

Изменения облучённости и освещённости на земной поверхности в 11-летнем цикле солнечной активности

А.В. ЛЕОНИДОВ

E-mail: avleonidoff@mail.ru

Аннотация

Приведены аналитическое выражение, аппроксимирующее последовательность 11-летних циклов солнечной активности в григорианском летоисчислении, и выражение для солнечной активности в пределах одного цикла. Получены зависимости эффективной термодинамической температуры фотосферы Солнца, а также солнечной и световой солнечной постоянных на верхней границе земной атмосферы от номера года в пределах одного цикла активности Солнца. Приведено обобщённое аналитическое выражение для интегральных коэффициентов пропускания атмосферы (в пределах её спектрального окна прозрачности) на земной поверхности для прямой, рассеянной составляющих солнечного излучения и их суммы при разной угловой высоте Солнца. Получены аналитические выражения зависимостей облучённости и освещённости на земной поверхности в спектральном окне прозрачности атмосферы и в видимой области спектра излучения Солнца от номера года в пределах произвольного цикла активности при разной угловой высоте Солнца. В качестве примера приведены результаты расчёта прямой и рассеянной составляющих облучённости и освещённости на земной поверхности и их сумм в случае безоблачного неба. Предложенный подход позволяет проводить аналогичные вычисления при разных видах облачного покрова.

Ключевые слова: 11-летний цикл активности Солнца, солнечная и световая солнечные постоянные, угловая высота Солнца, циклические изменения, прямая и рассеянная составляющие облучённости и освещённости, земная поверхность.

11-летняя циклическая активность Солнца оказывает существенное влияние на энергетические и светотехнические характеристики солнечного излучения (СИ) на земной поверхности, и во многом определяет характеристики жизнедеятельности человека во всех её аспектах.

Изменения СИ в видимой области спектра, лежащей в спектральном окне прозрачности земной атмосферы (СОПЗА), оказывают влияние на суточную активность нейроэндокринной системы организма человека, определяя характер циркадианной активности всех биологических систем организма. Изменения циркадианной активности организма приводят к изменению суточной интеллектуальной активности человека, включающей, в частности, организацию процесса зрительного восприятия и построение на этой основе смысловой модели предметного мира, а также организацию конкретной и абстрактной мыслительной деятельности.

До настоящего времени 11-летние циклические изменения облучённости и освещённости на земной поверхности, достигающие 30 % и оказывающие существенное

влияние на процессы зрительного восприятия, в светотехнической практике во внимание не принимались.

Цель данной работы – получение аналитических выражений, описывающих 11-летние циклические изменения ряда энергетических (радиометрических) и светотехнических (фотометрических) характеристик в разных спектральных участках СИ при разной угловой высоте Солнца¹.

Мера солнечной активности – индекс этой активности, характеризуемый числом Вольфа $W = k(10g + s)$, где s – количество отдельных пятен на наблюдаемой поверхности фотосферы Солнца, g – число групп, в которые эти пятна объединяются, k – коэффициент, принимаемый, как правило, за единицу [2, 3].

W и его зависимость от времени характеризуют основной и наиболее ярко проявляющий себя солнечный цикл с 11-летним периодом – цикл Швабе (рис. 1). Значительно менее выраженные циклы (в частности, 22-летний – цикл Хейла) во внимание приниматься не будут.

В периоды минимальной активности Солнца $W (= W_{\min})$ практически постоянно и равно 0–15. Напротив, максимальная активность Солнца характеризуется вариабельностью $W (= W_{\max})$, составляющего 120–250. Для дальнейшего изложения были выбраны усреднённые за период 1940–2019 годов значения $W_{\min} (\approx 10)$ и $W_{\max} (\approx 180)$. Кроме того, времена фронта и среза солнечной активности были приняты равными друг другу, что не вносит заметной ошибки в получаемые результаты и позволяет аппроксимировать зависимость W от номера года N (с учётом принятых допущений) синусоидальной функцией:

$$W(N) = W_{\text{средн}} \left\{ 1 + 0,895 \cdot \sin \left[\frac{2\pi(N - 1755)}{11} - \frac{\pi}{2} \right] \right\}, \quad (1)$$

где $W_{\text{средн}} = 0,5(W_{\min} + W_{\max})$, 1755 означает год, соответствующий минимальной солнечной активности (начало нулевого цикла) и находящийся вблизи года начала регулярного изучения циклических изменений солнечной активности (~1749 год).

