

ԻՌՆՈՂՈՐՏԻ ՍՏՈՐԻՆ ՇԵՐՏԵՐԻ ՍՏԱՑԻՈՆԱՐ ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ
ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐԸ

ՅՈՒ. Ս. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Աշխատանքում ուսումնասիրված են իոնոլորտի E-շերտում տեղի ունեցող էլեկտրադինամիկական պրոցեսները, պայմանավորված դինամո-մեխանիզմով: Հաշվված են էլեկտրական դաշտերը, հոսանքները, նրանցով ստեղծված մագնիսական դաշտերը և իոնոլորտի անհամասեռությունները դիտարկվող շերտերում:

MAIN ASPECTS OF STATIONARY ELECTRODYNAMICS OF
LOWER LAYERS OF IONOSPHERE

YU. S. VARDANYAN

The problem of ionospheric dynamo in the E-layer is considered. Electric fields and currents, the magnetic field generated by these currents as well as ionospheric inhomogeneities were calculated.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 22, вып. 5, 280—284 (1987)

УДК 621.371;551.574.1

ВЛИЯНИЕ КРУПНЫХ И СВЕРХКРУПНЫХ КАПЕЛЬ
В ОБЛАКАХ НА ОСЛАБЛЕНИЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ
И СУБМИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Г. М. АЙВАЗЯН

Институт радиофизики и электроники АН АрмССР

(Поступила в редакцию 7 апреля 1986 г.)

С помощью точных формул Ми исследуется влияние крупных и сверхкрупных капель на распространение миллиметровых и субмиллиметровых волн в облаках различных типов при однократном рассеянии.

Благодаря развитию техники эксперимента, в последние годы в облаках обнаружены неизвестные до сих пор крупные (радиусами от 20 до $85 \div 100$ мкм) и сверхкрупные (размерами от $85 \div 100$ до 1500 и более мкм) капли. Хотя их концентрация мала и резко зависит от типа облака, эти капли оказывают существенное влияние на рассеяние и поглощение миллиметровых (ММ) и субмиллиметровых (СММ) волн.

В настоящей работе используются эти последние сведения о микроструктуре облаков [1—3] для вычисления по точным формулам Ми [4] (программа расчетов из [5] с учетом «двойного» контроля точности) и приближенной формуле Рэллея [4] (Γ_n) зависимости коэффициентов: ослабления — Γ_o , поглощения — Γ_p и рассеяния — Γ_r ($\Gamma_o = \Gamma_p + \Gamma_r$)

в дБ/км) ММ и СММ волн (от 4 до 0,1 мм) от температуры в облаке (от $+30^\circ$ до -40° С через 10°) для четырех характерных типов облаков: 1) облака «А» — облака со «стандартной» кривой распределения капель по размерам — средней кривой, характерной для облаков слоистых форм умеренных широт [1, 2]; 2) облака «Б» — облака с максимальной концентрацией капель — предел заштрихованной области (см. рис. 2.8 в [2]); 3) облака «В» — мощно-кучевого облака (максимум) [3]; 4) облака «Г» — кучево-дождевого облака (максимум) [3], причем учитывается вклад различных фракций размеров капель: мелких, крупных и сверхкрупных в общее поглощение и рассеяние волн. Комплексные показатели преломления капель воды для температур от $+30^\circ$ до -40° С для ММ волн взяты из [6], а для СММ волн рассчитаны нами по формулам [7].

В результате исследования получены конкретные численные данные: о средних и максимальных значениях коэффициентов ослабления; о том, насколько расчеты по точным формулам отличаются от приближенных расчетов; о вкладе различных фракций размеров капель в общее рассеяние, поглощение и о доле рассеянной компоненты в полном ослаблении; последние сведения необходимы для учета в дальнейшем процессов многократного рассеяния, что составляет содержание второй части работы. Ниже приводится некоторая часть из полученных результатов.

