

Фактор мутности T , так же как и ρ , зависит от физических свойств воздушной массы. Средние значения T для разных воздушных масс (по Л. И. Мамонтовой и С. П. Хромову) следующие:

Воздушная масса	кАВ	мУВ	кУВ	кТВ
T	2,45	2,66	3,09	3,49

Согласно данным В. С. Самойленко (1973 г.), в низких широтах (над океанами) наименьшей прозрачностью обладает экваториальный воздух (ЭВ), в котором $\rho = 0,55$ и $T = 7,6$; морской тропический воздух (мТВ) значительно прозрачнее: $\rho = 0,80$, $T = 3,6$.

Фактор мутности T и коэффициент прозрачности ρ имеют хорошо выраженный годовой ход, что подтверждают следующие данные для Ленинграда:

Месяц	I	III	V	VII	IX	XI
ρ	0,798	0,795	0,780	0,766	0,786	0,800

4 Прямая солнечная радиация

Под *прямой солнечной радиацией*, которую нередко называют просто *солнечной радиацией*, понимают радиацию, доходящую до места наблюдения в виде пучка параллельных лучей непосредственно от Солнца.

Потоки солнечной радиации на перпендикулярную лучам (I) и горизонтальную ($I' = I \sin h_{\odot}$) поверхности зависят от следующих факторов: а) солнечной постоянной; б) расстояния между Землей и Солнцем (поток I_0 на верхней границе атмосферы в январе примерно на 3,5 % больше, а в июле на 3,5 % меньше, чем I_0^*); в) физического состояния атмосферы над пунктом наблюдения (содержания поглощающих газов и твердых атмосферных примесей, наличия облаков и туманов); г) высоты Солнца.

В зависимости от указанных факторов потоки I и I' изменяются в широких пределах. В каждом пункте они имеют отчетливо выраженный суточный и годовой ход (максимумы I и I' в течение суток наблюдаются в местный полдень). Хотя высота Солнца (от которой зависит m) и оказывает большое влияние на потоки солнечной радиации, но не меньшее влияние оказывает и замутненность атмосферы. Это подтверждают максимальные (из полуденных) значения потока I , которые когда-либо наблюдались в различных пунктах (табл. 6.3 и 6.4). Из приведенных в табл. 6.3 данных следует, что несмотря на большое различие в широте станций и, следовательно, в максимальной высоте Солнца, различие I_{\max} на них невелико. Более того, на о. Диксон значение I_{\max} больше, чем в пунктах, расположенных южнее его.

Таблица 6.3. Максимальные значения потока солнечной радиации $I_{\text{макс}}$ (кВт/м²) в пунктах, расположенных ниже 500 м над уровнем моря

Пункт	$I_{\text{макс}}$	Пункт	$I_{\text{макс}}$
Северный полюс	0,90	Москва	1,03
о. Диксон	1,04	Ашхабад	1,01
Ленинград	1,00	Ташкент	1,05
Якутск	1,05		

Таблица 6.4. Максимальные значения потока солнечной радиации $I_{\text{макс}}$ (кВт/м²) в горных районах

Пункт	Высота, м	I	III	V	VII	IX	XI	Год
Такубая (Мексика)	2300	1,14	1,07	1,06	1,03	1,10	1,10	1,16
Тянь-Шань	3670	1,14	1,16	1,14	1,17	1,18	1,30	1,18

Объясняется это тем, что атмосфера в низких широтах содержит больше водяного пара и примесей, чем в высоких.

С увеличением высоты над уровнем моря потоки солнечной радиации возрастают, что объясняется уменьшением оптической толщины $\tau(z)$. Вследствие этого и $I_{\text{макс}}$ в горных районах (табл. 6.4) больше, чем на равнинной местности.

Приведем значения потока I на различных высотах по измерениям во время подъема аэростата при высоте Солнца около 50°:

z км	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
I кВт/м ² . . .	0,76	0,82	0,89	1,01	1,06	1,09	1,11	1,14	1,17	1,20
z км	9	10	11	12	13	15	20	25	29	
I кВт/м ² . . .	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	1,27	1,28	1,28	

Поток I растет с увеличением высоты сравнительно быстро в нижних слоях и более медленно в верхних.

Средние значения потоков I и I' по данным наблюдений на семи станциях СССР (общее число измерений превышает 13 000) при разных высотах Солнца и различной прозрачности атмосферы приведены в табл. 6.5 и 6.6.

Таблица 6.5 составлена по данным непосредственных измерений при различных высотах Солнца. Анализ наблюдений, выполненных Н. Н. Калигиным, показал, что потоки при одинаковых значениях m и p для всех семи станций близки между собой. Благодаря этому все данные измерений можно было объединить и получить средние (нормальные) значения потоков солнечной радиации при разных высотах Солнца и прозрачности атмосферы.

