

**СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ,
ИЗЛУЧАЕМОЙ СОЛНЦЕМ В ОБЛАСТИ ОТ 1800 Å ДО 4 ММ,
ВЫРАЖЕННОЕ В АБСОЛЮТНЫХ ЕДИНИЦАХ,
И СОЛНЕЧНАЯ ПОСТОЯННАЯ**
(средние данные)

Е. А. Макарова и А. В. Харитонов

На основании критического анализа и усреднения результатов большого числа рядов независимых измерений (более 30) выведена спектральная интенсивность излучения (спектральная яркость) Солнца в области длин волн от 1800 Å до 4 мм. Эти данные получены для центра солнечного диска и в среднем для всего диска, причем в том и в другом случае они приводятся как для чистого непрерывного, так и для интегрального спектра, т. е. континуума вместе с линиями поглощения: $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$, $B_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $B_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)$. Вычислена освещенность $E(\lambda)$, создаваемая Солнцем (весь диск, интегральный спектр) вне земной атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца, а также яркостные температуры $T_{\text{диск}}^{\text{инт}}$ и $T_{\text{центр}}^{\text{конт}}$, соответствующие интегральному спектру всего диска Солнца и непрерывному спектру его центра. Названные величины приведены в столбцах 4—10 табл. 6 и в табл. 7. Средние квадратичные ошибки $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ в разных интервалах длин волн приведены в табл. 8. Поскольку $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ получены усреднением результатов многих независимых измерений, можно считать, что эти средние величины свободны от значительных скрытых систематических ошибок и табл. 8 характеризует их истинную точность.

Интегрированием функции $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ получено значение солнечной постоянной, равное 2.03 ± 0.05 кал./см²·мин., и другие характеристики полного излучения Солнца, приведенные в табл. 9.

По результатам работ, выполненных на приборах с большой разрешающей силой, выведен «детальный ход» функции $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ — табл. 10. Он отличается от того хода, который имел бы место в случае поглощения только отрицательными ионами водорода: обращают на себя внимание «волны» у $\lambda\lambda$ 4600—5000 и 6800—7400 Å (рис. 2), а также у λ 1.5 мк.

На основании многих литературных источников выведены средние значения $\beta(\lambda)$ — отношения интенсивности излучения центра диска к средней по всему диску и $\zeta(\lambda)$ — коэффициента перехода от интегрального спектра к континууму (учет линий поглощения). Эти коэффициенты приведены в столбцах 2 и 3 табл. 6.

Переход от потемнения к краю к уярчению к краю имеет место в длинах волн 100—300 мк.

The spectral intensity of emission (the spectral brightness) of the Sun in the wavelength range of 1800 Å—4 mm was derived from the critical analysis and averaging the great many series (more than 30) of independent measurements. These data were obtained for the centre of the solar disk and, on the average, for the whole disk; in both cases they are given for the pure continuum as well as for the integrated spectrum i. e. the continuum together with the absorption lines ($B_{\text{disk}}^{\text{int}}(\lambda)$, $B_{\text{centre}}^{\text{cont}}(\lambda)$, $B_{\text{centre}}^{\text{int}}(\lambda)$, and $B_{\text{disk}}^{\text{cont}}(\lambda)$). There were calculated the illumination $E(\lambda)$ produced by the Sun (the whole disk, the integrated spectrum) outside the terrestrial atmosphere at the mean Earth—Sun distance as well as the brightness temperatures $T_{\text{disk}}^{\text{int}}$ and $T_{\text{centre}}^{\text{cont}}$

corresponding to the integrated spectrum of the whole solar disk and the continuous spectrum from its centre. The above values are listed in table 6 (columns 4—10) and in table 7. The mean errors of $B_{\text{disk}}^{\text{int}}(\lambda)$ and $B_{\text{centre}}^{\text{cont}}(\lambda)$ in the different wavelength ranges are given in table 8. Since $B_{\text{disk}}^{\text{int}}(\lambda)$ and $B_{\text{centre}}^{\text{cont}}(\lambda)$ were obtained by averaging the data of a large number of independent measurements, these average values can be considered to be free from the appreciable concealed systematic errors and table 8 shows their true precision.

The value of the solar constant equal to 2.03 ± 0.05 cal/cm²·m and other characteristics of the total solar emission (table 9) were obtained by integrating the function $B_{\text{disk}}^{\text{int}}(\lambda)$.

From the results of the work made with high-resolution instruments is derived the «detailed run» of the function $B_{\text{centre}}^{\text{cont}}(\lambda)$ (table 10). The dependence is different from that which would take place in case of the absorption by the negative hydrogen ions only, a special attention being drawn by the «waves» at $\lambda\lambda$ 4600—5000 and 6800—7400 Å (fig. 2) and also at λ 1.5 μ .

The mean values of $\beta(\lambda)$ — the ratio of intensity of the emission from the disk centre to the mean intensity of the emission from the whole disk and of $\xi(\lambda)$ — the coefficient of a reduction of the integrated spectrum to the continuum (allowance for the absorption lines) were determined from voluminous literature. These coefficients are given in columns 2 and 3 of table 6.

A transition from the limb darkening to the limb brightening takes place at the wavelengths of 100—300 μ .

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Распределение энергии в спектре Солнца, выраженное в абсолютных единицах, и солнечная постоянная являются одними из наиболее фундаментальных характеристик Солнца, важными как для астрофизики, так и для геофизики, метеорологии и биофизики. Поэтому понятен большой интерес к этим задачам и обилие работ, посвященных их решению. К настоящему времени выполнено около 30 рядов измерений распределения энергии в различных участках спектра Солнца. Внутренняя точность этих рядов довольно высокая, во всяком случае средняя квадратичная ошибка результатов, вычисляемая авторами и учитывающая как погрешность самих измерений, так и ошибку всех редукиций, оказывается у каждого автора равной примерно 2—6%, доходя до 10—12% лишь в ультрафиолетовой области спектра. Однако расхождение между результатами отдельных работ в перекрывающихся спектральных интервалах значительно превышает эту величину, особенно в ультрафиолете. Поскольку нет оснований считать переменным излучение Солнца больше, чем на 0.2—0.5% [1—5], за исключением областей длин волн, меньших 1800 Å и больших 1 см [6—8], расхождения между отдельными данными следует отнести за счет невыявленных систематических ошибок каждого ряда измерений, почти неизбежных вследствие большой трудности и многоступенчатости исследований такого рода (создание эталонного источника света, сравнение его с Солнцем, редукиция за пределы земной атмосферы, различные инструментальные исследования и редукиции).

Солнечная постоянная определялась много раз. Сводка результатов 39 исследований, сделанных до 1940 г., приведена в статье Н. Н. Калинина [9]. В последующие годы было выполнено несколько новых ее определений и уточнений, например [10—16], тем не менее разброс результатов остается большим. Неудивительно, что в работе М. Миннарта [17] приводятся как равновероятные два значения солнечной постоянной: 1.90 и 2.00 кал./см²·мин. Не является достаточно обоснованной и величина 1.98, найденная Николе [15] и рекомендованная Международным руководством по МГГ [18] в качестве «окончательного» значения солнечной постоянной. Относительно работы Ф. Джонсона [16] существует мнение, что это «наиболее корректное решение вопроса о значении солнечной постоян-

ной» ([19], стр. 240), и полученная им величина $2.00 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$ вошла во многие справочники и монографии [19—23]. Между тем в основе его работы лежит распределение энергии в спектре Солнца, выведенное им по очень ограниченному числу измерений. Основой распределения, предложенного Джонсоном, служит «распределение Муна» [24], базирующееся, в свою очередь, на данных Смитсоновского института (работы Аббота и его сотрудников [25, 26]). К распределению Муна в точке 0.6 мк привязаны (довольно произвольно, на наш взгляд) данные Дункельмана и Школьника [27], а уже к этой кривой в точке 0.318 мк привязаны данные ракетных наблюдений [28]. Полученная составная кривая была заново абсолютизирована путем довольно сложных полуэмпирических, полутеоретических определений поправок к значениям освещенностей от Солнца в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра. Поправки представляют собой некоторое уточнение редукции наблюдательных данных за атмосферу, а также (в ультрафиолетовой области) уточнение показаний спектроболметра Аббота в области $3000\text{—}3400 \text{ \AA}$. Поправки составляют соответственно 0.024 и $0.038 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$ В результате всех процедур солнечная постоянная оказывается равной $2.00 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$, вместо $1.946 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$ по данным Смитсоновского института. Соответственно новому значению солнечной постоянной изменены и данные о распределении энергии в спектре Солнца.

Солнечную постоянную и распределение энергии в спектре Солнца можно получить гораздо более уверенно, если привлечь результаты довольно многочисленных новых рядов наблюдений.