Таблица 1

λ в мм	Коэффициент	Облако «А»	Облако «Б»	Облако «В»	Облако «Г»
		в дБ/км			
4,0	Γ_0	$\frac{1,965}{0,990}$	$\frac{3,081\ 1}{1,556\ 1}$	$\frac{1,519\ 1}{1,022\ 1}$	$\frac{2,206\ 1}{1,189\ 1}$
	Γ_p	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,100}{0,060}$	$\frac{3,230}{2,609}$	$\frac{4,520}{2,491}$
1,0	Γ_0	$\frac{7,680}{1,118}$	$\frac{1,281\ 2}{2,025\ 1}$	$\frac{4,225\ 1}{1,280\ 1}$	$\frac{7,503\ 1}{3,540\ 1}$
	Γ_p	$\frac{0,077}{0,034}$	$\frac{3,870}{2,660}$	$\frac{4,957}{3,880}$	$\frac{2,060\ 1}{1,425\ 1}$
0,4	Γ_0	$\frac{1,898\ 1}{6,230}$	$\frac{3,984\ 2}{1,810\ 2}$	$\frac{8,906\ 1}{2,990\ 1}$	$\frac{1,681\ 2}{7,829\ 1}$
	Γ_p	$\frac{1,576}{1,456}$	$\frac{8,678\ 1}{8,178\ 1}$	$\frac{6,810}{6,060}$	$\frac{3,782\ 1}{3,343\ 1}$
0,1	Γ_0	$\frac{1,262\ 2}{1,083\ 2}$	$\frac{2,538\ 3}{2,308\ 3}$	$\frac{8,956\ 2}{8,103\ 2}$	$\frac{1,239\ 3}{1,078\ 3}$
	Γ_p	$\frac{4,303\ 1}{4,056\ 1}$	$\frac{1,116\ 3}{1,068\ 3}$	$\frac{3,998\ 2}{3,789\ 2}$	$\frac{7,406\ 2}{5,342\ 2}$

В табл. 1 приводятся максимальные (сверху) и минимальные (снизу) значения коэффициентов Γ_0 и Γ_p для различных облаков и длин волн (в таблице 3,081 1 означает $3,081 \cdot 10^1$). Для $\lambda = 4$ мм максимальное ослабление — 30,81 дБ/км — можно наблюдать в облаке «Б», максимальное рас-

сеяние — 4,52 дБ/км — в облаке «Г». Для $\lambda = 1$ мм максимальное $\Gamma_0 = 128,1$ дБ/км можно наблюдать в облаке «Б», а максимальное $\Gamma_p = 20,6$ дБ/км — в облаке «Г». С уменьшением длины волны излучения растут величины как Γ_0 , так и Γ_p .

В табл. 2 приводятся средние (для интервала температур от $+30^\circ$ до -40° С) и максимальные значения отношений величин Γ_p и Γ_0 к Γ_n в %, причем верхняя цифра — для $\lambda = 4$ мм, а нижняя — для $\lambda = 1$ мм. Как видно из таблицы, для $\lambda = 4$ мм формулой Рэлея можно пользоваться (допуская максимальную погрешность $\sim 2,62\%$) для

Таблица 2

Тип облака	$\frac{\Gamma_p}{\Gamma_n}$	$\frac{\Gamma_p}{\Gamma_n}$	$\frac{\Gamma_0}{\Gamma_n}$	$\frac{\Gamma_0}{\Gamma_n}$
	сред. в %	макс. в %	сред. в %	макс. в %
„А“	0,40	1,04	0,66	1,13
	3,04	6,48	6,40	9,82
„Б“	1,10	2,11	1,57	2,62
	8,10	10,70	17,39	27,44
„В“	20,12	28,32	61,19	78,35
	10,21	14,00	43,52	116,1
„Г“	30,04	54,31	71,64	105,6
	44,03	89,74	160,9	353,8

Таблица 3

Тип облака	ΔB / км	1—20 мкм	20—1500 мкм
		— %	— %
„А“	Γ_0	70,87	29,13
	Γ_n	74,35	25,65
	Γ_p	4,04	95,96
„Б“	Γ_0	51,86	48,14
	Γ_n	59,93	40,07
	Γ_p	0,33	99,67
„В“	Γ_0	57,46	42,54
	Γ_n	75,64	24,36
	Γ_p	3,61	96,39