Зависимость W от номера года n в пределах произвольного 11-летнего цикла солнечной активности имеет вид:

¹ Предполагалось, что полученные результаты смогут:

– использоваться в исследованиях и прогнозировании осознаваемых и неосознаваемых реакций организма человека на циклические изменения характеристик СИ, в том числе связанных с работой зрительной системы человека;

– в перспективе начать учитываться в работах по стандартизации в области естественного внутреннего освещения не только для комфортности проведения зрительных работ, но и для предотвращения (или) купирования отклонений в работе циркадианной системы организма человека. (Актуальность такого рода работ и необходимость их проведения продемонстрирована в недавнем обзоре [1].)

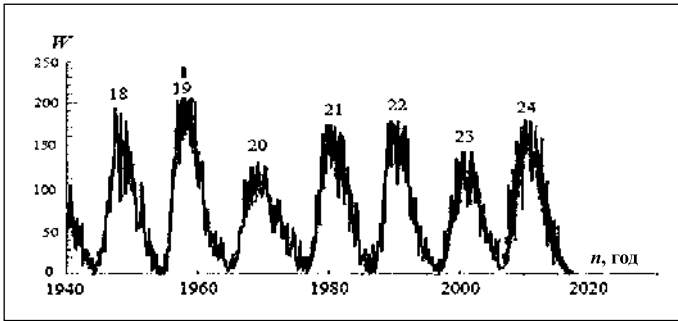


Рис. 1. Зависимость числа Вольфа W от времени в григорианском летоисчислении. Числами 18–24 обозначены циклы активности Солнца в период 1940–2019 годов [3–5]

$$W(n) = W_{\text{средн}} \left[1 + 0,895 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right]. \quad (2)$$

График зависимости $W(n)$ по выражению (2) приведён на рис. 2.

Циклические изменения W приводят к циклическому изменению энергетической светимости фотосферы Солнца $M_{eS} [T_{\text{эфф}}(n)]$, где $T_{\text{эфф}}$ – равновесная эффективная термодинамическая температура излучения фотосферы Солнца. Используемая в подавляющем большинстве случаев в качестве модели излучения фотосферы Солнца модель излучения чёрного тела Планка [6, 7] со спектральной плотностью энергетической светимости $m_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}})$ выражается как

$$m_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}}) = C_1 \lambda^{-5} \left(\exp \frac{C_2}{\lambda T_{\text{эфф}}} - 1 \right)^{-1}, \quad (3)$$

где $C_1 \approx 3,742 \cdot 10^{-16}$ Вт·м² и $C_2 \approx 1,439 \cdot 10^{-2}$ м·К.

При этом:

– наличие хорошо известных из физики Солнца спектральных линий поглощения атомов химических элементов в спектре излучения фотосферы Солнца (линии Фраунгофера) [8] и в атмосфере Земли имеют значение лишь в спектроскопии, но не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на результаты, получаемые при светотехнических расчётах;

– очевидно, что в (3) $T_{\text{эфф}}$ – функция n . Тем не менее, согласно рекомендациям Международной комиссии по радиации [9], в (3) и в интеграле от $m_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}})$ по λ в виде $M_{eS}(T_{\text{эфф}})$ существование зависимости $T_{\text{эфф}}(n)$ не учитывается, и значение $T_{\text{эфф}}$ принимается равным некоторой постоянной, что не позволяет определять зависимости энергетических и светотехнических характеристик СИ на ЗП от n .

В качестве основы при определении этих зависимостей использовано значение солнечной постоянной $E_{e, \text{СП}}(T_{\text{эфф}})$ в форме

$$E_{e, \text{СП}}(T_{\text{эфф}}) = \int_0^{\infty} e_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}}) d\lambda = \left(\frac{r}{R}\right)^2 \int_0^{\infty} m_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}}) d\lambda, \quad (4)$$

представляющей собой энергетическую освещённость (облучённость) площадки, расположенной на верхней границе земной атмосферы, при нормальном падении СИ. Здесь