В настоящей работе и была поставлена задача — вывести из всех известных нам опубликованных результатов наиболее надежные значения монохроматической интенсивности излучения (спектральной яркости) Солнца в возможно более широкой области длин волн и на основе полученных результатов пересмотреть величины солнечной постоянной, а также эффективной и яркостной температуры Солнца.

Прежде чем излагать методику работы, введем некоторые обозначения.

$B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ — монохроматическая интенсивность излучения Солнца, средняя по всему диску, относящаяся к интегральному спектру (континуум вместе с линиями);

$B_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)$ — аналогичная величина, относящаяся к чистому непрерывному спектру. Под непрерывным спектром здесь понимается огибающая кривая, проведенная без каких бы то ни было теоретических исправлений по участкам спектра, свободным от линий поглощения, при наблюдении их со спектральным аппаратом достаточно большой разрешающей силы (не менее $50\text{—}100$ тыс.). Поскольку для $\lambda < 4300 \text{ \AA}$ нет участков, полностью свободных от фраунгоферовых линий, понятие «непрерывный спектр», употребляемое здесь, становится несколько условным. Непрерывный спектр, проводимый по пикам интенсивностей, лежит при $\lambda < 4300 \text{ \AA}$ несомненно ниже теоретического истинного непрерывного спектра (т. е. такого, который наблюдался бы при полном отсутствии линий поглощения). Однако все теоретические способы восстановления истинного континуума путем учета далеких зон крыльев линий поглощения, налагающихся друг на друга, пока, по-видимому, недостаточно надежны. Поэтому мы не стали делать теоретического исправления наблюдаемого непрерывного спектра, проводимого, как уже сказано, по пикам интенсивностей (при достаточном спектральном разрешении);

$B_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ — монохроматическая интенсивность излучения центра солнечного диска в интегральном и непрерывном спектрах соответственно;

$\beta(\lambda) = \frac{1}{\gamma(\lambda)} = \frac{B_{\text{центр}}(\lambda)}{B_{\text{диск}}(\lambda)}$ — коэффициенты, позволяющие осуществить

переход от интенсивности излучения центра к средней интенсивности излучения всего диска и обратно, т. е. учитывающие потемнение солнечного диска к краю;

$\zeta(\lambda) = \frac{1}{\eta(\lambda)} = \frac{B_{\text{конт}}(\lambda)}{B_{\text{инт}}(\lambda)}$ — коэффициенты, позволяющие осуществить

переход от интегрального спектра к непрерывному и обратно, т. е. учитывающие влияние линий поглощения на интенсивность спектра. Очевидно,

что $\eta(\lambda) = 1 - \frac{\sum w(\lambda)}{\Delta\lambda}$, где $\sum w(\lambda)$ представляет собой сумму эквивалентных ширин всех фраунгоферовых линий на отрезке $\Delta\lambda$ с центром в длине волны λ . Отрезок $\Delta\lambda$ брался равным 100 \AA при $\lambda \leq 7000 \text{ \AA}$; $\Delta\lambda = 200$ при $7000 < \lambda < 8000$; $\Delta\lambda = 500$ при $8000 < \lambda < 16500$; $\Delta\lambda = 1000$ при $\lambda > 16500 \text{ \AA}$.

При определении коэффициентов $\beta(\lambda)$ и $\zeta(\lambda)$ принималось:

$$\frac{B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)}{B_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)} \approx \frac{B_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)}{B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)}. \quad (1)$$

Основанием для равенства (1) является хорошо известное положение, что контуры фраунгоферовых линий мало меняются при переходе от центра диска к краю (см., например, [29]), причем заметные изменения происходят лишь на самом краю. Эквивалентные ширины линий в спектре центра и всего диска практически не различаются [30].

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ $\beta(\lambda)$ И $\zeta(\lambda)$

Потемнение солнечного диска при переходе от центра к краю в разных длинах волн является весьма важной характеристикой излучения Солнца. Его исследованием занимались многие наблюдатели с начала текущего столетия. Обычно определялась величина $j(\lambda, \theta) = \frac{B(\lambda, \theta)}{B(\lambda, 0)}$, где θ — угол между лучом зрения и нормалью к солнечной поверхности в данной точке. Другими словами, $j(\lambda, \theta)$ есть отношение интенсивности излучения в кольцевой зоне диска, определяемой углом θ , к интенсивности в центре диска. Результаты наблюдений представляются в виде таблиц и графиков $j(\lambda, \theta)$ для разных λ и θ .

Очевидно, что

$$\gamma(\lambda) = \frac{1}{\beta(\lambda)} = \frac{B_{\text{диск}}(\lambda)}{B_{\text{центр}}(\lambda)} = \sum_i \frac{j(\lambda, \theta_i) + j(\lambda, \theta_{i-1})}{2} (\sin^2 \theta_i - \sin^2 \theta_{i-1}). \quad (2)$$

Определения величины $j(\lambda, \theta)$ кажутся на первый взгляд простой задачей, однако обработка такого рода наблюдений сталкивается с серьезными трудностями, так как приходится вводить редукции за рассеяние света в земной атмосфере, приводящее к появлению околосолнечного ореола, а также за рассеяние света в оптике телескопа и спектрального аппарата, за дрожание края изображения Солнца, происходящее из-за неспокойствия атмосферы, за инерцию приемно-регистрирующей части аппаратуры и т. д. Все это уменьшает точность результатов. Недооценка различных ошибок приводит к тому, что данные отдельных измерений значительно расходятся.

По формуле (2) нами было вычислено $\beta(\lambda)$ в интервале от 2200 Å до 10.2 мк (около 130 значений). Зависимость $\beta(\lambda)$ от длины волны приведена на рис. 1. При вычислениях использовались величины $j(\lambda, \theta)$, приведенные в работах [31—38], эти данные представляются нам наиболее корректными. Ниже дается краткая характеристика использованных работ.

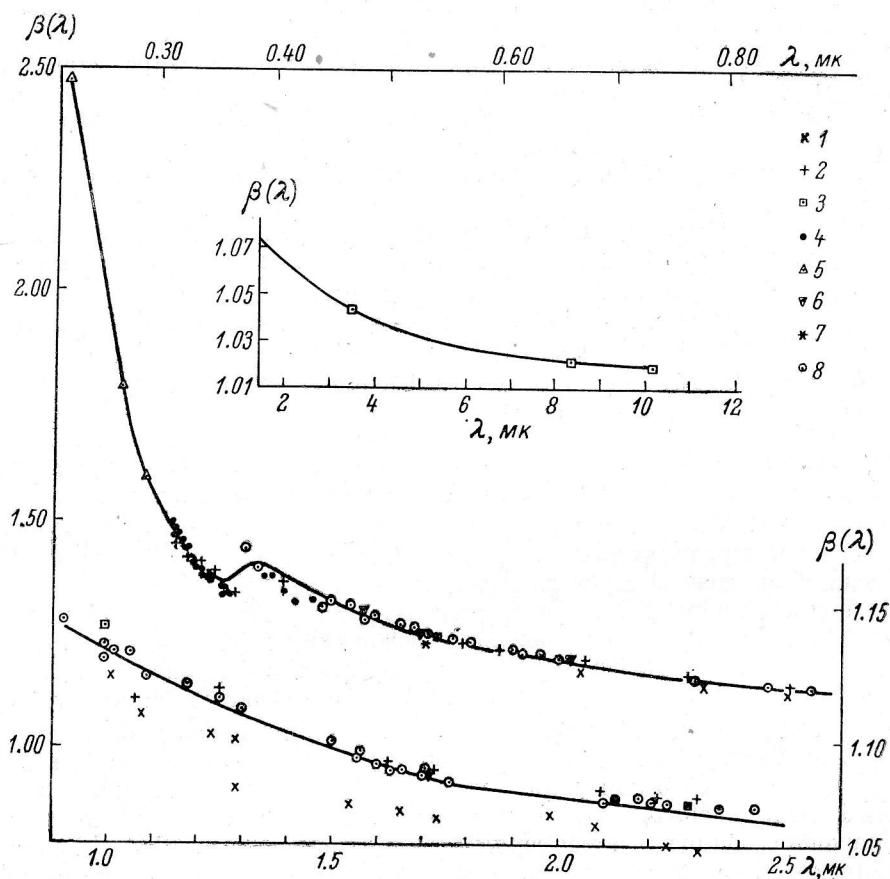


Рис. 1. Зависимость потемнения солнечного диска к краю от длины волны. Величина $\beta(\lambda)$ по данным разных авторов.

1 — Пейтуро [31], 2 — Пейтуро [32], 3 — Пирс с соавторами [34], 4 — Канаваджиа и Шалонж [35], 5 — Бонне [36], 6 — Т. В. Крат [38], 7 — Роджерсон [37], 8 — Пирс (исправления Давида и Эльсте [33]).

