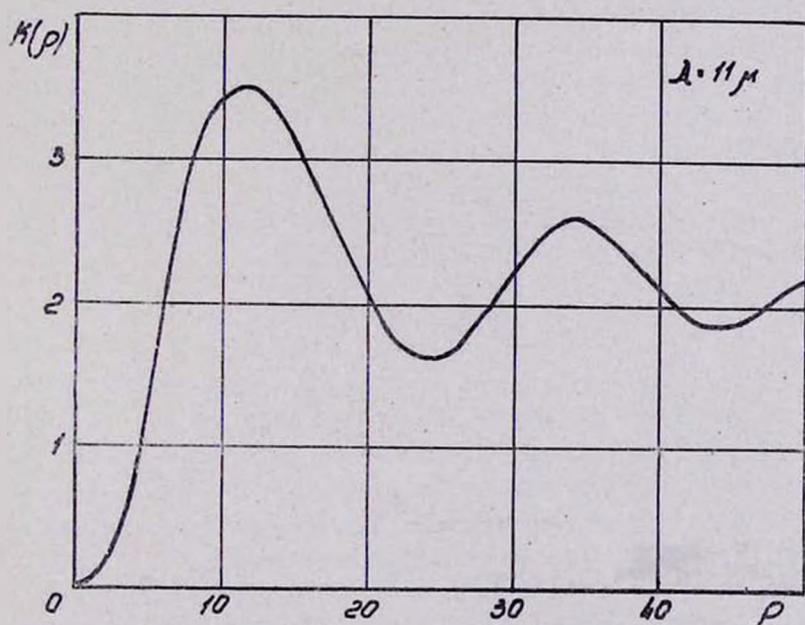


Рис. 15. Коэффициент ослабления для капель воды ($m=1,157$)

Погрешность, допущенная при построении кривых $K(\rho)$ не превышает 10%. Поэтому данные на рис. 6—15, не могут претендовать на большую точность. Но, по нашему мнению, ими можно свободно пользоваться при расчетах коэффициента ослабления в естественных облаках и туманах, где микроструктуру тумана удается определить с точностью порядка 15—20% [8].

§ 2. Расчет спектрального коэффициента ослабления

При помощи полученных кривых $K(\rho)$ (см. рис. 6—15) для ИК области спектра, мы рассчитали спектральные коэффициенты ослабления и сравнили их с результатами расчетов по кривой Пендорфа при $m=1,33$. Для расчетов использовался экспериментальный материал по микроструктуре естественных облаков и туманов, полученный в разное время в Эльбрусской экспедиции ИПГ АН СССР под руководством канд. тех. наук Л. М. Левина.

Как известно, полидисперсный туман отличается от монодисперсного широким спектром размеров капель, что исключает возможность применения формулы (1) для расчетов α в полидисперсных туманах. Поэтому спектр капель разбивается на интервалы $r, r+dr$ и рассматривается осредненный радиус r , и количество капель n , в единице объема для каждого интервала. Для среды с каплями порядка от r' до r'' спектральный коэффициент ослабления рассчитывается как сумма по всем γ интервалам:

$$\alpha_\lambda = \pi \sum_\gamma r^2 n_\gamma K(r, \lambda) \quad (7)$$

Расчеты проводились по формуле (7) для длин волн, приведенных в табл. 2 и восьми распределений капель по размерам (см. табл. 4). В табл. 4 даны следующие исходные данные для расчетов: концентрация частиц в процентах— n_E , число капель в 1 см^3 — N , и средне-квадратичный диаметр капель— d_2 . Таким образом, расчеты охватывали распределения с d_2 от 6,56 до 13,7 μ . Не останавливаясь подробно на всех видах распределений капель по размерам:

Таблица 4

Номера опытов	1	2	3	4	5	6	7	8
d_1 в μ	6,56	6,83	8,13	9,6	9,35	10,25	12,6	13,7
N	666	615	242	350	70,6	122	292	133
k	8	2	8	8	0	0	0	8
d в μ	Концентрация частиц в ‰ — n_E							
4—6	50,7	53,4	25,2	16,7	43,0	48,8	35,1	20,8
6—8	34,2	25,6	29,1	25,6	12,3	13,9	14,6	8,46
8—10	12,7	10,9	25,6	27,6	12,2	5,4	12,4	7,82
10—12	2,5	4,6	12,6	22,6	12,5	4,0	9,2	10,8
12—14	0,5	1,7	3,5	7,3	9,78	5,08	9,0	13,1
14—16		0,89	0,65	2,08	4,96	8,85	8,4	12,5
16—18		0,57	0,18	0,53	2,98	7,30	5,0	10,5
18—20		0,19	0,02	0,1	1,56	4,26	3,2	7,0
20—22		0,11		0,03	0,64	1,80	1,70	3,98
22—24					0,21	0,49	0,7	2,33
24—26						0,21	0,5	1,20
26—28						0,12	0,2	0,75
28—30								0,45
30—32								0,40