Таблица 4

t° С в облаке	Альбе́до ω в %						
	$\lambda = 4,0$	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1 мм

Облако „А“

$+30^\circ$	—	—	1,50	3,15	8,30	23,73	32,13
-40°	—	—	4,98	10,50	24,15	39,01	39,71

Облако „Б“

$+30^\circ$	—	3,00	4,92	9,53	20,52	34,30	42,08
-40°	—	13,14	14,26	27,21	47,92	50,91	48,33

Облако „В“

$+30^\circ$	13,17	9,23	7,19	6,48	7,65	23,41	42,31
-40°	11,77	38,73	25,24	21,38	20,27	35,99	49,33

Облако „Г“

$+30^\circ$	57,20	19,53	17,03	16,99	21,54	44,01	49,52
-40°	38,32	59,19	46,54	45,37	44,35	58,30	59,75

слоистых облаков умеренных широт всех типов (облака «А» и «Б») и нельзя пользоваться для конвективных облаков всех типов (облака «В» и «Г»). Для $\lambda < 4$ мм пользоваться формулой Рэлея вообще невозможно для любых типов облаков из-за больших ошибок.

В табл. 3 приводятся величины, характеризующие вклад отдельных диапазонов размеров капель (от 1 до 20 мкм и от 20 до 1500 мкм) в об-

щее ослабление, поглощение и рассеяние для $\lambda = 0,8$ мм и температуры -40°C . Как видно из табл. 3, из-за отсутствия до настоящего времени сведений о каплях с размерами от 20 до 1500 мкм мы не учитывали в облаке „Б“ более 40% величины Γ_0 , и Γ_n и порядка 99% Γ_p , а в облаке „В“ — 40% величины Γ_0 , 25% величины Γ_n и порядка 95% величины Γ_p . Для $\lambda < 0,8$ мм доля неучтенной Γ_p и Γ_n еще больше. Как показали расчеты, Γ_n и Γ_p значительно меняются в зависимости как от типа облака, так и от температуры в облаке, причем основной вклад в Γ_p вносят капли с размерами от 1 до 20 мкм (в среднем в 3 раза больше). Наоборот, основной вклад в Γ_p вносят капли с размерами от 20 до 1500 мкм (почти на порядок больше).

В табл. 4 приводятся величины альbedo однократного рассеяния ω , т. е. отношение Γ_p и Γ_0 , которое характеризует долю рассеянной компоненты в общем ослаблении. Согласно таблице для облака «А» учет рассеянной компоненты излучения для расчетов многократного рассеяния необходимо начинать с $\lambda = 0,8$ мм (так как уже $\omega > 3\%$); для облака «Б» учет рассеяния необходим с $\lambda = 1$ мм, а для облаков «В» и «Г» — с $\lambda = 4$ мм и даже для длин волн несколько больше 4 мм.

Нами рассчитан и построен график функции $K_0(t^\circ)$, усредненный для облаков «А» и «Б», по которой можно определить температуру облака, если измерено отношение $\Gamma_0(1\text{ мм})$ к $\Gamma_0(4\text{ мм})$ в облаке. Расчетные точки $K_0(t^\circ)$: $+30^\circ\text{C} - 6,657$; $+20^\circ - 5,287$; $+10^\circ - 3,978$; $0^\circ - 2,858$; $-10^\circ - 2,000$; $-20^\circ - 1,494$; $-30^\circ - 1,241$ и $-40^\circ\text{C} - 1,138$. Погрешность при этом составляет $\pm 1,5^\circ$ для $t^\circ < +30^\circ\text{C}$; $\pm 1,0^\circ$ при 0° и $\pm 0,5^\circ$ для $t^\circ < -40^\circ\text{C}$. Для конвективных облаков пользоваться этим методом без учета многократного рассеяния невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазин И. П., Шметер С. М. Облака, строение и физика образования. Гидрометеиздат, Л., 1983.
2. Радиация в облачной атмосфере. Под ред. Е. М. Фейгельсон. Гидрометеиздат, Л., 1981.
3. Pruppacher H. R., Klett J. D. Microphysics of clouds and precipitation. D. Reidel Publish. Co., 1978.
4. Шифрин К. С. Рассеяние света в мутной среде. Гостехиздат, М., 1951.
5. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами. Изд. Мир, М., 1971.
6. Розенберг В. И. Рассеяние и ослабление электромагнитного излучения атмосферными частицами. Гидрометеиздат, Л., 1972.
7. Малышенко Ю. И., Ваксер М. Х. УФЖ, 15, 1496 (1970).