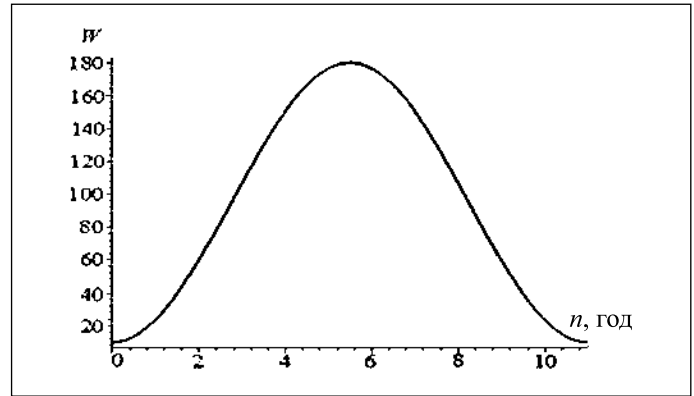


Рис. 2. Изменение числа Вольфа W в произвольном 11-летнем цикле солнечной активности

$e_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}})$ – спектральная плотность облучённости на границе земной атмосферы, $r = 6,96 \cdot 10^5$ км – экваториальный радиус Солнца, $R = 1,496 \cdot 10^{12}$ км – радиус круговой орбиты Земли [7].

По данным спутниковых актинометрических измерений, относящихся к максимальным значениям циклов солнечной активности 20 и 21, наиболее вероятное значение $E_{e, \text{СП}}(T_{\text{эфф}})$ составляет при отсутствии регулярности изменения во времени $1368\text{--}1377$ Вт·м², что и позволяет использовать термин «солнечная постоянная». В качестве стандартного значения этой величины принято значение по Международной пиргелиометрической шкале 1956 года (при максимуме солнечной активности): $E_{v, \text{СП, макс}}(T_{\text{эфф}}) \approx 1370$ Вт·м² [7, 9]. Этому значению, согласно (3) и (4), соответствует значение $T_{\text{эфф, макс}} = 5780$ К.

Световая солнечная постоянная $E_{e, \text{СП}}$ может быть выражена, согласно (4), как

$$E_{v, \text{СП}}(T_{\text{эфф}}) = 683 \int_{350}^{770} e_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}}) V(\lambda) d\lambda = \left(\frac{r}{R}\right)^2 683 \int_{350}^{770} m_{eS}(\lambda, T_{\text{эфф}}) V(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

и представляет собой освещённость площадки, расположенной на верхней границе земной атмосферы, при нормальном падении СИ. В условиях минимума солнечной активности $E_{v, \text{СП}} = E_{v, \text{СП, мин}} = 135110$ лк [10, 11], чему соответствуют значения $E_{e, \text{СП, мин}} 1106$ Вт·м² и $T_{\text{эфф, мин}} 5480$ К. Ранее определённому значению $E_{e, \text{СП, макс}} \approx 1370$ Вт·м² при $T_{\text{эфф, макс}} = 5780$ К, согласно (3) и (4), отвечает значение $E_{v, \text{СП, макс}} = 173600$ лк.

Зависимость $T_{\text{эфф}}(n)$ при известных $T_{\text{эфф, мин}}$ и $T_{\text{эфф, макс}}$ в пределах произвольного 11-летнего цикла солнечной активности выражается как

$$T_{\text{эфф}}(n) = T_{\text{эфф, средн}} \left[1 + 0,027 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (6)$$

где $T_{\text{эфф, средн}} = 0,5(T_{\text{эфф, мин}} + T_{\text{эфф, макс}})$. График этой зависимости показан на рис. 3, а $E_{e, \text{СП, мин}}$ и $E_{e, \text{СП, макс}}$ в разных спектральных диапазонах приведены в табл. 1.

Зависимости $E_{e, \text{СП}}(n)$, согласно (4), при вычисленных значениях $E_{e, \text{СП, мин}}$ и $E_{e, \text{СП, макс}}$ для спектральных диапазо-

Значения солнечной постоянной в разных спектральных диапазонах и световой солнечной постоянной при минимуме и максимуме солнечной активности

Характер солнечной активности	$E_{e,СП}, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$			$E_{v,СП}, \text{лк}$
	при $0 \leq \lambda \leq \infty \text{ нм}$	при $300 \leq \lambda \leq 1200 \text{ нм}$	при $350 \leq \lambda \leq 770 \text{ нм}$	при $350 \leq \lambda \leq 770 \text{ нм}$
Минимум	1106,3	838,7	514,0	135110
Максимум	1369,2	1057,4	665,8	173600
Средняя	1237,7	948,1	589,9	154355

нов $0-\infty \text{ нм}$, $300-1200 \text{ нм}$ (СОПЗА [7, 12]) и находящейся в СОПЗА видимой области спектра $350-770 \text{ нм}$ имеют вид

$$E_{e,СП}(n) = E_{e,СП,средн} \left[1 + 0,1062 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right] \quad (7)$$