встречающихся в естественных условиях, отметим лишь, что все рассмотренные 8 опытов описываются функцией распределения вида [9]:

$$\frac{dn}{dr} = Ar^k e^{-\beta r^\gamma}$$

При $\gamma=1$, величина k для рассмотренных опытов принимает значения в интервале 0—8 (см. табл. 4).

Результаты расчетов спектральных коэффициентов ослабления изображены графически: на рис. 16—для $d_1=6,56 \mu$ и $d_2=6,83 \mu$; на рис. 17—для $d_1=8,13 \mu$ и $d_2=9,6 \mu$; на рис. 18—для $d_1=9,35 \mu$ и $d_2=10,25 \mu$ и на рис. 19—для $d_1=12,6 \mu$ и $d_2=13,7 \mu$. По оси абсцисс отложены значения λ в μ , по оси ординат α_λ в обратных метрах (m^{-1}). Пунктирной линией на всех графиках нанесен расчет спектрального коэффициента ослабления α_λ по кривой $K(\rho)$ Пендорфа (см. рис. 2); сплошной линией — спектральный коэффициент ослабления α_λ^* , рассчитанный по кривым $K(\rho)$ с учетом изменения m от λ (см. рис. 6—15).

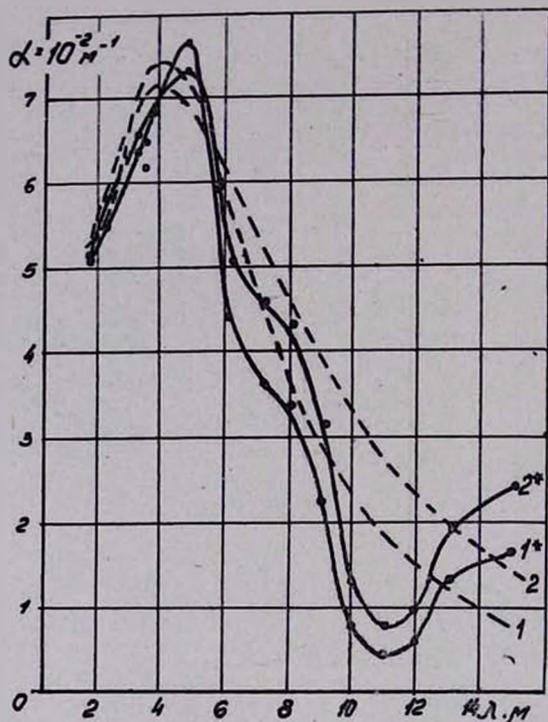


Рис. 16. Ход спектрального коэффициента ослабления:
 1— α_λ , 1*— α_λ^* 1 и 1* $d_2=6,56 \mu$; 2 и 2*— $d_2=6,83 \mu$

Как видно из кривых на рис. 16, при малых значениях λ имеется почти полное совпадение кривых α_λ и α_λ^* . Обе кривые достигают своего максимального значения при $\lambda=3,5-4,5 \mu$ и далее, с возрастанием λ , величины α_λ и α_λ^* уменьшаются. Начиная с $\lambda \sim 8 \mu$ и выше наблюдается существенное различие хода кривых α_λ и α_λ^* : с увеличением длины волны значения α_λ (1 и 2) продолжают постепенно убывать, а кривые α_λ^* (1* и 2*) проходят ниже кривых α_λ и от $\lambda=11 \mu$, величины α_λ^* увеличиваются.

Таким образом, в ИК области спектра, при учете изменения комплексного показателя преломления от λ в по-

лидисперсных туманах, при $\lambda=10-12\mu$ обнаруживается минимум коэффициента ослабления — „окно пропускания“. Причем, величина α_λ в „окне пропускания“ в несколько раз меньше величины α_λ , рассчитанной по кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона.

