

Ф. Д. ЗАБЛОЦКИЙ, Н. И. КРАВЦОВ, А. И. ТЕРЕЩУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАДИОВОЛН
ОТ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНТАРКТИДЕ

Климат внутриконтинентальной зоны Антарктиды — самый суровый на земном шаре. Рекордно низкая температура зафиксирована в июле 1983 г. на советской станции Восток — $-89,2^{\circ}\text{C}$. В табл. 1 приведены среднесезонные и среднегодовые многолетние характеристики, усредненные по метеорологическим наблюдениям

на уровне внутриконтинентальных станций Восток, Амундсен-Скотт и Бэрд [2, 3]. Крайне низкие температуры воздуха, сильное радиационное выхолаживание, большая высота ледникового купола над уровнем моря способствуют очень низкому влагосодержанию воздуха. Известно, что влажность оказывает наибольшее влияние на точность определения показателя преломления воздуха для электромагнитных волн радиодиапазона. Таким образом, Цент-

Таблица 1

Среднестатистические данные
метеорологических наблюдений
в Центральной Антарктиде

Элементы	Лето	Осень	Зима	Весна	За год
Температура воздуха, °С	-28,1	-49,7	-53,8	-44,7	-44,1
Давление воздуха, 10^2 Па	711,7	704,2	701,3	700,1	704,3
Скорость ветра, м/с	5,3	7,1	7,5	7,0	6,7
Упругость водяного пара, 10^2 Па	0,51	0,20	0,16	0,21	0,27
Сумма радиационного баланса, ккал/см ² *	3,2	-3,5	-3,8	-1,0	-5,1

* Приведено лишь для станции Восток.

ральная Антарктида с этой точки зрения — самый благоприятный район для проведения радиодальномерных измерений.

Для исследования закономерности распределения показателя преломления радиоволн мы использовали результаты 46 аэрометрических зондирований (в среднем по одному в неделю) на станции Восток [4]. Поскольку влажность воздуха в Центральной Антарктиде очень низкая и составляет для самого теплого месяца — января — на станции Восток $0,25 \cdot 10^2$ Па, то неучет ее при вычислении модуля показателя преломления воздуха для радиоволн N_p составляет лишь 1,5 [1]. Таким образом, неучет влажности при вычислении N в условиях Центральной Антарктиды практически не выходит за пределы точности определения самого показателя преломления.

Для вычисления N мы применяем известную формулу Фрума и Эссена, полагая, что $e=0$. N_p находим по давлению и температуре воздуха, зафиксированных на стандартных высотах нижних слоев атмосферы, причем высота станции Восток над уровнем моря составляет почти 3,5 км. Усредненные из 46 зондирований значения модуля показателя преломления представлены на рисунке.

Анализируя график, можно сделать вывод о практически линейном изменении показателя преломления с высотой, за исключением приземного слоя, характеризующегося практически постоянным инверсионным распределением температуры с высотой.

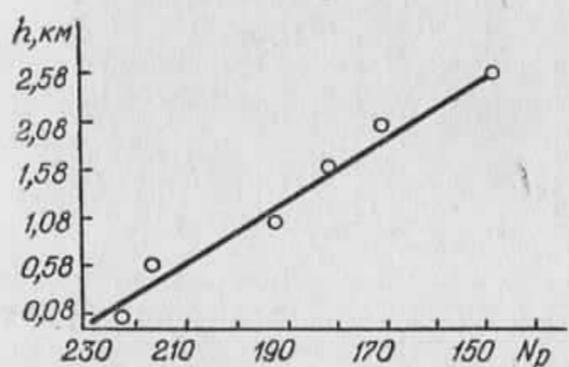
Показатель преломления запишем в виде линейной зависимости:

$$N = a/T + bp + c, \quad (1)$$

где T — температура воздуха, К; p — давление воздуха, Па; a , b и c — неизвестные коэффициенты.