Таблица 6.5. Поток прямой солнечной радиации (кВт/м²) на перпендикулярную поверхность

Прозрачность	c	h_{\odot}°						Число измерений
		6,8	11,3	14,3	19,3	30,3	41,8	
Очень низкая	0,91	0,110	0,208	0,272	0,366	0,487	0,595	17
Низкая	0,67	0,170	0,292	0,364	0,456	0,588	0,699	83
Пониженная	0,54	0,237	0,372	0,452	0,541	0,670	0,768	340
Нормальная	0,43	0,476	0,552	0,636	0,644	0,769	0,852	1023
Повышенная	0,34	0,419	0,568	0,644	0,735	0,852	0,926	658
Высокая	0,27	0,522	0,667	0,745	0,828	0,942	1,000	47
Идеальная атмосфера	0,13	0,837	0,949	0,998	1,053	1,131	1,173	

Таблица 6.6. Поток прямой солнечной радиации (кВт/м²) на горизонтальную поверхность (инсоляция)

c	h_{\odot}°										
	7	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90
0,91	0,01	0,04	0,07	0,13	0,19	0,24	0,37	0,50	0,61	0,70	0,74
0,67	0,02	0,05	0,10	0,16	0,22	0,29	0,44	0,58	0,68	0,78	0,82
0,54	0,03	0,06	0,12	0,19	0,26	0,34	0,48	0,62	0,73	0,84	0,89
0,43	0,04	0,08	0,15	0,22	0,30	0,38	0,54	0,68	0,80	0,91	0,96
0,34	0,05	0,09	0,17	0,25	0,34	0,43	0,59	0,73	0,86	0,97	1,12
0,27	0,06	0,11	0,20	0,29	0,38	0,48	0,64	0,79	0,91	1,03	1,08
0,13	0,11	0,16	0,26	0,36	0,46	0,56	0,75	0,91	1,05	1,17	1,22

Потоки I' (табл. 6.6) для высот Солнца от 7 до 40° рассчитаны по данным табл. 6.5 путем интерполяции (и последующего умножения на $\sin h_{\odot}$), а для высот 50, 60, 75 и 90° — с помощью формулы В. Г. Кастрова: сначала по значению потока I при $m = 1,5$ был найден параметр c , а затем рассчитаны потоки I и I' при значениях m , соответствующих этим высотам Солнца.

Определяющее влияние на поток прямой солнечной радиации оказывает облачность. Из данных, проанализированных Н. Н. Калитиным, следует, что при малых высотах Солнца (до 15—20°) даже в случае облаков верхнего яруса (Ci, Cs) поток I' в Ленинграде равен нулю. При высоко-кучевых облаках I' становится отличным от нуля лишь при $h_{\odot} > 30^{\circ}$. Слоистые и слоисто-кучевые (равно как и слоисто-дождевые) облака полностью задерживают прямую солнечную радиацию при всех высотах Солнца.

Потоки солнечной радиации на наклонные поверхности. Потоки солнечной радиации, поступающие на наклоненные (под некоторым углом α) и горизонтальные поверхности существенно различаются.

В табл. 6.7 приведены значения отношений осредненных за год потоков прямой солнечной радиации на наклонную и горизонтальную поверхности при различной крутизне склонов (α) и различной их ориентации. Эти данные относятся к средним широтам (54—62° с. ш.).

Таблица 6.7. Значения отношений потоков прямой солнечной радиации на наклонную и горизонтальную поверхности

α°	Ориентация склонов							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
10	0,83	0,89	1,00	1,11	1,50	1,09	0,98	0,87
20	0,66	0,77	0,99	1,19	1,25	1,17	0,95	0,74
30	0,49	0,65	0,97	1,24	1,32	1,20	0,93	0,61
45	0,27	0,50	0,93	1,27	1,38	1,22	0,86	0,46
60	0,14	0,42	0,86	1,23	1,32	1,17	0,79	0,37

Для осредненных за год радиационных балансов значения таких отношений в случае северной ориентации склонов составляют 0,92—0,95 при $\alpha = 10^\circ$ и 0,85—0,88 при $\alpha = 20^\circ$; в случае южной ориентации склонов составляют 1,02—1,04 при $\alpha = 10^\circ$ и 1,05—1,10 при $\alpha = 20^\circ$.

5 Рассеянная радиация

Рассеянная радиация представляет собой солнечную радиацию, претерпевшую рассеяние в атмосфере. Количество рассеянной радиации, поступающей на единичную горизонтальную поверхность в единицу времени, носит название *потока рассеянной радиации*; поток рассеянной радиации будем обозначать через i . Поскольку первоисточником рассеянной радиации служит прямая солнечная радиация, поток i должен зависеть от факторов, которые определяют I , а именно: а) высоты Солнца h_\odot (чем больше h_\odot , тем больше i); б) прозрачности атмосферы (чем больше p , тем меньше i); в) облачности.

Как следует из табл. 6.8, составленной Н. Н. Калитиным по наблюдениям в Ленинграде, под влиянием облачности поток рассеянной радиации по сравнению с безоблачным небом, как правило, довольно значительно увеличивается. Исключение составляют облака нижнего яруса (St, Sc) при малых высотах Солнца ($h_\odot < 10-15^\circ$). Наибольших значений поток i достигает при облаках среднего (Ac) и верхнего (Cs) ярусов, когда он в 2—3 раза больше, чем при безоблачных условиях.

Связать поток рассеянной радиации с потоком прямой позволяют следующие рассуждения. Если к земной поверхности посту-