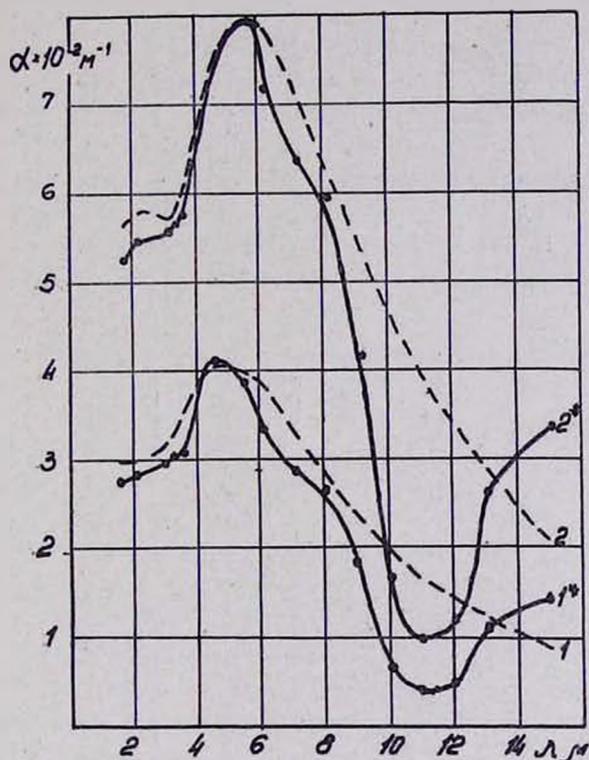


Рис. 17. Ход спектрального коэффициента ослабления
1— α_λ , 1*— α_λ^* 1 и 1* — $d_2=8,13\mu$; 2 и 2* — $d_2=9,60\mu$

Аналогична картина и при расчетах для больших d_2 (см. рис. 17—19), с той лишь разницей, что с увеличением d_2 максимумы кривых α_λ и α_λ^* смещаются в сторону больших λ , тогда как минимум α_λ постоянно остается при $\lambda=11\mu$. Так, если при $d_2=6,56\mu$ максимумы α_λ и α_λ^* приходятся на $\lambda=3,5-4,5\mu$, то для $d_2=9,6\mu$ они лежат в пределах $\lambda=5-6\mu$, а для $d_2=12,5\mu$ при $\lambda=8,5-9,5\mu$.

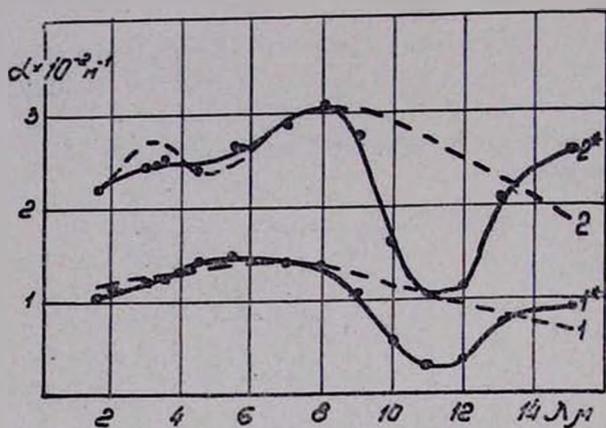


Рис. 18. Ход спектрального коэффициента ослабления.
 1— α_λ , 1*— α_λ^* 1 и 1*— $d_2=9,35 \mu$; 2 и 2*— $d_2=10,25 \mu$

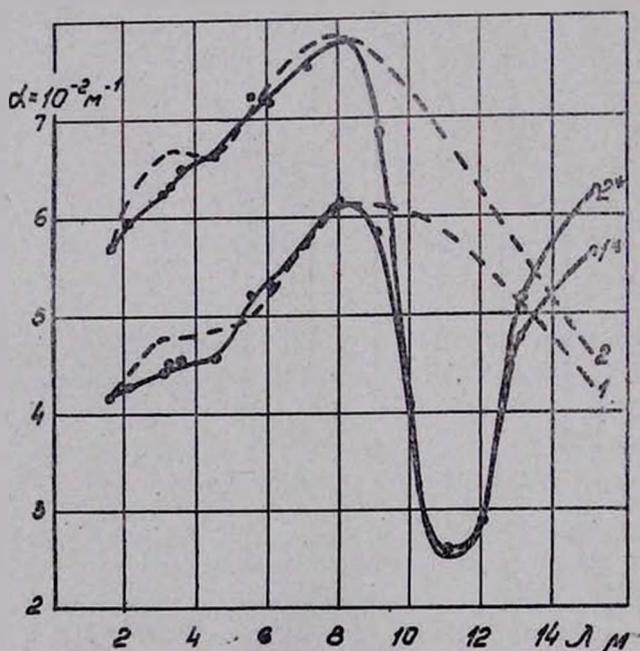


Рис. 19. Ход спектрального коэффициента ослабления:
 1— α_λ , 1*— α_λ^* 1 и 1*— $d_2=13,7 \mu$; 2 и 2*— $d_2=12,6 \mu$