1. В первой работе Пейтуро [31] получены $j(\lambda, \theta)$ для 15 длин волн между 6790 и 23 110 Å включительно и 9 значений θ . Инструментом служил двойной кварцевый монохроматор, приемником радиации — сернисто-свинцовое фотосопротивление. Усилитель имел нелинейную зависимость между входным и выходным сигналами, что требовало внесения поправок (и является, конечно, недостатком работы).

2. Вторая работа Пейтуро [32] представляется более обстоятельной и точной. Наблюдения также выполнялись на двойном кварцевом монохроматоре (рабочая область 2800—30 000 Å), в качестве приемника для видимой и ультрафиолетовой радиации служил фотоумножитель, для красной и инфракрасной областей — сернисто-свинцовое фотосопротивление. Использовался другой усилитель, который обеспечивал строгую пропорциональность входного и выходного сигналов. Наблюдения выполнены

в 31 длине волны от 3190 до 23 130 Å включительно. Независимые серии измерений с фотоумножителем и с фотосопротивлением в одних и тех же длинах волн в перекрывающейся области чувствительности, а также измерения в разные сезоны наблюдения дали хорошо согласующиеся результаты.

Необходимо отметить, что значения $\beta(\lambda)$, вычисленные по данным [31], лежат систематически ниже $\beta(\lambda)$, вычисленных по данным [32] (см. рис. 1). Различие составляет 1—2% (максимальное 3%) от самой величины $\beta(\lambda)$.

3. В своих наблюдениях в области 5000—22 000 Å Пирс, Мак-Мат, Гольдберг и Молер [34] использовали башенный солнечный телескоп со спектрометром, имеющим двойную монохроматизацию. Эти авторы производили также наблюдения в далекой инфракрасной области, именно в $\lambda\lambda$ 3.5, 8.3 и 10.2 мк, применяя спектрометр, смонтированный на 24" рефлекторе.

4. В работе Канаваджиа и Шалонжа [35] производились фотографические наблюдения, измерения сделаны в 26 длинах волн ультрафиолетовой (3149—3692 Å) и в 17 длинах волн видимой (4006—5955 Å) областей спектра. Для решения нашей задачи — выведения $\beta(\lambda)$ — результаты работы [35] являются хорошим дополнением и контролем результатов [32] в ультрафиолете, где, вообще говоря, сделано мало измерений. Согласие результатов [35] и [32] — отличное.

5. Для «ракетного» ультрафиолета мы использовали наблюдения Бонне [36], который во время полета ракеты в ноябре 1964 г. получил фотографии диска Солнца через интерференционные фильтры в $\lambda\lambda$ 2200, 2700 и 2900 Å. Участок кривой $\beta(\lambda)$, проведенный по его точкам, служит естественным продолжением в «ракетный» ультрафиолет функции $\beta(\lambda)$, полученной на основе наземных наблюдений.

6. Три значения $\beta(\lambda)$, выведенные из фотографических наблюдений Т. В. Крат [38], хорошо согласуются с данными других авторов.

7. Наблюдения Роджерсона [37] выполнялись с баллона. Была получена фотография диска Солнца через интерференционный фильтр, эффективная длина волны системы равна 5400 Å. Хотя наблюдения осуществлялись всего лишь в одной длине волны, мы использовали их результаты в качестве некоторого контроля, так как наблюдения с баллонов в значительной мере свободны от искажений, вызываемых дрожанием края изображения Солнца и атмосферным рассеянным светом. Точка Роджерсона прекрасно согласуется (см. рис. 1) с остальными результатами, особенно с результатами Пейтюро [32] и Пирса, обработанными Давидом и Эльсте [33].

8. Кроме уже упомянутой работы [34], Пирс производил другие измерения потемнения к краю фотоэлектрическим методом в области 3811—25 000 Å. Эти его результаты частично опубликованы в работе 1954 г. [39], а частично — не опубликованные самим автором — приведены в статье Митчелла [40]. Впоследствии выяснилось, что при обработке наблюдений был недостаточно учтен рассеянный свет в земной атмосфере. Давид и Эльсте [33] заново обработали данные наблюдений Пирса, исключив (аналитическим методом) влияние атмосферного рассеянного света. Эти исправленные данные Пирса в области 3811—25 000 Å и приведены в [33]. Они использовались нами в качестве основных при проведении средней кривой $\beta(\lambda)$.

Средняя кривая $\beta(\lambda)$ (рис. 1) проводится весьма уверенно, а средняя квадратичная ошибка ее ординат, оцениваемая по разбросу точек, соответствующих данным разных авторов, оказывается меньше 0.5%. Выведенные средние значения $\beta(\lambda)$ приводятся в табл. 6 (второй столбец). Отметим, что они близки к величинам, приведенным в статье Пирса и

Гольдберга [41]; данные этой работы, так же как и наши, представляют собой результат осреднения нескольких рядов наблюдений (но число рядов меньше, чем у нас). В интервале 3200—6000 Å величины $\beta(\lambda)$, согласно [41], ниже наших в среднем на 0.8%, а при $\lambda > 6000$ Å те и другие практически совпадают.

Коэффициент $\eta(\lambda)$ определялся по данным работ [42—47], кратко характеризующимся ниже.

1. В работе Вемпе [42] приведены результаты планиметрирования Утрехтского атласа солнечного спектра [43]. Вемпе разбил солнечный спектр, охваченный атласом (т. е. от 3440 до 8500 Å), на отдельные неперекрывающиеся интервалы протяженностью в 6—12 Å. Границы между интервалами проходят по длинам волн, более или менее свободным от линий поглощения. Для каждого интервала определена сумма эквивалентных ширин всех линий, расположенных на нем, без исправления их за блендирование.

2. Во втором исправленном издании Роуландовских таблиц [44] в интервале 2935—8772 Å даются эквивалентные ширины каждой линии. Подавляющее большинство линий с перекрывающимися контурами (бленд) исправлено за этот эффект.

3. Атлас Брюкнера [45] охватывает область спектра 2988—3629 Å. Нами было выполнено планиметрирование этого атласа (независимо двумя лицами, причем результаты хорошо согласуются). Эквивалентные ширины линий и бленд относились к уровню непрерывного спектра, проведенному по наиболее высоким пикам интенсивностей, более или менее свободным от линий (см. § 1).

4. Для области $\lambda > 8500$ Å поправки $\eta(\lambda)$ определены согласно таблицам Бэбкока и Мур [46], в которых даются эквивалентные ширины всех линий в интервале 6600—13 495 Å, и таблицам Молера [47], в которых эквивалентные ширины приведены для интервала 11 984—25 578 Å.*

5. Наконец, в области $\lambda \geq 2.5$ мк линий поглощения очень мало, поправки $\eta(\lambda) \approx 1$ [48].

При определении коэффициента $\eta(\lambda)$ выяснилось, что для области 4500—8500 Å значения $\Sigma w(\lambda)$, полученные по таблицам Вемпе и по Роуландовским таблицам, близки друг к другу. Средняя, взятая по абсолютной величине разность между коэффициентами $\eta(\lambda)$, найденными по тому и другому источнику, составляет, например, в области 4500—6400 Å около 1%, а средняя разность с учетом знака величины близка к нулю (0.1%). Указанное различие, естественно, было отнесено за счет ошибок измерений, а для наших редукиций использовалось среднее значение $\eta(\lambda)$. В рассматриваемой области спектра исключения составляют участки с центрами в $\lambda\lambda$ 4800, 4900, 6500 и 6600 Å, т. е. вблизи линий H_β и H_α . В Утрехтском атласе крылья этих линий не полностью учтены, соответствующая погрешность имеется и в таблицах Вемпе. В Роуландовских же таблицах значения эквивалентных ширин H_β и H_α , по-видимому, ближе к истинным, так как для их определения были заново отфотометрированы негативы, служившие основанием для создания Утрехтского атласа (см. предисловие к [44]). Поэтому величины $\eta(\lambda)$ для $\lambda\lambda$ 4800, 4900, 6500 и 6600 Å определены только по Роуландовским таблицам.

* Теллурические линии и полосы отмечены в таблицах [44, 46 и 47]. Они, естественно, исключались при нахождении $\Sigma w(\lambda)$ по названным таблицам. В работе Вемпе они также исключены, а на область, охваченную атласом Брюкнера, приходится незначительное их число, и их влияние невелико. В последней области расположены полосы поглощения озона (полоса Хеггинса и крыло полосы Гартлея). Но их влияние на $\Sigma w(\lambda)$ также невелико, так как они весьма широки, а коэффициент поглощения в них имеет достаточно плавный ход.

В области $\lambda < 4500 \text{ \AA}$ линии сильно блендированы и использовать Роуландовские таблицы оказалось затруднительным, ибо, как уже сказано, табличные значения $w(\lambda)$ исправлены за эффект блендирования, для нашей же цели нужно знать именно эквивалентные ширины бленд. Поэтому использовались только данные Вемпе, которые удовлетворяют указанному условию. На участке 3400—3600 \AA , где таблицы Вемпе перекрываются с атласом Брюкнера [45], величины $\eta(\lambda)$, полученные по тому и другому источнику, хорошо согласуются между собой, использовано среднее значение. Для $\lambda < 3400 \text{ \AA}$ коэффициенты $\eta(\lambda)$ найдены только по атласу [45].

