

С. И. СИВКОВ

ОБ ЭФФЕКТИВНОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ

(Представлено академиком В. В. Шулейкиным 18 VII 1951)

Одной из важнейших характеристик радиационного климата является сумма солнечной радиации, падающей на 1 см^2 горизонтальной поверхности в течение безоблачного дня. Эта сумма Q' определяется широтой места φ , склонением солнца для данного дня δ и величиной коэффициента прозрачности p :

$$Q' = I_0 \int_{-t_0}^{+t_0} p^{\frac{1}{\sin h}} \sin h dt, \quad (1)$$

где I_0 означает солнечную постоянную, t — часовой угол, h — высоту солнца, которая в свою очередь определяется формулой:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t. \quad (2)$$

Путем численного интегрирования можно вычислить величину интеграла (1) и составить таблицы, позволяющие быстро находить суммы радиации по величине коэффициента прозрачности для данных условий места φ и времени года δ . Такого рода таблицы вычислялись А. Анголь (1), С. И. Савиновым (2), В. Н. Украинцевым (3), М. Миланковичем (4) и др.

Для вычисления сумм радиации посредством подобных таблиц необходимо знать величину коэффициента прозрачности p , определяющего сумму радиации согласно формуле (1) и могущего поэтому быть названным эффективным коэффициентом прозрачности атмосферы. Однако до настоящего времени не предложено простого и удобного метода, который позволял бы находить величину эффективного коэффициента прозрачности из наблюдений.

Правда, коэффициент прозрачности атмосферы может быть определен по измеренной величине напряжения радиации на основании формулы Буге:

$$I_m = I_0 p_m^m, \quad (3)$$

где m — пройденное лучом число масс атмосферы. Однако этот коэффициент прозрачности p_m получается различным для различного числа m , хотя бы сама прозрачность воздуха при этом оставалась без изменений (эффект Форбса). Благодаря этому, остается неизвестным, какое значение p_m из всех получаемых в течение дня следует принять за эффективное.

Эта неопределенность послужила причиной того, что некоторые исследователи сочли необходимым даже вовсе отказаться от использования данных о прозрачности атмосферы при подсчетах сумм радиации (5).

Однако уже очень несложные соображения приводят к совершенно иному выводу о необходимости существования тесной связи между величинами эффективного коэффициента прозрачности и коэффициентов прозрачности, определяемых из обычных актинометрических наблюдений.

В самом деле, дневные суммы радиации на горизонтальную поверхность определяются величинами напряжения в околополуденные часы (за время от 8—9 до 15—16 час.). За этот промежуток времени высота солнца и длина пути солнечных лучей в атмосфере меняются в сравнительно небольших пределах.

Также в небольших пределах меняется при этом и величина коэффициента прозрачности, определяемого из наблюдений по формуле Буге. Ближе к этим пределам должна подходить и величина эффективного коэффициента прозрачности, определяющего всю дневную сумму радиации. Таким образом, можно думать, что эффективный коэффициент прозрачности атмосферы должен быть близок по величине коэффициенту прозрачности, вычисленному по формуле Буге из наблюдений в истинный полдень. Так как полуденный коэффициент прозрачности вследствие эффекта Форбса имеет наименьшую величину, то эффективный коэффициент прозрачности должен быть несколько больше полуденного. При этом предполагается, что прозрачность атмосферы не испытывает возмущений в течение дня.