Для характеристики различий в ходе кривых α_λ и α_λ^* , рассматривается величина $\gamma = \frac{\alpha_\lambda}{\alpha_\lambda^*}$, показывающая во сколько

раз величина α_λ^* меньше α_λ для каждой длины волны. Значения γ для всех кривых из рис. 16—19 приведены в табл. 5. Легко заметить, что для малых λ величина $\gamma \sim 1$. Начиная с $\lambda \sim 6 \mu$ γ увеличивается и достигает максимума при $\lambda = 11 \mu$. В частности, при $d_2 = 6,56 \mu$ $\gamma_{\max} = 4,05$, а при $d_2 = 8,13 \mu$ $\gamma_{\max} = 4,12$. Таким образом, в минимуме спектрального коэффициента ослабления (см. рис. 16—17) величина α_λ^* почти в 4 раза меньше величины α_λ . А это означает, что метеорологическая дальность видимости* в тумане для ИК радиации 10—12 μ улучшается почти в 4 раза, по сравнению с расчетами по кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона.

С увеличением d_2 , величины γ_{\max} несколько уменьшаются и для $d_2 = 13,7 \mu$ уже имеем $\gamma_{\max} = 2,23$. В настоящей работе мы воздерживаемся от выяснения закономерности изменения γ_{\max} от d_2 , так как для достоверных выводов необходимы дополнительные расчеты.

Что касается применимости кривой Стреттона и Хаутона для расчетов в ИК области спектра, то, как показали расчеты (см. табл. 5), с допущением определенной погрешности, можно пользоваться кривой $K(\rho)$ при $m = 1,33$. Так, если принять значения α_λ^* за 100% и допустить приемлемой погрешность $\pm 20\%$, то, по-видимому, кривой Стреттона и Хаутона можно пользоваться для распределений с $d_2 = 6,56—13,7 \mu$ до $\lambda \sim 8 \mu$, так как для $\lambda > 8 \mu$ погрешности уже резко возрастают.

Как показали вышеприведенные расчеты, интересной областью для целей тепलोкации является область спектра 10—12 μ , где обнаруживается „окно пропускания“, и применение кривых $K(\rho)$ с учетом изменения m от λ является обязательным.

* Метеорологическая дальность видимости рассчитывается как

$$S = \frac{3}{\alpha_\lambda}$$

Таблица 5

Значения $\gamma = \frac{a_\lambda}{\sigma_\lambda}$

d_2 в μ	Д л и н а в о л н ы в ц															
	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
6,56	1,05	1,00	1,11	1,19	1,11	0,94	1,04	1,27	1,23	1,04	1,27	2,90	4,05	2,60	0,89	0,47
6,83	1,05	1,00	1,06	1,09	1,03	0,95	1,01	1,20	1,16	1,03	1,23	2,50	3,65	2,55	1,00	0,58
8,13	1,08	1,05	1,07	1,09	1,13	0,99	1,02	1,14	1,15	1,04	1,31	2,90	4,12	2,88	1,05	0,58
9,6	1,08	1,06	1,01	1,00	1,07	1,00	1,00	1,09	1,11	1,04	1,30	2,80	4,00	2,83	1,09	0,62
9,35	1,02	1,04	1,03	0,99	0,96	1,00	0,95	1,03	1,05	1,00	1,19	2,18	3,14	2,50	1,10	0,68
10,25	1,00	1,02	1,11	1,10	1,06	0,98	0,92	1,00	1,02	0,98	1,03	1,79	2,63	2,24	1,09	0,72
12,6	1,02	1,04	1,08	1,07	1,03	1,00	0,95	1,01	1,03	0,99	1,11	1,80	2,58	2,16	1,08	0,73
13,7	1,00	1,04	1,09	1,06	1,07	1,02	0,95	0,99	1,00	0,94	1,05	1,55	2,23	1,93	1,07	0,76

В Ы В О Д Ы

1. Сравнение спектральных коэффициентов ослабления α_λ и α_λ^* показало, что, при учете комплексного показателя преломления в ИК области спектра, в полидисперсных облаках и туманах существенно меняется ход кривой спектрального коэффициента ослабления. В области спектра 10—12 μ обнаруживается „окно пропускания“, что не имеет места при расчетах по кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона. Причем, величина α_λ^* в окне пропускания почти в 4 раза меньше величины α_λ для этой же области спектра.