ТАБЛИЦА 1
Значения отношений $\rho(\lambda)$

| $\lambda (\text{\AA})$ | $\rho(\lambda)$ | $\lambda (\text{\AA})$ | $\rho(\lambda)$ |
|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 3400 | 1.19 | 3700 | 1.03 |
| 3450 | 1.23 | 3750 | 1.22 |
| 3500 | 1.25 | 3800 | 1.15 |
| 3550 | 1.14 | 3850 | 1.15 |
| 3600 | 1.08 | Среднее | 1.16 |

Особо следует сказать о вычислении $\eta(\lambda)$ для $\lambda\lambda$ 3900, 3950 и 4000 \AA , т. е. вблизи линий Н и К. По таблицам Вемпе поправки оказываются заниженными из-за недостаточного учета крыльев линий Н и К (так же, как недостаточно учтены крылья H_β и H_α — см. выше). Использовать же Роуландовские таблицы тоже не представлялось возможным главным образом потому, что, по-видимому, эквивалентные ширины линий Н и К в

этих таблицах сильно завышены. Во всяком случае, при переводе результатов измерений $B^{\text{инт}}(\lambda)$ в $B^{\text{конт}}(\lambda)$ с коэффициентами, найденными по таблицам [44], в длинах волн 3900—4000 \AA получаются неестественно большие значения $B^{\text{конт}}(\lambda)$. Они в два раза (!) превышают наблюдаемую интенсивность непрерывного спектра в максимуме кривой распределения энергии. Поэтому применялся следующий прием. Сначала для всех участков $\Delta(\lambda)$ в интервале 3400—3850 \AA были определены отношения $\rho(\lambda)$ между суммами $\Sigma w(\lambda)$, полученными по Роуландовским таблицам и таблицам Вемпе:

$$\rho(\lambda) = \frac{\sum_{\text{Роул}} w(\lambda)}{\sum_{\text{Вем}} w(\lambda)}$$

Эти отношения отражают, очевидно, эффект блендирования линий. Значения $\rho(\lambda)$ приведены в табл. 1. Из таблицы следует, что в первом приближении указанное отношение можно считать постоянным (с точностью $\pm 10\%$) и равным 1.16. С помощью этого значения $\rho=1.16$ мы перевели $\Sigma w(\lambda)$ для $\lambda\lambda$ 3900, 3950 и 4000 \AA из системы Роуландовских таблиц в систему Вемпе, учитывая все линии, кроме линий Н и К. Эквивалентные ширины последних были приняты соответственно равными 14 и 18 \AA , согласно данным справочника Аллена [49]. Затем, пользуясь контурами этих линий, приведенными в [50], мы определили доли их суммарной эквивалентной ширины, приходящиеся на каждый из отмеченных выше участков (17.32 и 14.3 \AA соответственно) и прибавили их к суммам $w(\lambda)$ остальных линий в системе Вемпе, что и позволило найти $\eta(\lambda)$ и $\zeta(\lambda)$. Коэффициенты $\zeta(\lambda)$ приведены в третьем столбце табл. 6.

§ 3. ВЫВЕДЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО СПЕКТРА ВСЕГО ДИСКА СОЛНЦА

Все результаты * абсолютных измерений спектра Солнца в области 3000—25 000 \AA можно разделить на две группы. Одна группа — это два

* Подробный критический обзор всех работ по абсолютной спектрофотометрии Солнца будет опубликован позднее. Отметим только, что здесь рассматриваются лишь

ряда измерений Г. Ф. Ситника [53—55], два ряда измерений Лабса ** [56, 57, 59], два ряда — Е. А. Макаровой [60, 61], ряд Пейтюре [58], ряд Хаутгаста [62] и три ряда Стэра с сотрудниками [63—65]. В этих работах абсолютные значения монохроматической интенсивности излучения Солнца (или создаваемой им освещенности вне земной атмосферы) получены путем сравнения со спектром эталонного источника света, откалиброванного по модели абсолютно черного тела. Результаты каждой из названных работ приводятся их авторами совершенно независимо от результатов каких бы то ни было ранее сделанных наблюдений Солнца и определений солнечной постоянной. В работах Г. Ф. Ситника, Е. А. Макаровой, Пейтюре, Хаутгаста и первой работе Лабса было получено $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$, наблюдения выполнялись на спектральных приборах с достаточно большими дисперсией и разрешением. Стэр с сотрудниками определял монохроматическую освещенность, создаваемую всем диском Солнца в интегральном спектре, откуда легко получить $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$. Наконец, в публикации Лабса и Неккеля 1967 г. [59] дано $V_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$.

В работах второй группы сначала было получено относительное распределение энергии в спектре Солнца, которое было затем пересчитано в абсолютное с использованием того или иного значения солнечной постоянной. Ко второй группе относятся следующие работы.

1. Наблюдения Аббота с сотрудниками 1902—1910 и 1920—1922 гг. [25]. Аббот не пользовался эталонным источником света. Его прибор (спектроболометр) представляет собой сканирующий монохроматор, спектральное пропускание которого было тщательно изучено. Он был соединен с неселективным приемником излучения — болометром. Наблюдения проводились так, что после внесения в спектроболограмму необходимых редуций за ослабление света в монохроматоре и в земной атмосфере она давала относительное распределение энергии в спектре всего диска Солнца. Поскольку прибор обладал низкими дисперсией и разрешением, полученные данные относились к интегральному спектру. Результаты Аббота были абсолютизированы Миннартом [66] путем приравнивания площади под спектроболограммой (редуцированной за потери света в монохроматоре и атмосфере) к величине солнечной постоянной Q . Наблюдения Аббота 1902—1910 гг. абсолютизировались со значением $Q=1.933$ кал./см²·мин., а наблюдения 1920—1922 гг. — с $Q=1.946$ кал./см²·мин. (см. также [29] и [17]).

2. Наблюдения Вильзинга [67]. Относительное распределение энергии в интегральном спектре всего диска, полученное им, было абсолютизировано Милном [68] с $Q=1.933$ кал./см²·мин.

3. Наблюдения Петтита [69], которые были абсолютизированы им самим путем совмещения максимума относительной кривой с максимумом абсолютизированной кривой Аббота 1920—1922 гг.

4. Наблюдения Дункельмана и Школьника [27]. Они исправили полученные абсолютные значения освещенности от Солнца (весь диск, интегральный спектр) применительно к значению солнечной постоянной $Q=2.00$ кал./см²·мин., выведенной Ф. Джонсоном [16].

Ясно, что для нашей цели результаты работ второй группы нельзя использовать в чистом виде, так как они «привязаны» к конкретным зна-

достаточно корректные в методическом отношении и надежные работы. Не включены в наш список, в частности, исследования Фабри и Бюиссона [51], Пласкетта [52] и некоторые другие, имеющие, по нашему мнению, в настоящее время лишь исторический интерес.

** Данные, приведенные в первой публикации Лабса [56], были затем исправлены самим автором. Исправленные данные содержатся в [57], а также воспроизведены в работе Пейтюре [58].

чениям солнечной постоянной, а эта величина является в данной работе предметом определения.

Сведение в одну систему столь разнородных наблюдений мы осуществляли последовательными приближениями. Прежде всего, посредством множителей $\eta(\lambda)$ и $\gamma(\lambda)$ мы редуцировали $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$, приведенные в [53—62], в величины $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и усреднили их с аналогичными величинами из работ Стэра [63—65]. Оказалось, что для области 4100—10 000 Å данные разных авторов достаточно хорошо согласуются между собой, средняя квадратичная ошибка среднего $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ не превышает 3%, а отбрасывание или прибавление одного или двух рядов измерений изменяет его меньше чем на 2%. К этому предварительному среднему оказалось возможным довольно уверенно «привязать» относительные данные о распределении энергии в спектре центра солнечного диска (редуцировав их с помощью η и γ), полученные Пирсом [70] для области λ 9000—25 000 Å из двух совершенно независимых, но прекрасно согласующихся рядов измерений самого Пирса и Пейтюро [31]. «Привязка» осуществлялась по перекрывающимся λ 9000—10 000 Å. Так, по 12 рядам * измерений было получено $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ первого приближения в области 4100—25 000 Å. По-видимому, $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, выведенное таким образом, достаточно надежно представляет излучение Солнца и может быть использовано для уточнения абсолютных значений результатов Аббота и Вильзинга. Для этого определялись площади, ограниченные предварительной средней кривой и кривыми, которые нужно абсолютизировать. Отношение найденных площадей и дает искомый редуциционный множитель, так как площадь под средней кривой пропорциональна полному потоку солнечного излучения в охваченной спектральной области. Подобная редукция аналогична процедуре, выполненной Миннартом и Милном для абсолютизации рядов Аббота и Вильзинга (см. выше), однако наша редукция совершенно независима от каких-либо ранее выведенных значений солнечной постоянной.