при $0 \leq \lambda \leq \infty \text{ нм}$,

$$E_{e,СП}(n) = E_{e,СП,средн} \left[1 + 0,1153 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right] \quad (8)$$

при $300 \leq \lambda \leq 1200 \text{ нм}$,

$$E_{e,СП}(n) = E_{e,СП,средн} \left[1 + 0,1287 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right] \quad (9)$$

при $350 \leq \lambda \leq 770 \text{ нм}$,

где $E_{e,СП,средн} = 0,5(E_{e,СП,мин} + E_{e,СП,макс})$. Значения $E_{e,СП,средн}$ для каждого спектрального диапазона приведены в последней строке табл. 1, а графики зависимостей (7)–(9) – на рис. 4.

Зависимость $E_{v,СП}(n)$, согласно (5), в пределах произвольного 11-летнего цикла солнечной активности имеет вид

$$E_{v,СП}(n) = E_{v,СП,средн} \left[1 + 0,1247 \cdot \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (10)$$

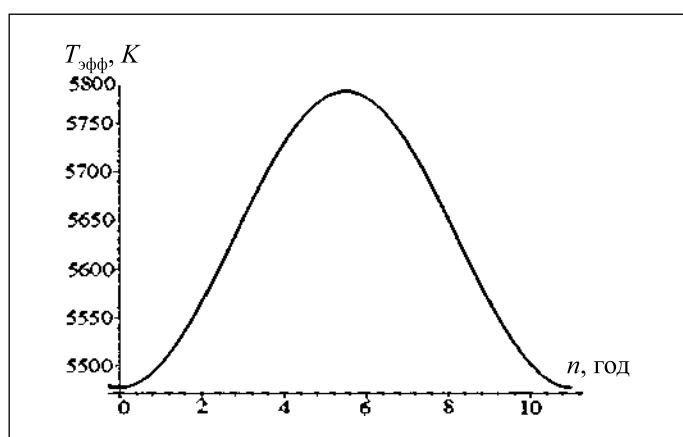


Рис. 3. Изменение эффективной термодинамической температуры излучения фотосферы Солнца $T_{эфф}$ в произвольном 11-летнем цикле солнечной активности

где значение $E_{v,СП,средн}$ приведено в последней строке табл. 1, а график этой зависимости – на рис. 5.

Так как распространение СИ происходит в СОПЗА $300-1200 \text{ нм}$ [7, 12], определение облучённости, $E_{e,ЗП}(n)$, и освещённости, $E_{v,ЗП}(n)$, на земной поверхности в видимом диапазоне $350-770 \text{ нм}$ требует учёта лишь интегрального пропускания атмосферы.

Поскольку в земной атмосфере прямое излучение заатмосферного Солнца образует прямую (П) и рассеянную (Р) составляющие СИ, рассмотрим два соответствующих им интегральных коэффициента пропускания атмосферы – $\tau_{п}$ и $\tau_{р}$, зависящих от угловой высоты Солнца h в расчётной точке земной поверхности. Наличие зависимостей $\tau_{п}(h)$ и $\tau_{р}(h)$ обуславливает наличие соответствующих зависимостей $T_{эфф,п}(h)$ и $T_{эфф,р}(h)$, $e_{eS,п}[\lambda, n, T_{эфф}(h)]$, $e_{eS,р}[\lambda, n, T_{эфф}(h)]$, $E_{e,ЗП,п}(n, h)$, $E_{e,ЗП,р}(n, h)$, $E_{v,ЗП,п}(n, h)$ и $E_{v,ЗП,р}(n, h)$.

Анализ данных [13] показал, что при разных состояниях облачного покрова (включая безоблачное небо) и подстилающей поверхности выражения для $E_{e,ЗП,п}(n, h)$, $E_{e,ЗП,р}(n, h)$, $E_{v,ЗП,п}(n, h)$ и $E_{v,ЗП,р}(n, h)$ при любом n произвольного цикла солнечной активности (например, при $n = 0$ или 11, соответствующих минимальной солнечной активности) представимы в общей форме