2. Для области спектра 1,5—2,0 μ наблюдается некоторое уменьшение коэффициента ослабления, но величина α_λ при этом в 8—10 раз больше величины α_λ при $\lambda = 10—12 \mu$.

3. Кривой $K(\rho)$ Стреттона и Хаутона можно пользоваться для расчетов коэффициента ослабления радиации $1,5 \leq \lambda \leq 8 \mu$ в облаках и туманах с $d_2 = 6,56—13,7 \mu$, допускаемая при этом погрешность не превышающую $\pm 20\%$.

Հ. Կ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

**ՊՈԼԻԴԻՍՊԵՐՍԱՅԻՆ ԱՄՊԵՐՈՒՄ ԵՎ ՄԱՌԱԽՈՒՂՆԵՐՈՒՄ 1,5—15 μ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԹՈՒԼԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՏԵՍԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿ՝
ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱԼԻՔԻ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ԿԱԽՎԱԾ
ԲԵԿՄԱՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԱՅԻՆ ՑՈՒՑԻՉԻ ԴԵՊՐՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածի հիմնական արդյունքը կայանում է նրանում, որ պոլիդիսպերսային ամպերում և մառախուղներում ինֆրակարմիր ճառագայթման թուլացման հարցը բննարկելու դեպքում, նկատի ունենալով ճառագայթման ալիքի երկարությունից λ բեկման կոմպլեքսային ցուցանիշի m փոփոխումը, սպեկտրի $\lambda = 10—12 \mu$ շրջանում, մեր կողմից հայտնաբերվել է «թափանցիկ պատուհան», որի էքսպլերիմենտալ հաստատումը կարևոր նշանակություն կունենա մառախուղի մեջ ջերմապահիլինգացիայի և ջերմալուկացիայի նպատակների համար:

Ինչպես հայտնի է, ինֆրակարմիր ճառագայթման համար Մի-ի ճիշտ բանաձևերով $K(\rho)$ ֆունկցիաների հաշվարկը դժվար է և

մինչև հիմա չի կենսագործված: Դրա համար էլ այս հողվածում կիրառված է հաշվարկի մոտավորության մեթոդ՝ Կ. Ս. Շիֆրինի «Եմանություն մեթոդը» (տես § 1) և կառուցվել են $K(\rho)$ կորագծեր (տես նկ. 5—15), բեկման կոմպլեքսային ցուցանիշի 10 նշանակության համար (m — մեծությունները վերցված են 2-րդ աղյուսակից): Հետագայում այդ կորագծերի օգնությամբ հաշվվել են թուլացման սպեկտրալ գործակիցները (տես նկ. 16—19), ծ ունալ բաշխումների համար (տես աղ. 4): Բոլոր նկարների վրա պարզորոշ կերպով աչքի է ընկնում թուլացման գործակիցի նվազագույն մեծությունը: Հետաքրքրական է, որ «Բաֆանցիկության պատահան»-ի թուլացման գործակիցը համարյա շոքս անգամ փոքր է Ստրետոնի և Խաուտոնի ($m = 1,33$) $K(\rho)$ կորագծով հաշված գործակիցից:

Հողվածում նույնպես ցույց է տրված, որ մառախուղներում ($d_2 = 6,56—13,7 \mu$) ինֆրակարմիր ճառագայթման (1,5—8 μ) թուլացման հաշվարկումների ժամանակ, $K(\rho)$ (տես նկ. 5—15) կորագրծերի փոխարեն, կարելի է օգտվել Ստրետոնի և Խաուտոնի $K(\rho)$ ($m = 1,33$) կորագծով՝ թույլ տալով սխալ ոչ ավելի քան $\pm 20\%$ (տես աղ. 5):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Stratton J. and Houghton H. Phys. Rev. 37, 159, 1931.
2. Шифрин К. С. Рассеяние снега в мутной среде. ГИТТЛ, 1951.
3. Шифрин К. С. Труды ГГО вып. 43 (108), стр. 34, 1955.
4. Houghton H. and Chalk'er W. JOSA 37, 955, 1949.
5. Pennndorf R. J. Meteorol. 13, 2, 219, 1956.
6. Янке Е. и Энде Ф. Таблицы функций с формулами и кривыми, ГИТТЛ, 1949.
7. Sinclair D. JOSA 37, 9, 475, 1947.
8. Левин Л. . . и Старостина Р. Д. Труды ГЕОФИАН № 7А, 1954.
9. Шифрин К. С. Труды ГГО, вып. 46 (109), стр. 18, 1955.
10. Шифрин К. С. ДАН СССР, 94, 4, 673, 1954.