Оказалось, что ряд Аббота 1902—1910 гг. [66] можно оставить без изменений (различие площадей меньше 1%), а значения $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, по наблюдениям 1920—1922 гг. нужно увеличить на 3%. Результаты Вильзинга следует увеличить на 5%.

Абсолютизированные таким образом ряды Аббота и Вильзинга были присоединены к работам, взятым для предварительного усреднения, и было получено новое среднее $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ уже по 16 рядам измерений (второе приближение). В новое среднее, которое вычислялось, начиная с $\lambda = 3100$ Å, был включен и ряд Хаутгаста. Для $\lambda < 4200$ Å каждому из трех рядов Стэра [63—65] был приписан вес, равный 2/3 (остальные данные брались с весом равным 1). Уменьшение веса рядов Стэра в ультрафиолетовой области связано с тем, что, по-видимому, в этой области спектра его результаты в значительной степени относятся к промежуткам между линиями, а не к интегральному спектру в полном смысле слова; вследствие этого интенсивность излучения Солнца в ультрафиолетовой области завышена.

Поскольку $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ второго приближения доходят в коротковолновой области до $\lambda = 3100$ Å, к ним были редуцированы результаты Дункельмана и Школьника [27] и Петтита [69], охватывающие более узкую спектральную область, но включающие и ультрафиолетовую область. Редукция делилась по площади, охватывающей область λ 3100—6400 Å. Данные Дун-

* В предварительное среднее первого приближения не вошли данные Хаутгаста [62], они охватывают только ультрафиолетовую область спектра и обрываются у λ 4100 Å.

кельмана и Школьника не требуют изменений (различие площадей 0.4%), а данные Петтита нужно уменьшить на 4.5%.

Получив $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ третьего приближения, мы проверили привязку данных Пейтюро и Пирса [70]; изменять эти данные, для того чтобы они соответствовали третьему приближению, не пришлось, коэффициент перехода оказался равным единице.

Для нахождения интенсивности излучения Солнца в «ракетной» ультрафиолетовой области были использованы работы Таузи и его сотрудников [28, 71, 72], а также результаты ракетных наблюдений в области 3000—3550 Å, приведенные в [27]. Эти работы позволили вывести предварительную «ракетную» кривую интенсивности излучения Солнца (весь диск, интегральный спектр) в области 1800—3550 Å. Данные для меньших длин волн, хотя они и приводятся в [72], мы не рассматривали ввиду переменности излучения Солнца в этой области. Во всех вышеназванных публикациях «ракетные» значения $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ приведены к величине солнечной постоянной, равной 2.00. По участку 3050—3550 Å мы редуцировали «ракетную» кривую к нашей средней кривой $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ третьего приближения. Уточненная таким образом «ракетная» кривая, выведенная из работ [28, 71, 72], была усреднена с результатами ракетных наблюдений В. П. Качалова и А. В. Яковлевой [73], охватывающими $\lambda\lambda$ 2550—3050 Å. Работа [73] относится к первой группе, абсолютные значения интенсивностей получены в ней сравнением с эталонным источником. При усреднении первой кривой приписывался вес 2, а второй — 1, ввиду того что наблюдения Качалова и Яковлевой охватывают небольшой интервал длин волн.

Таким образом с помощью нескольких приближений получен материал для окончательного усреднения и выведения $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ в спектральной области 1800—25 000 Å. Материал этот представлен в табл. 2 и 3.* Данные всех авторов прежде всего до выполнения других редукиций были графически интерполированы на длины волн, указанные в первом столбце. Результаты работ Г. Ф. Ситника, Е. А. Макаровой, Лабса, Пейтюро [58] и Хаутгаста приведены после редукиций к интегральному спектру всего диска. Результаты Пирса — Пейтюро [70], Аббота, Вильзинга, Дункельмана и Школьника и Петтита приведены после вышеописанных редукиций к предварительным средним $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$. В качестве «ракетных» данных в табл. 3 приведены окончательно принятые данные, полученные усреднением редуцированных результатов Таузи и результатов Качалова и Яковлевой. Для полной картины в табл. 2 приведены также средние значения $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ в первом, втором и третьем приближениях.

Весы, с которыми было выполнено окончательное усреднение, приведены во втором и третьем столбцах табл. 4. Усредненным результатам Пирса — Пейтюро [70] приписывался двойной вес, так как они образованы из двух независимых рядов измерений. Данные Петтита с $\lambda > 4000$ Å не учитывались, так как точки, в которых делались его измерения, расположены при $\lambda > 4000$ Å слишком редко по длинам волн. Не принимались во внимание и данные Аббота с $\lambda > 21\,000$ Å, ввиду их малой надежности. В результате усреднения были получены $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ в области от 1800 Å до 25 000 Å по более чем 20 рядам измерений.

В более далекой инфракрасной области с $\lambda \geq 3$ мк к настоящему времени также осуществлено достаточно большое число измерений энергии в спектре Солнца.

* Единицы измерения для $V(\lambda)$ здесь и дальше 10^{13} эрг/см² · сек. · стерад · см.

Средняя по диску Солнца монохроматическая интенсивность излучения в интегральном спектре $V_{\text{диск}}(\lambda)$,
согласно исследованиям разных авторов

| λ (мкм) | Стар, 1962 г. [63] | Стар и др., 1954 г. [64] | Стар и Диконстон, 1966 г. [65] | Лабс, 1967 г., исправленные данные [57, 58] | Лабс и Некенль, 1967 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | Г. Ф. Ситник (Кучино), 1952—1955 гг. [53, 55] | Г. Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [54, 53] | Е. А. Макарова (Кучино), 1953—1957 гг. [60] | Е. А. Макарова (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [61] | Хаттаев, 1965 г. [62] | Превазителное среднее первого приближения | Пирс—Петторо, 1954 г., относительные данные редуцированы к предельной средней кривой [70] | Абор, 1902—1910 гг., данные редуцированы к предельной средней кривой [66] | Абор, 1920—1922 гг., данные редуцированы к предельной средней кривой [67] | Визьянин, 1922 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [68] | Превазителное среднее второго приближения | Дункельман и Шкобель, 1959 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [27] | Литтл, 1940 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [69] | Превазителное среднее третьего приближения |
|-----------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|---|------------------------------|-----------------------|---|---|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| 305 | 15.5 | 14.4 | 7.0 | — | — | — | — | — | — | — | 9.0 | — | — | 3.9 | — | — | 9.7 | 10.6 | 7.6 | 9.10 |
| 310 | 18.4 | 16.9 | 9.7 | — | — | — | — | — | — | 4.9 | 9.0 | — | 10.6 | 4.8 | — | — | 10.6 | 11.2 | 9.3 | 9.89 |
| 315 | 19.0 | 18.3 | 11.7 | — | — | — | — | — | — | 4.9 | 9.5 | — | 11.4 | 5.6 | — | — | 11.4 | 12.1 | 10.7 | 10.7 |
| 320 | 19.3 | 18.3 | 11.7 | — | — | — | — | — | — | 5.0 | 10.3 | — | 11.9 | 6.5 | — | — | 11.9 | 12.5 | 12.9 | 11.4 |
| 325 | 20.9 | 20.2 | 13.7 | — | — | — | — | — | — | 5.7 | 12.2 | — | 13.4 | 7.5 | — | — | 13.4 | 15.1 | 13.5 | 12.9 |
| 330 | 22.2 | 22.2 | 16.2 | — | — | — | — | — | — | 6.3 | 13.9 | — | 14.9 | 8.9 | — | — | 14.9 | 17.1 | 13.6 | 14.1 |
| 335 | 20.6 | 21.0 | 16.6 | — | — | — | — | — | — | 6.0 | 13.7 | — | 14.2 | 10.7 | — | — | 14.2 | 16.5 | 13.7 | 13.8 |
| 340 | 19.4 | 19.8 | 16.7 | — | — | — | — | — | — | 5.9 | 14.1 | — | 14.2 | 12.6 | — | — | 14.2 | 16.3 | 13.9 | 14.0 |
| 345 | 18.5 | 19.0 | 16.7 | — | — | — | — | — | — | 6.0 | 14.8 | — | 14.4 | 14.4 | — | — | 14.4 | 17.1 | 13.7 | 14.3 |
| 350 | 17.8 | 19.0 | 17.2 | — | — | — | 9.4 | 12.6 | — | 6.0 | 15.2 | — | 14.3 | 15.8 | — | — | 14.3 | 17.4 | 13.6 | 14.2 |
| 355 | 17.0 | 19.0 | 17.7 | — | — | — | 9.4 | 12.3 | — | 5.6 | 14.6 | — | 14.3 | 16.9 | — | — | 14.3 | 17.2 | 14.3 | 14.3 |
| 360 | 16.1 | 18.6 | 17.6 | — | — | — | 9.4 | 12.3 | — | 5.4 | 13.8 | — | 14.1 | 18.0 | — | — | 14.1 | 17.1 | 15.5 | 14.2 |
| 362.5 | 17.1 | 19.2 | 18.7 | — | — | — | 10.4 | 12.5 | — | 5.4 | 14.8 | — | 14.8 | 18.4 | — | — | 14.8 | 17.4 | 15.6 | 14.8 |
| 367.5 | 20.2 | 21.4 | 21.9 | — | — | — | 10.4 | 14.1 | — | 10.6 | 16.5 | — | 17.1 | 19.3 | — | — | 17.1 | 20.1 | 15.8 | 17.0 |
| 370 | 19.4 | 20.6 | 19.0 | — | — | — | 12.6 | 13.6 | — | 11.3 | 15.8 | — | 16.4 | 19.6 | — | — | 16.6 | 19.6 | 15.7 | 16.4 |
| 375 | 19.0 | 20.0 | 19.9 | — | — | — | 12.4 | 12.9 | 16.4 | 10.8 | 14.3 | — | 15.8 | 20.4 | — | — | 16.2 | 19.4 | 15.1 | 16.1 |
| 380 | 18.4 | 19.3 | 20.0 | — | — | — | 14.1 | 12.3 | 13.7 | 9.9 | 13.1 | — | 14.5 | 20.8 | — | — | 15.7 | 18.2 | 14.5 | 15.7 |
| 385 | 17.2 | 17.5 | 18.5 | — | — | — | 14.0 | 12.8 | 13.5 | 10.2 | 13.0 | — | 14.8 | 21.0 | — | — | 15.3 | 17.1 | 16.1 | 15.5 |
| 390 | 17.6 | 17.6 | 17.9 | — | — | — | 14.7 | 14.2 | 14.0 | 11.1 | 13.7 | — | 14.8 | 21.3 | — | — | 15.8 | 16.5 | 18.8 | 16.1 |
| 395 | 18.7 | 19.9 | 19.4 | — | — | — | 15.0 | 14.9 | 14.3 | 12.2 | 14.2 | — | 16.1 | 22.3 | — | — | 16.8 | 17.5 | 21.6 | 17.2 |
| 400 | 22.9 | 26.0 | 25.1 | 23.6 | 20.8 | — | 21.4 | 21.8 | 20.7 | 18.6 | 20.3 | — | 20.8 | 23.7 | 20.5 | 21.7 | 22.0 | 22.6 | 24.8 | 22.2 |

