

3. Определить и записать барометрическую тенденцию по действующему недельному барографу.

Контрольные вопросы:

1. К чему приводит увеличение числа анероидных коробок?
2. Через какие интервалы времени проведены деления у суточного и недельного барографов?
3. Где целесообразнее помещать барограф — в помещении или на метеорологической площадке?

Отчет по заданию должен содержать:

1. Схему барографа.
2. Ответы на контрольные вопросы.

ГЛАВА IV

РАДИАЦИЯ

ВИДЫ РАДИАЦИИ

Солнечную радиацию, в состав которой входят длины электромагнитных волн менее 4 мкм^1 , в метеорологии принято называть коротковолновой. В солнечном спектре различают ультрафиолетовую ($\lambda < 400 \text{ нм}$), видимую ($\lambda = 400\text{—}760 \text{ нм}$) и инфракрасную ($\lambda > 760 \text{ нм}$) части.

Солнечная радиация, поступающая непосредственно от солнечного диска, называется прямой солнечной радиацией (S). Обычно она характеризуется интенсивностью, т. е. количеством лучистой энергии в калориях, проходящей в 1 мин через 1 см^2 площади, расположенной перпендикулярно к солнечным лучам.

Интенсивность прямой солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу земной атмосферы, называют солнечной постоянной (S_0). Она составляет примерно $2 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$. У земной поверхности прямая солнечная радиация всегда значительно меньше этой величины, так как, проходя через атмосферу, ее солнечная энергия ослабляется вследствие поглощения и рассеяния молекулами воздуха и взвешенными частичками (пылинками, каплями, кристалликами). Ослабление прямой солнечной радиации атмосферой характеризуется или коэффициентом ослабления a , или коэффициентом прозрачности p . Для расчета прямой солнечной радиации, приходящей на перпендикулярную поверхность, обычно применяют формулу Буге:

$$S_m = S_0 p_m^m. \quad (1)$$

где S_m — прямая солнечная радиация в $\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ при данной массе атмосферы; S_0 — солнечная постоянная; p_m — коэффициент прозрачности при данной массе атмосферы; m — масса атмосферы на пути солнечных лучей; $m = \frac{1}{\sin h_{\odot}}$. При малых значениях вы-

¹ $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м} = 10^{-3} \text{ мм}$, микрометры еще называют микронами, а нанометры — миллимикронами, $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$.

соты солнца ($h_{\odot} < 10^{\circ}$) масса находится не по формуле, а по таблице Бемпорада [18]. Из формулы (1) следует, что

$$p_m = \sqrt{\frac{S_m}{S_0}} \quad \text{или} \quad p = e^{-a}. \quad (2)$$

Прямая солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность (S'), вычисляется по формуле

$$S' = S \sin h_{\odot}, \quad (3)$$

где h_{\odot} — высота солнца над горизонтом.

Радиация, поступающая на земную поверхность от всех точек небесного свода, называется рассеянной D . Сумма прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную земную поверхность, представляет собой суммарную солнечную радиацию Q :

$$Q = S' + D. \quad (4)$$

Суммарная радиация, дошедшая до земной поверхности, частично отражаясь от нее, создает отраженную радиацию R , направленную от земной поверхности в атмосферу. Остальная часть суммарной солнечной радиации поглощается земной поверхностью. Отношение отраженной от земной поверхности радиации к поступающей суммарной радиации называется альбедо A . Величина $A = \frac{R}{Q}$ характеризует отражательную способность земной поверхности. Она выражается в долях единицы или процентах. Разность между суммарной и отраженной радиацией называется поглощенной радиацией, или балансом коротковолновой радиации земной поверхности B_k :

$$B_k = Q - R, \quad \text{или} \quad B_k = Q(1 - A). \quad (5)$$

Поверхность земли и земная атмосфера, как и все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля, также излучают радиацию, которую условно называют длинноволновой. Ее длины волн — примерно от 4 до 100 мкм.

Собственное излучение земной поверхности по закону Стефана — Больцмана пропорционально четвертой степени ее абсолютной температуры (T):

$$E_z = \delta \sigma T^4, \quad (6)$$

где $\sigma = 0,814 \cdot 10^{-10}$ кал/см²·мин·град⁴ — постоянная Стефана — Больцмана, δ — относительная излучательная способность действительной поверхности. Для большей части естественных поверхностей $\delta \approx 0,95$.

Излучение атмосферы направлено как к Земле, так и в мировое пространство. Часть длинноволнового атмосферного излуче-

ния, направленная вниз и поступающая к земной поверхности, называется встречным излучением атмосферы и обозначается E_a .

Разность между собственным излучением земной поверхности E_z и встречным излучением атмосферы E_a называется эффективным излучением земной поверхности $E_{эф}$:

$$E_{эф} = E_z - E_a. \quad (7)$$

Величина $E_{эф}$, взятая с обратным знаком, составляет баланс длинноволновой радиации на земной поверхности B_d .

Разность между всей приходящей и всей уходящей радиацией называется радиационным балансом земной поверхности, т. е.

$$B = Q - R - E_{эф}, \quad \text{или} \quad B = B_k + B_d. \quad (8)$$

Прямая солнечная радиация

Для измерения прямой солнечной радиации применяются пиргелиометры и актинометры различных конструкций.