$$E_{ЗП}(h) = a[1 + \sin(bh - c)]. \quad (11)$$

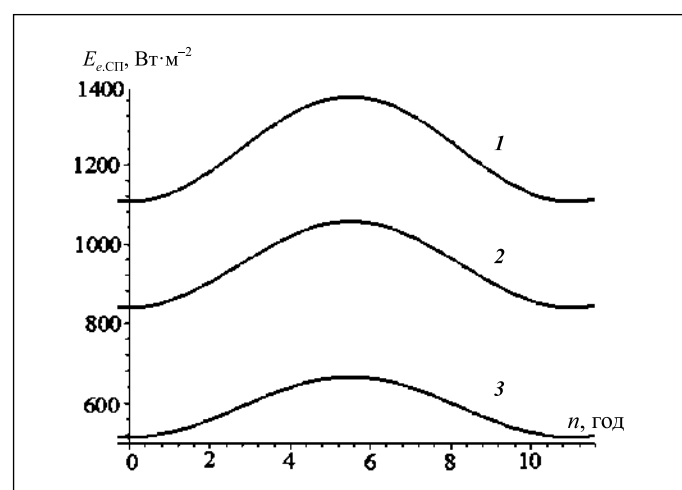


Рис. 4. Изменение солнечной постоянной $E_{e,СП}$ в разных спектральных диапазонах излучения Солнца в произвольном 11-летнем цикле солнечной активности: $0-\infty \text{ нм}$ (1), $2-300-1200 \text{ нм}$ (2), $350-770 \text{ нм}$ (3)

Значения $E_{3П}(90^\circ)$ при любых видах облачного покрова и безоблачном небе определяются путём аппроксимации данных [13] выражением (11) с последующей экстраполяцией до значения $h = 90^\circ$.

Очевидно, выражения зависимостей $\tau_{п}(h)$ и $\tau_{р}(h)$ имеют общий вид

$$\tau(h) = 0,5 \cdot \tau(90^\circ) \cdot [1 + \sin(bh - c)], \quad (12)$$

где $\tau(90^\circ)$ – интегральный коэффициент пропускания атмосферы при нормальном падении солнечного излучения на земную поверхность в СОПЗА и в видимом спектральном диапазоне, реализующийся на широте экватора в сутки весеннего и осеннего равноденствий и равный отношению $E_{v,3П, \text{мин}}(90^\circ) / E_{v,СП, \text{мин}}(90^\circ)$ или, соответственно, $E_{e,3П, \text{мин}}(90^\circ) / E_{e,СП, \text{мин}}(90^\circ)$.

С учётом выражения (11) значения $E_{e,3П, п}(n, h)$, $E_{e,3П, р}(n, h)$, $E_{v,3П, п}(n, h)$ и $E_{v,3П, р}(n, h)$ при разных видах облачного покрова и разной степени покрытия неба облаками в видимом спектре описываются как

$$E_{e,3П_{i,j}}(n, h) = E_{e,СП}(n) \cdot \tau_{i,j}(h), \quad (13)$$

$$E_{v,3П_{i,j}}(n, h) = E_{v,СП}(n) \cdot \tau_{i,j}(h), \quad (14)$$

где индексы i и j соответствуют разным видам облачного покрова и степени покрытия неба облаками соответственно.

В качестве примера в табл. 2 приведены значения $E_{e,3П, п}(n)$, $E_{e,3П, р}(n)$, $E_{v,3П, п}(n)$ и $E_{v,3П, р}(n)$ в отсутствие облачного покрова в СОПЗА и в видимом диапазоне в условиях минимальной и максимальной солнечной активности.

Сведения, приведённые в табл. 2, получены с использованием значений $\tau_{п}(90^\circ) = 0,729$ и $\tau_{р}(90^\circ) = 0,205$ для безоблачного неба после аппроксимации и последующей экстраполяции данных [13].

Зависимости $E_{e,3П, п}(n, h)$, $E_{e,3П, р}(n, h)$ и их сумма $E_{e,3П, п+р}(n, h)$ в СОПЗА 300–1200 нм в условиях отсутствия облачного покрова имеют вид

$$E_{e,3П, п}(n, h) = 0,5E_{e,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,035h - 1,473)] \times \left[1 + 0,1153 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (15)$$

$$E_{e,3П, р}(n, h) = 0,5E_{e,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,030h - 1,094)] \times \left[1 + 0,1153 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (16)$$