| λ (мм) | Срп, 1932 г. [63] | Срп и др., 1934 г. [64] | Срп и Джонстон, 1936 г. [65] | Лабс, 1937 г., исправленные данные [57, 58] | Лабс и Некель, 1937 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | Г. Ф. Ситник (Кучино), 1952—1953 гг. [53, 55] | Г. Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [54, 55] | Е. А. Макарова (Кучино), 1953—1957 гг. [60] | Е. А. Макарова (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [61] | Хаттаг, 1965 г. [62] | Превапительное среднее значение | Лирс—Петторо, 1954 г., относительные данные редуцированы к стандартной кривой [70] | Аббот, 1902—1910 гг., данные редуцированы к стандартной кривой [66] | Аббот, 1920—1922 гг., данные редуцированы к стандартной кривой [66] | Визант, 1922 г., данные редуцированы к стандартной кривой [68] | Превапительное среднее значение | Лундгелман и Школинг, 1959 г., данные редуцированы к стандартной кривой [27] | Леттер, 1940 г., данные редуцированы к стандартной кривой [69] | Превапительное среднее значение |
|--------|-------------------|-------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---|---|---|---|----------------------|---------------------------------|--|---|---|--|---------------------------------|--|--|---------------------------------|
| 405 | 27.3 | 30.4 | 28.7 | 26.9 | 23.7 | — | 24.9 | 25.5 | 24.2 | 21.9 | 23.7 | — | — | 25.5 | 23.0 | 25.0 | 25.4 | 27.6 | — | 25.3 |
| 410 | 27.9 | 29.9 | 27.8 | 27.0 | 23.9 | — | 25.4 | 26.1 | 25.4 | 22.6 | — | 26.2 | — | 27.3 | 25.8 | 25.1 | 26.1 | 28.5 | — | 26.2 |
| 415 | 28.3 | 30.6 | 28.2 | 27.6 | 24.5 | — | 26.6 | 26.9 | 26.6 | 24.3 | — | 27.1 | — | 29.1 | 27.4 | 27.2 | 27.2 | 28.2 | — | 27.2 |
| 420 | 27.9 | 30.6 | 28.0 | 27.6 | 24.6 | — | 26.7 | 27.2 | 27.0 | 25.3 | — | 27.2 | — | 30.8 | 27.4 | 27.4 | 27.5 | 28.2 | — | 27.5 |
| 425 | 25.8 | 28.6 | 25.7 | 26.2 | 24.0 | — | 25.3 | 26.4 | 26.2 | 24.8 | — | 25.9 | — | 31.2 | 27.3 | 25.7 | 26.4 | 27.8 | — | 26.5 |
| 430 | 25.2 | 28.1 | 25.0 | 25.1 | 22.6 | — | 25.2 | 25.7 | 25.6 | 24.5 | — | 25.2 | — | 31.4 | 27.2 | 24.8 | 25.8 | 26.2 | — | 25.9 |
| 435 | 26.8 | 30.3 | 26.4 | 26.4 | 23.7 | — | 26.8 | 27.3 | 26.6 | 25.4 | — | 26.6 | — | 32.2 | 27.8 | 28.7 | 27.3 | 26.8 | — | 27.4 |
| 440 | 28.6 | 32.7 | 28.6 | 29.1 | 26.2 | — | 30.2 | 30.5 | 30.2 | 28.0 | — | 29.3 | — | 33.2 | 28.8 | 29.8 | 29.6 | 29.7 | — | 29.7 |
| 445 | 30.1 | 34.5 | 30.6 | 30.6 | 27.6 | — | 32.0 | 32.5 | 30.4 | 29.1 | — | 30.8 | — | 34.3 | 29.9 | 31.7 | 31.0 | 31.6 | — | 31.4 |
| 450 | 30.7 | 35.1 | 31.4 | 32.1 | 28.7 | 33.3 | 34.1 | 34.5 | 31.6 | 30.7 | — | 32.1 | — | 35.5 | 30.8 | 33.7 | 32.3 | 32.4 | — | 32.4 |
| 455 | 30.6 | 35.0 | 30.9 | 32.9 | 29.2 | 33.4 | 35.3 | 35.1 | 32.0 | 30.1 | — | 32.5 | — | 36.1 | 31.3 | 32.0 | 32.6 | 32.2 | — | 32.6 |
| 460 | 29.9 | 33.9 | 30.9 | 33.3 | 29.3 | 33.1 | 36.0 | 35.5 | 32.1 | 31.0 | — | 32.5 | — | 36.1 | 31.7 | 32.3 | 32.7 | 31.8 | — | 32.7 |
| 465 | 28.9 | 32.3 | 30.5 | 33.5 | 28.9 | 33.3 | 36.4 | 35.4 | 32.0 | 31.4 | — | 32.3 | — | 36.7 | 32.0 | 33.0 | 32.6 | 31.8 | — | 32.6 |
| 470 | 28.6 | 31.4 | 30.3 | 33.1 | 28.6 | 32.1 | 36.3 | 34.7 | 32.1 | 31.5 | — | 31.9 | — | 36.8 | 32.1 | 33.2 | 32.3 | 31.9 | — | 32.3 |
| 475 | 28.8 | 31.6 | 30.8 | 33.3 | 28.9 | 31.7 | 36.4 | 34.3 | 32.4 | 31.8 | — | 32.0 | — | 36.7 | 32.2 | 33.6 | 32.4 | 31.9 | — | 32.4 |
| 480 | 28.8 | 31.5 | 30.8 | 33.3 | 29.1 | 31.7 | 36.5 | 34.1 | 33.0 | 32.2 | — | 32.2 | — | 36.6 | 32.2 | 34.1 | 32.6 | 31.2 | — | 32.6 |
| 485 | 27.9 | 30.0 | 30.5 | 31.9 | 27.5 | 30.3 | 34.9 | 32.6 | 31.9 | 31.3 | — | 30.9 | — | 36.4 | 32.1 | 32.2 | 31.9 | 30.4 | — | 31.4 |
| 490 | 27.4 | 29.0 | 30.2 | 31.0 | 26.8 | 29.4 | 33.9 | 31.7 | 31.5 | 30.9 | — | 30.2 | — | 36.3 | 31.9 | 34.0 | 31.0 | 30.1 | — | 31.0 |
| 495 | 27.6 | 29.5 | 31.5 | 31.8 | 28.0 | 30.8 | 34.8 | 32.5 | 32.8 | 32.3 | — | 31.2 | — | 36.0 | 31.5 | 34.9 | 31.8 | 30.0 | — | 31.7 |
| 500 | 27.7 | 29.6 | 32.0 | 31.3 | 27.8 | 30.8 | 34.4 | 32.1 | 33.4 | 32.7 | — | 31.4 | — | 35.7 | 31.2 | 33.7 | 31.6 | 29.0 | — | 31.5 |
| 510 | 27.2 | 30.0 | 32.3 | 30.9 | 27.8 | 30.8 | 33.5 | 35.2 | 33.4 | 32.6 | — | 31.4 | — | 35.2 | 30.3 | 34.1 | 31.7 | 28.9 | — | 31.6 |
| 520 | 26.8 | 29.3 | 30.8 | 28.6 | 26.3 | 28.5 | 30.6 | 30.3 | 31.8 | 30.8 | — | 29.4 | — | 34.7 | 29.4 | 31.2 | 29.9 | 28.1 | — | 29.8 |
| 530 | 27.2 | 30.4 | 31.3 | 29.0 | 27.2 | 28.8 | 30.9 | 31.4 | 32.8 | 31.3 | — | 30.0 | — | 34.2 | 29.0 | 31.8 | 30.3 | 28.5 | — | 30.3 |
| 540 | — | — | 31.3 | 28.8 | 26.9 | 28.2 | 30.3 | 31.7 | 32.4 | 31.0 | — | 30.1 | — | 33.7 | 28.7 | 31.0 | 30.3 | 29.0 | — | 30.2 |
| 550 | — | — | 31.3 | 28.7 | 27.0 | 27.7 | 30.2 | 31.7 | 31.0 | 30.6 | — | 29.8 | — | 33.2 | 28.4 | 30.9 | 30.0 | 28.8 | — | 29.9 |