Компенсационный пиргелиометр Онгстрема

Приемной частью компенсационного пиргелиометра Онгстрема служат две совершенно одинаковые очень тонкие манганиновые пластинки B и C (рис. 9), зачерпленные сверху. К нижней части пластинок прикреплены через изолятор два спая термоэлемента, состоящего из медного и константанового проводников. В цепь термоэлемента включают гальванометр G . При измерениях прямой солнечной радиации одна пластинка C подвергается действию солнечных лучей, а другая B в это время затенена. Нагревание пластинки C и приклеенного к ней одного из спаев термоэлемента солнечными лучами компенсируется точно таким же искусственным нагреванием пластинки B посредством пропускания через нее электрического тока j от батареи E . Для регулирования компенсирующего тока и его точного измерения в нагревательную цепь включают реостат R и миллиамперметр A . Полная компенсация достигается при равенстве температур обеих

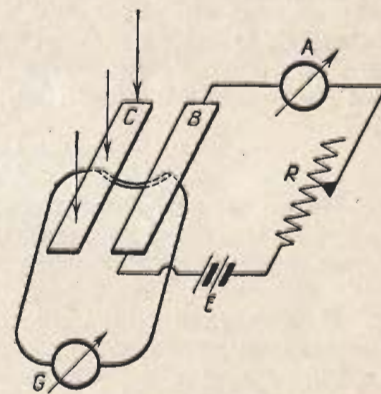


Рис. 9. Схема компенсационного пиргелиометра

пластинок B и C ; при этом стрелка гальванометра G должна вернуться в нулевое положение.

Приход тепла от солнца на пластинку C за 1 мин равен

$$Sas,$$

где s — площадь пластинки, a — ее коэффициент поглощения. Приход тепла на пластинку B от компенсирующего тока в 1 мин можно вычислить по закону Джоуля—Ленца:

$$0,24 r j^2 60,$$

где r — сопротивление пластинки, j — сила компенсирующего тока в амперах.

При полной компенсации эти две величины равны, т. е.

$$Sas = 0,24 r j^2 60.$$

Отсюда можно найти величину интенсивности радиации S :

$$S = \frac{0,24 \cdot 60 \cdot r}{as} j^2, \text{ или } S = k j^2, \quad (9)$$

где k — постоянный коэффициент прибора. Таким образом, интенсивность радиации S пропорциональна квадрату силы компенсирующего тока.

Все величины, определяющие постоянную пиргелиометра, могут быть точно определены в лабораторных условиях, в связи с этим пиргелиометр не требует градуировки по другому прибору для перевода его показаний в абсолютные единицы. Поэтому пиргелиометр Онгстрема является абсолютным прибором, позволяющим по силе компенсирующего тока определять прямую солнечную радиацию в кал/см²·мин.

Относительные приборы

На метеорологических станциях для регулярных актинометрических наблюдений применяются относительные приборы: актинометры, пиранометры, альбедометры и другие, требующие сравнения с абсолютным прибором.

Определение радиации с помощью относительных приборов основано на наблюдении стационарного состояния приемника при наличии прихода и расхода тепла. Приемная поверхность прибора, получая тепло от радиации, нагревается до определенной температуры.

Приход тепла в единицу времени (минуту) будет равен

$$Sas,$$

где s — поверхность приемника, a — коэффициент поглощения радиации.

Вследствие повышения температуры приемной поверхности происходит потеря тепла путем теплопроводности и обмена с окружающей средой. Расход тепла по закону Ньютона пропорционален разности температуры нагретого приемника T и окружающего его пространства T_0 . Следовательно он будет равен

$$h(T - T_0),$$

где h — коэффициент пропорциональности.

При стационарном состоянии

$$Sas = h(T - T_0),$$

откуда

$$S = \frac{h}{as} (T - T_0) = k(T - T_0), \quad (10)$$

где k — постоянная прибора.

Важнейшей частью в приборах этого типа определяют не разность температур $(T - T_0)$, а величину, пропорциональную ей. Например, в современных актинометрических приборах измеряют силу термоэлектрического тока, которая, в свою очередь, пропорциональна радиации, действующей на прибор, т. е.

$$S = kj. \quad (11)$$

В этом случае постоянная прибора k называется чувствительностью приемника радиации и выражается в милливольтгах (мв) на кал/см²·мин. При измерениях радиации обычно применяются стрелочные гальванометры типа ГСА-1.

Под действием солнечной радиации стрелка гальванометра отклоняется на число делений N , так что

$$S = aN, \quad (12)$$

где a — цена деления гальванометра в кал/см²·мин или переводный множитель пары приборов: приемник радиации + гальванометр.

Переводный множитель можно рассчитать по формуле

$$a = \frac{\alpha (R_{пр} + R_r)}{k}, \quad (13)$$

где α — цена деления гальванометра в микроамперах (10^{-6} А), $R_{пр}$, R_r — сопротивление термобатарей приемника радиации и гальванометра, в омах, k — чувствительность приемника радиации (мв на кал/см²·мин). Величины α , k , $R_{пр}$ и R_r указываются в доверительных свидетельствах приборов. Поскольку характеристики приборов со временем могут изменяться, то переводный множитель время от времени определяется путем сравнения с показанием абсолютного прибора — пиргелиометра.