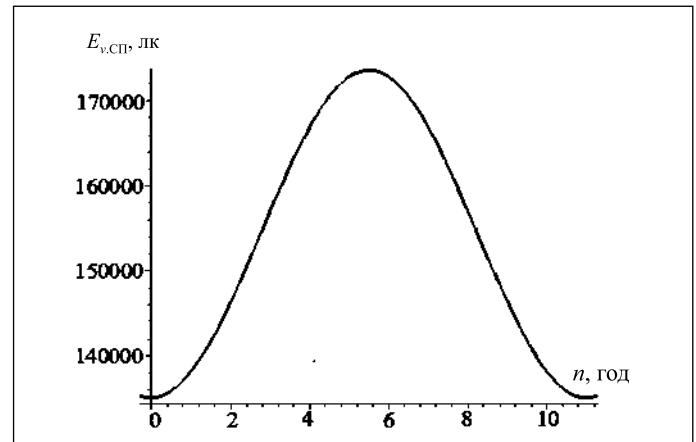


Рис. 5. Изменение световой солнечной постоянной $E_{v,СП}$ в видимом спектральном диапазоне в произвольном 11-летнем цикле солнечной активности

$$E_{e,3П, п+р}(n, h) = E_{e,3П, п}(n, h) + E_{e,3П, р}(n, h). \quad (17)$$

Значения $E_{e,3П, \text{средн}}$ в (15)–(17) и в последующих выражениях (18)–(23) приведены в последней строке табл. 2.

Аналогичные зависимости и их сумма в спектральном диапазоне 350–770 нм также в отсутствие облачного покрова имеют вид

$$E_{e,3П, п}(n, h) = 0,5E_{e,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,035h - 1,473)] \times \left[1 + 0,1287 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (18)$$

$$E_{e,3П, р}(n, h) = 0,5E_{e,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,030h - 1,094)] \times \left[1 + 0,1287 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (19)$$

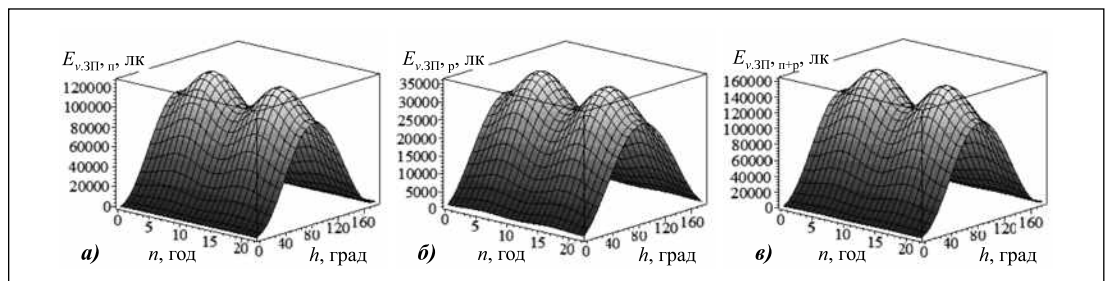
$$E_{e,3П, п+р}(n, h) = E_{e,3П, п}(n, h) + E_{e,3П, р}(n, h). \quad (20)$$

Зависимости $E_{v,3П, п}(n, h)$ и $E_{v,3П, р}(n, h)$ в спектральном диапазоне 350–770 нм при отсутствии облачного покрова имеют вид

$$E_{v,3П, п}(n, h) = 0,5E_{v,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,035h - 1,473)] \times \left[1 + 0,1247 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (21)$$

$$E_{v,3П, р}(n, h) = 0,5E_{v,3П, \text{средн}} [1 + \sin(0,030h - 1,094)] \times \left[1 + 0,1247 \sin\left(\frac{2\pi n}{11} - \frac{\pi}{2}\right) \right], \quad (22)$$

Рис. 6. Зависимости прямой (а), рассеянной (б) и суммарной (в) освещённости на земной поверхности от угловой высоты Солнца h и номера года n в пределах двух 11-летних циклов солнечной активности



Прямые и рассеянные облучённости и освещённости на земной поверхности при минимуме и максимуме солнечной активности в отсутствие облачного покрова в спектральном окне прозрачности атмосферы и в видимом спектральном диапазоне

Характер солнечной активности	При $300 \leq \lambda \leq 1200$ нм		При $350 \leq \lambda \leq 770$ нм		При $350 \leq \lambda \leq 770$ нм	
	$E_{e,3П,п}, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$	$E_{e,3П,р}, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$	$E_{e,3П,п}, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$	$E_{e,3П,р}, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$	$E_{v,3П,п}, \text{ЛК}$	$E_{v,3П,р}, \text{ЛК}$
Минимум	611,2	172,3	374,6	105,6	98470	27750
Максимум	770,6	217,2	485,2	136,8	126520	35660
Среднее	690,9	194,7	429,9	121,2	112490	31700

$$E_{v,3П,п+р}(n, h) = E_{v,3П,п}(n, h) + E_{v,3П,р}(n, h). \quad (23)$$

В качестве примера на рис. 6 показаны графики зависимостей $E_{v,3П}(n, h)$ по выражениям (21)–(23) в пределах двух циклов солнечной активности.