| λ (ммк) | Срп, 1952 г. [63] | Срп и др., 1954 г. [64] | Срп и Лжонстон, 1956 г. [65] | Табс, 1957 г., несправленные данные [57, 58] | Табс и Некель, 1967 г. [59] | Петро, 1964 г. [58] | Г. Ф. Ситник (Ручино), 1952—1955 гг. [53, 55] | Г. Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [54, 55] | Е. А. Макарова (Кучино), 1953—1957 гг. [60] | Е. А. Макарова (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [61] | Хаттаст, 1965 г. [62] | Преарктическое среднее первое приближение | Линс-Петро, 1964 г., относительные данные редуцированы к стандартной кривой [70] | Абор, 1902—1910 гг., данные редуцированы к стандартной кривой [66] | Абор, 1920—1922 гг., данные редуцированы к стандартной кривой [66] | Вильямс, 1922 г., данные редуцированы к стандартной кривой [68] | Преарктическое среднее второе приближение | Дункенман и Шольц, 1959 г., данные редуцированы к стандартной кривой [27] | Петтер, 1946 г., данные редуцированы к стандартной кривой [69] | Преарктическое среднее первое приближение | |
|---------|-------------------|-------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|---------------------|---|---|---|---|-----------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|---|------|
| 560 | | | 30.9 | 28.1 | 26.5 | 26.6 | 29.4 | 31.0 | 29.3 | 29.5 | | 28.9 | | 32.5 | 28.4 | 29.4 | 29.1 | 29.1 | 28.0 | | 29.0 |
| 570 | | | 30.4 | 27.8 | 26.6 | 26.8 | 29.1 | 30.4 | 27.8 | 28.8 | | 28.5 | | 31.8 | 27.8 | 28.8 | 28.7 | 28.7 | 27.6 | | 28.6 |
| 580 | | | 29.9 | 28.0 | 26.7 | 27.3 | 29.1 | 30.4 | 27.4 | 27.4 | | 28.2 | | 31.4 | 27.8 | 29.0 | 28.5 | 28.5 | 27.4 | | 28.4 |
| 590 | | | 29.4 | 27.2 | 25.8 | 27.2 | 28.5 | 28.9 | 26.7 | 26.7 | | 27.6 | | 30.3 | 27.7 | 28.0 | 27.8 | 27.8 | 26.9 | | 27.7 |
| 600 | | | 29.2 | 27.1 | 25.4 | 27.8 | 28.5 | 28.7 | 26.5 | 26.4 | | 27.5 | | 29.7 | 27.5 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 26.6 | | 27.6 |
| 610 | | | 28.7 | 26.2 | 25.1 | 27.1 | 27.5 | 26.5 | 25.7 | 25.1 | | 26.5 | | 28.8 | 27.0 | 26.6 | 26.7 | 26.7 | 25.4 | | 26.6 |
| 620 | | | 27.8 | 25.7 | 24.5 | 26.7 | 27.0 | 26.6 | 25.5 | 24.6 | | 26.0 | | 28.0 | 26.3 | 25.9 | 26.2 | 26.2 | 24.8 | | 26.0 |
| 630 | | | 27.2 | 25.3 | 23.8 | 26.2 | 26.6 | 26.2 | 24.7 | 24.3 | | 25.5 | | 27.4 | 25.6 | 25.9 | 25.6 | 25.6 | 24.3 | | 25.5 |
| 640 | | | 26.6 | 24.8 | 23.7 | 25.7 | 26.2 | 25.8 | 24.6 | 24.0 | | 25.2 | | 26.2 | 25.1 | 25.4 | 25.2 | 25.2 | 23.8 | | 25.1 |
| 650 | | | 26.1 | 24.4 | 23.0 | 25.5 | 25.8 | 25.5 | 23.7 | 23.8 | | 24.7 | | 26.2 | 24.6 | 25.1 | 24.7 | 24.7 | | | 25.4 |
| 660 | | | 25.4 | 24.4 | 21.6 | 24.1 | 24.3 | 24.2 | 22.6 | 22.7 | | 24.7 | | 25.2 | 24.6 | 25.4 | 24.7 | 24.7 | | | 25.1 |
| 670 | | | 24.8 | 23.3 | 22.1 | 24.8 | 24.9 | 24.8 | 23.0 | 23.4 | | 24.0 | | 24.4 | 24.2 | 24.7 | 23.6 | 23.6 | | | 24.8 |
| 680 | | | 24.1 | | 21.5 | 24.4 | 24.4 | 24.4 | 23.9 | | | 23.5 | | 23.6 | 23.8 | 24.2 | 23.9 | 23.9 | | | 23.7 |
| 690 | | | 23.4 | | 20.9 | 23.9 | 23.8 | 23.9 | 23.0 | | | 23.6 | | 22.8 | 23.5 | 24.2 | 23.7 | 23.5 | | | 23.9 |
| 700 | | | 22.6 | | 20.4 | 23.4 | 23.2 | 23.3 | 24.6 | | | 24.0 | | 22.1 | 23.1 | 23.2 | 23.1 | 23.1 | | | 23.1 |
| 720 | | | 21.2 | | 19.6 | 22.6 | 21.6 | 22.4 | 23.3 | | | 22.9 | | 21.4 | 22.4 | 22.6 | 22.6 | 22.6 | | | 22.7 |
| 740 | | | 19.8 | | 18.6 | 21.8 | 20.8 | 21.3 | 20.7 | | | 21.8 | | 20.2 | 20.9 | 21.6 | 21.4 | 21.4 | | | 21.5 |
| 760 | | | 18.5 | | 18.1 | 21.0 | 20.2 | 20.7 | 20.7 | | | 20.5 | | 19.7 | 19.7 | 20.9 | 20.2 | 20.2 | | | 20.3 |
| 780 | | | 17.6 | | 17.4 | 20.1 | 19.1 | 19.7 | 17.7 | | | 19.6 | | 17.8 | 18.6 | 20.3 | 19.3 | 19.3 | | | 19.3 |
| 800 | | | 16.9 | | 16.5 | 19.2 | 18.5 | 18.7 | 17.0 | | | 18.6 | | 16.7 | 17.6 | 19.2 | 18.3 | 18.3 | | | 18.3 |
| 850 | | | 15.3 | | 14.7 | 16.3 | 15.7 | 16.2 | | | | 17.8 | | 15.7 | 16.7 | 18.1 | 17.4 | 17.4 | | | 17.5 |
| 880 | | | 13.8 | | 13.1 | 14.0 | 14.0 | 14.2 | | | | 15.6 | | 14.1 | 14.5 | 16.1 | 15.3 | 15.3 | | | 15.4 |
| 900 | | | 12.5 | | 11.9 | 12.5 | 12.5 | 12.9 | | | | 13.8 | | 12.5 | 12.7 | 14.0 | 13.7 | 13.7 | | | 13.5 |
| 950 | | | 11.3 | | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 11.4 | | | | 12.4 | | 11.1 | 11.4 | 12.5 | 12.4 | 12.4 | | | 12.1 |
| 1000 | | | 11.3 | | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 11.4 | | | | 11.1 | | 9.8 | 10.5 | 11.4 | 11.0 | 11.0 | | | 10.8 |