ԱՄԳԵՐՈՒՄ ԽՈՇՈՐ ԵՎ ԳԵՐԽՈՇՈՐ ԿԱԹՈՒՆՆԵՐԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ
ԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ ԵՎ ՆՆԹԱՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ
ԱՆՔՆԵՐԻ ԹՈՒԼԱՑՄԱՆ ՎՐԱ

Հ. Մ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

Մի և ճշգրիտ բանաձևերով հետազոտվում է խոշոր և գերխոշոր կաթիլների ազդեցությունը տարբեր բնույթի ամպերում միլիմետրային և ենթամիլիմետրային ալիքների տարածման վրա՝ նրանց միապատիկ ցրման դեպքում:

THE EFFECT OF BIG AND SUPER-BIG WATER DROPS ON THE ATTENUATION OF MILLIMETER AND SUBMILLIMETER WAVES IN CLOUDS

Н. М. АЙВАЗЯН

Using the exact Me expressions, the effect of big and super-big water drops on the propagation of millimeter and submillimeter waves in clouds of various type has been considered taking into account the single scattering events.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 22, вып. 5, 284—286 (1987)

УДК 539.186

ПОЛУЧЕНИЕ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ γ -КВАНТОВ К-ИОНИЗАЦИЕЙ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ИОНОВ

К. А. ИСПИРЯН, М. К. ИСПИРЯН

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 25 апреля 1986 г.)

Показано, что К-ионизацией релятивистских ионов, вызванной их столкновением с навстречу летящими лазерными фотонами или их прохождением через тонкие мишени, можно получить квазимонохроматические пучки γ -квантов. Вычислены угловое и спектральное распределения и произведены оценки интенсивности таких γ -пучков.

В настоящее время квазимонохроматические пучки рентгеновских и γ -квантов, получаемые с помощью электронов высоких энергий, широко применяются в различных областях науки и техники. Еще в 1973 г. в работе [1] был предложен метод получения таких пучков с помощью столкновения пучков релятивистских ионов с $\gamma = E/M = (1-\beta^2)^{-1/2} \gg 1$ с лазерными фотонами с энергией ω_1 , где $\hbar = c = 1$, E , M и β — энергия, масса и скорость ионов. Суть метода [1] заключается в следующем. При лобовом столкновении в результате эффекта Доплера в системе покоя (СП) иона энергия фотона увеличивается до $\omega_1' \approx 2\gamma\omega_1$, и если $\omega_1' = \omega_{ij}$, где ω_{ij} — энергия разрешенного перехода между двумя атомными или ядерными уровнями иона, то происходит резонансное рассеяние фотона. Из-за лоренц-преобразований из СП в лабораторную систему (ЛС) рассеянные фотоны, имеющие почти изотропное угловое распределение в СП, испускаются под малыми углами $\theta \sim 1/\gamma$ относительно импульса ионов и их энергия ω_2 в ЛС может достигать до $\omega_{2\max} \approx 4\gamma^2\omega_1$. Полное сечение такого превращения пучка мягких фотонов в пучок жестких γ -квантов равно $\sigma \approx (10^{-15} - 10^{-17}) \text{ см}^2$ и $(10^{-25} - 10^{-27}) \text{ см}^2$ для ω_{ij} , лежащих соответственно в оптической (включая ВУФ) и рентгеновской областях.