Графики зависимостей $E_{e,3П}(n, h)$ по соотношениям (15)–(20) имеют форму, подобную форме графиков на рис. 6, но с минимальными и максимальными значениями $E_{e,3П}$, согласно табл. 2.

Использование предложенного подхода позволяет получать подобные результаты для девяти видов облачного покрова ($A_c, C_b, C_c, C_i, C_s, C_w, N_s, S_c, S_i$) и четырёх значений степени покрытия неба облаками, рассмотренных в [13].

Полученные результаты позволяют уточнять изменения энергетических и светотехнических характеристик СИ на земной поверхности в произвольные сутки в пределах произвольного года в 11-летнем цикле солнечной активности, а также повышать точность проводимых расчётов естественных облучённости и освещённости на земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дарула С. Обзор современного состояния и перспектив стандартизации в области естественного внутреннего освещения // Светотехника – 2019. – № 1. – С. 6–20.
2. Солнечная постоянная / Е.А. Макарова // Физика космоса / Редкол.: Р.А. Сюняев (Гл. ред.) и др. – 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 627.
3. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. – М.: Наука, 1986.
4. URL: <http://www.sidc.be/silso/ssngraphics> (SILSO data/image, Royal Observatory of Belgium, Brussels) (дата обращения: 26.02.2019).

5. URL: http://ciclowiki.org/wiki/11-летний_цикл_солнечной_активности/ (дата обращения: 26.02.2019).

6. Мешков В.В. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов. Ч. 1–2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1979. – 368 с.

7. Аллен К.У. Астрофизические величины (Справочник). Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 279 с.

8. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики. Изд. 3-е, перераб. – М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 544 с.

9. Кмито А.А., Скляр Ю.А. Пиргелиметрия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 232 с.

10. Солнечная постоянная / Большая советская энциклопедия. Том 40 2-е изд. / Глав. ред. Б.А. Введенский. – М.: Большая сов. энциклопедия, 1956. – С. 25.

11. Зверева С.В. Солнце как источник света. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 160 с.

12. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Иванова. Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с.

13. Таблицы для расчёта природной освещённости и видимости / Составлены Астрофиз. лаб. Ленинградского ун-та под рук. проф. В.В. Шаронова. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 199 с.



Леонидов Александр Вячеславович,
кандидат техн. наук. Окончил в 1970 г. МЭИ по специальности «Светотехника и источники света»

На саммите «Россия-Африка» подписано новое соглашение о сотрудничестве с Бурунди

В рамках саммита «Россия-Африка», который проходил в Сочи 23–24 октября, «Лисма» подписала два важных соглашения, которые выведут её деятельность в Бурунди на новый уровень.

Первый документ – Меморандум о сотрудничестве между компаниями «Лисма» и «Стромизмеритель» с одной стороны и компанией TLLINNO с другой, предусматривающий создание производства стеклянной тары в Республике Бурунди и организацию нового объединения под названием *Delta Glass Africa DGA*. Подписи под документом поставили первые лица вышеуказанных компаний Игорь Константинов, Константин Субботин и Моис Сагамба. Стороны приступают к формированию дорожной карты проекта.

Также на саммите подписан договор о поставке второй очереди оборудования для производства источников света «TLLINNO». Линии для

их сборки будут спроектированы и смонтированы специалистами «Лисмы»; их запуск в Бужумбуре позволит значительно увеличить объём выпуска светотехнической продукции в Африке.

С этим событием делегацию «Лисмы» поздравил глава официальной делегации Бурунди, второй вице-президент Джозеф Буторе. Он пожелал скорейшего перехода к активной работе. Напомним, во время предыдущих встреч Буторе не раз подчёркивал значимость сотрудничества с «Лисмой» для развития этого африканского государства. Именно благодаря его постоянной личной поддержке реализованы многие проекты.

lisma.su
28.10.2019