Для проверки этого заключения по материалам 14-летних наблюдений Карадагской актинометрической обсерватории ($\varphi = 44^\circ 54'$, $\lambda = 35^\circ 12'$, $H = 28$ м над уровнем моря) были вычислены средние суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность для безоблачного дня середины каждого месяца года. Вычисление сумм производилось по кривой дневного хода радиации, построенной по средним величинам напряжения, полученным в результате измерений по международной программе. Для этих вычислений было использовано свыше 16 тысяч отдельных измерений, так что полученные результаты можно считать достаточно надежными. Вычисленные дневные суммы приводились к среднему расстоянию между землей и солнцем, после чего по ним находилась величина эффективного коэффициента прозрачности $p_{\text{эфф}}$ с помощью таблиц, составленных по формуле (1). После этого по формуле Буге производилось вычисление величин полуденного коэффициента прозрачности $p_{\text{полд}}$ для тех же средних дней каждого месяца. Полученные в результате вычислений величины $p_{\text{эфф}}$ и $p_{\text{полд}}$ сопоставлены в табл. 1 между собою и с величиной коэффициента прозрачности p_z , соответствующего постоянному числу масс атмосферы $m = 3$.

Из табл. 1 можно видеть, что величины эффективного коэффициента прозрачности $p_{\text{эфф}}$ действительно близки к величинам $p_{\text{полд}}$ и несколько превосходят их. Разность $p_{\text{эфф}} - p_{\text{полд}}$ в среднем за год составляет 0,023 и в течение года колеблется лишь в очень небольших пределах. Если пренебречь этими колебаниями, то можно считать, что величина эффективного коэффициента прозрачности будет равна

$$p_{\text{эфф}} = p_{\text{полд}} + 0,023. \quad (4)$$

Определяя по этой формуле величину $p_{\text{эфф}}$ из полуденных измерений напряжения радиации, мы, согласно табл. 1, получим резуль-

тат с ошибкой, не превышающей $\pm 0,005$. Вычисление сумм радиации с ошибкой такого порядка в величине $p_{эфф}$ может дать ошибку в величине дневной суммы около 2—3% в зимние месяцы и около 1—2% в летние. Такую точность вычисления дневных сумм радиации следует признать вполне удовлетворительной.

Таблица 1

Величины коэффициентов прозрачности

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P_z	0,844	0,840	0,814	0,799	0,791	0,787	0,777	0,782	0,801	0,820	0,835	0,847
$P_{эфф}$	0,859	0,839	0,799	0,778	0,762	0,743	0,734	0,748	0,775	0,811	0,840	0,860
$P_{полд}$	0,837	0,820	0,779	0,753	0,734	0,718	0,708	0,724	0,753	0,792	0,817	0,842
$P_{полд}$	0,022	0,019	0,020	0,025	0,028	0,025	0,026	0,024	0,022	0,019	0,023	0,018

Из табл. 1 следует также, что в течение года величина эффективного коэффициента прозрачности меняется в гораздо более широких пределах, чем величина коэффициента, относящегося к постоянному числу масс атмосферы. По этой причине вычисление сумм радиации по какой-либо одной, постоянной в течение всего года величине коэффициента прозрачности должно приводить к большим ошибкам.

Доказанная здесь на примере Карадага возможность вычислять дневные суммы радиации для безоблачных дней по одним только величинам напряжения радиации в истинный полдень имеет существенное значение для актиоклиматологии. Так как суммы радиации за безоблачные дни (возможные суммы) являются исходными для вычисления действительных сумм, то простое и достаточно точное определение возможных сумм может внести значительное улучшение в результаты подсчетов сумм радиации и радиационного баланса косвенными методами.

Для широкого применения изложенного здесь метода определения эффективного коэффициента прозрачности необходимо дополнительно исследовать вопрос о том, в каких пределах может меняться величина разности $p_{эфф} - p_{полд}$ в зависимости от местных условий, прежде всего от географической широты.

Карадагская актиометрическая обсерватория

Поступило
18 VII 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Angot, Ann. de Bureau Centr. Météorol. de France, 1883. ² С. И. Савинов, Климат и погода, 1, 1925. ³ В. Н. Украинцев, Матер. по агроклм. районир. субтропиков, в. 2, 5 (1938). ⁴ М. Миланкович, Математическая климатология, 1939. ⁵ В. Н. Украинцев и А. Шепелевский, Метеор. и гидрол. 5, в. 1, 3 (1939).