Усредненные из 46 аэрологических зондирований значения $1/T$, p и N , вычисленные по формуле Фрума—Эссена, в зависимости от высоты над уровнем станции представлены ниже:

Высота над уровнем станции	$1/T$	p	N
0,08	0,00464	623	224
0,58	453	616	217
1,08	430	572	191
1,58	432	530	178
2,08	436	491	167
2,58	447	424	147



Среднегодовое распределение N_p на станции Восток (отсчет высот от уровня станции).

Для определения a , b и c воспользуемся методом множественной линейной корреляции. Произведем вычисления по формулам

$$\bar{x} = \Sigma_{mx}/\Sigma_m, \quad \bar{y} = \Sigma_{my}/\Sigma_m, \quad \bar{z} = \Sigma_{mz}/\Sigma_m, \quad \Sigma_m = N. \quad (2)$$

Здесь для x , y и z возьмем приведенные значения $1/T$, p и N соответственно. Найдем смешанные коэффициенты корреляции

$$r_{xy} = \frac{\Sigma_m \delta_x \delta_y}{N \sigma_x \sigma_y} = 0,769,$$

$$r_{yz} = \frac{\Sigma_m \delta_y \delta_z}{N \sigma_y \sigma_z} = 0,982,$$

$$r_{xz} = \frac{\Sigma_m \delta_x \delta_z}{N \sigma_x \sigma_z} = 0,865. \quad (3)$$

$$\text{Коэффициенты } a = \frac{r_{xz} - r_{yz} r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_x} = 46857, \quad b = \frac{r_{yz} - r_{xz} r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y} = 0,33589, \quad c = \bar{z} - a\bar{x} - b\bar{y} = -202,0. \quad (4)$$

аким образом, искомое выражение для модуля показателя преломления электромагнитных волн радиодиапазона имеет вид

$$N = 46857/T + 0,33589 \cdot p - 202,0. \quad (5)$$

Для проверки полученного выражения вычислим модуль показателя преломления по формуле Фрума—Эссена и по (5), используя

Таблица 2
Сравнение значений модуля показателя преломления

Зондирова- ние	Значения			
	по формуле Фрума—Эс- сена	по формуле (5)	Δ	$\Delta\Delta$
Среднее из 46	225,4	223,3	+2,1	4,41
	217,6	216,0	+1,6	2,56
	192,6	191,1	+1,5	2,25
	179,3	177,8	+1,5	2,25
	168,1	167,0	+1,1	1,21
15.I	208,1	207,2	+0,9	0,81
	205,1	203,9	+1,2	1,44
	188,8	187,0	+1,8	3,24
	177,5	175,7	+1,8	3,24
	167,4	165,5	+1,9	3,61
15.VIII	245,7	243,7	+2,0	4,00
	224,9	223,0	+1,9	3,61
	193,5	192,4	+1,1	1,21
	180,8	179,5	+0,7	0,49
	170,6	170,2	+0,4	0,16

$$[\Delta\Delta] = 34,49,$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{34,49}{15}} = \pm \sqrt{2,2993},$$

$$m = \pm 1,51 \text{ } N\text{-единиц}.$$

зая данные аэрологических зондирований на станции Восток [4], которые не были взяты в обработку для вывода (5) (табл. 2).

Как видно, (5) обеспечивает вычисление модуля показателя преломления N_p в Центральной Антарктиде с достаточной точностью даже для экстремальных периодов года — лета и зимы.

Список литературы: 1. Заблоцкий Ф. Д., Кравцов Н. И. Распределение показателя преломления воздуха в пограничном слое Центральной Антарктиды. — Всесоюзное совещание по рефракции электромагнитных волн в атмосфере. Тез. докл. Томск, 1983. 2. Справочник по климату Антарктиды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976, т. 1. 3. Справочник по климату Антарктиды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1977, т. 2. 4. Труды Советской антарктической экспедиции. — Л.: Морской транспорт, 1962, т. 25.

Статья поступила в редакцию 26.12.83