| λ (мм) | Стрп, 1952 г. [63] | Стрп и др., 1954 г. [64] | Стрп и Джонстон, 1956 г. [65] | Лабс, 1957 г., неправ- ленные данные [57, 58] | Лабс и Некенль, 1957 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | П. Ф. Сятин (Кучино), 1952-1955 гг. [53, 55] | П. Ф. Сятин (Алма- Ата), 1957-1958 гг. [54, 55] | Е. А. Макарова (Ку- чино), 1953-1957 гг. [60] | Е. А. Макарова (Алма- Ата), 1957-1958 гг. [61] | Хайтас, 1965 г. [62] | Превапительное сред- нее первого прибли- жения | Пирс-Петторо, 1954 г., относительные данные регулированы и пре- варительной средней кривой [70] | Аббот, 1902-1910 гг., данные регулированы и превапительной средней кривой [66] | Аббот, 1920-1922 гг., данные регулированы и превапительной средней кривой [66] | Визьянт, 1922 г., дан- ные регулированы и превапительной сред- ней кривой [68] | Превапительное сред- нее второго прибли- жения | Лундсман и Школь- ник, 1959 г., данные регулированы и пре- варительной средней кривой [27] | Леттл, 1940 г., данные регулированы и пре- варительной средней кривой [69] | Превапительное сред- нее третьего приближе- ния | | |
|--------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------|---|---|--|---|----------------------|--|---|---|---|---|--|--|---|---|--|-------|
| 1050 | | | 10.2 | | 9.38 | | | | | | | | | 9.32 | 8.7 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | | | | 9.56 |
| 1100 | | | 9.06 | | 8.44 | | | | | | | | | 8.58 | 7.80 | 8.87 | 8.78 | 8.61 | | | | 8.59 |
| 1150 | | | 8.40 | | 7.74 | | | | | | | | | 7.64 | 7.00 | 8.42 | 7.92 | 7.83 | | | | 7.78 |
| 1200 | | | 7.66 | | 7.17 | | | | | | | | | 7.04 | 6.32 | 7.43 | 7.00 | 7.08 | | | | 7.09 |
| 1250 | | | 6.94 | | 6.75 | | | | | | | | | 6.32 | 5.70 | 6.87 | 6.38 | 6.42 | | | | 6.47 |
| 1300 | | | 6.35 | | | | | | | | | | | 5.81 | 5.26 | 6.19 | 5.72 | 5.84 | | | | 5.88 |
| 1350 | | | 5.76 | | | | | | | | | | | 5.24 | 4.84 | 5.57 | 5.24 | 5.31 | | | | 5.31 |
| 1400 | | | 5.24 | | | | | | | | | | | 4.81 | 4.46 | 5.16 | 4.71 | 4.85 | | | | 4.86 |
| 1450 | | | 4.69 | | | | | | | | | | | 4.36 | 4.10 | 4.74 | 4.46 | 4.39 | | | | 4.41 |
| 1500 | | | 4.22 | | | | | | | | | | | 4.06 | 3.72 | 4.38 | 3.84 | 4.02 | | | | 4.06 |
| 1550 | | | 3.74 | | | | | | | | | | | 3.75 | 3.41 | 4.07 | 3.41 | 3.64 | | | | 3.69 |
| 1600 | | | 3.31 | | | | | | | | | | | 3.44 | 3.15 | 3.90 | 3.08 | 3.35 | | | | 3.39 |
| 1650 | | | 2.87 | | | | | | | | | | | 3.35 | 2.90 | 3.66 | 2.85 | 3.05 | | | | 3.16 |
| 1700 | | | 2.50 | | | | | | | | | | | 2.91 | 2.65 | 3.40 | 2.59 | 2.77 | | | | 2.84 |
| 1800 | | | 1.87 | | | | | | | | | | | 2.36 | 2.16 | 2.91 | 2.13 | 2.25 | | | | 2.31 |
| 1900 | | | 1.51 | | | | | | | | | | | 1.92 | 1.75 | 2.47 | 1.77 | 1.86 | | | | 1.90 |
| 2000 | | | 1.31 | | | | | | | | | | | 1.61 | 1.40 | 2.06 | 1.46 | 1.55 | | | | 1.58 |
| 2100 | | | 1.13 | | | | | | | | | | | 1.36 | 1.05 | 1.57 | 1.21 | 1.23 | | | | 1.28 |
| 2200 | | | 1.00 | | | | | | | | | | | 1.13 | | | | 0.95 | | | | 1.09 |
| 2300 | | | 0.92 | | | | | | | | | | | 0.968 | | | | | | | | 0.952 |
| 2400 | | | 0.85 | | | | | | | | | | | 0.827 | | | | | | | | 0.835 |
| 2500 | | | | | | | | | | | | | | 0.703 | | | | | | | | 0.703 |
| 2600 | | | | | | | | | | | | | | 0.611 | | | | | | | | 0.611 |

ТАБЛИЦА 3

Средняя по диску Солнца монохроматическая интенсивность излучения $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ согласно ракетным наблюдениям

Данные американских авторов редуцированы к нашей предварительной кривой третьего приближения

| λ (мк) | Данные американских авторов | Данные Качалова и Яковлевой | Среднее | λ (мк) | Данные американских авторов | Данные Качалова и Яковлевой | Среднее | λ (мк) | Данные американских авторов | Данные Качалова и Яковлевой | Среднее |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| 0.180 | 0.05 | — | 0.05 | 0.240 | 0.88 | — | 0.88 | 0.300 | 8.47 | 9.84 | 8.60 |
| 185 | 0.07 | — | 0.07 | 245 | 1.02 | — | 1.02 | 305 | 7.73 | 9.87 | 9.10 |
| 190 | 0.11 | — | 0.11 | 250 | 0.99 | — | 0.99 | 310 | 8.81 | — | 8.81 |
| 195 | 0.15 | — | 0.15 | 255 | 1.46 | 1.66 | 1.53 | 315 | 9.72 | — | 9.72 |
| 200 | 0.19 | — | 0.19 | 260 | 1.82 | 2.40 | 2.01 | 320 | 10.3 | — | 10.3 |
| 205 | 0.23 | — | 0.23 | 265 | 3.04 | 3.44 | 3.17 | 325 | 12.4 | — | 12.4 |
| 210 | 0.38 | — | 0.38 | 270 | 3.45 | 4.26 | 3.72 | 330 | 14.2 | — | 14.2 |
| 215 | 0.63 | — | 0.63 | 275 | 2.96 | 4.65 | 3.52 | 335 | 13.4 | — | 13.4 |
| 220 | 0.80 | — | 0.80 | 280 | 3.21 | 4.32 | 3.58 | 340 | 14.4 | — | 14.4 |
| 225 | 0.91 | — | 0.91 | 285 | 4.52 | 5.90 | 4.98 | 345 | 14.6 | — | 14.6 |
| 230 | 0.94 | — | 0.94 | 290 | 7.07 | 8.41 | 7.52 | 350 | 15.5 | — | 15.5 |
| 0.235 | 0.83 | — | 0.83 | 0.295 | 8.21 | 9.24 | 8.55 | 0.355 | 15.2 | — | 15.2 |

В интервале 3—13 мк нами использованы следующие четыре работы.

1. Обзор Фармера и Тодда [74], в котором на основании результатов 10 оригинальных исследований выведена средняя кривая зависимости интенсивности излучения всего диска Солнца от длины волны в интервале 3.5—5.5 мк.

2. Работа Мюркари, Мюркари и Вильямса [75], определивших спектральную интенсивность излучения всего диска в интервале 4—5 мк.

ТАБЛИЦА 4

Распределение весов при выведении средней интенсивности излучения Солнца в области спектра 3000—25 000 Å

| Источник | Интегральный спектр всего диска | | Непрерывный спектр центра диска |
|---|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | $\lambda \leq 4200 \text{ Å}$ | $\lambda > 4200 \text{ Å}$ | |
| Стэр, 1952 г. | 0.666 | 1 | 0.5 |
| Стэр с сотр., 1954 г. | 0.666 | 1 | 0.5 |
| Стэр и Джонстон, 1956 г. | 0.666 | 1 | 1 |
| Лабс, 1957 г. | 1 | 1 | 1 |
| Лабс и Неккель, 1967 г. | 1 | 1 | 3 |
| Г. Ф. Ситник, 1952—1955 гг. | 1 | 1 | 2 |
| Г. Ф. Ситник, 1957—1958 гг. | 1 | 1 | 3 |
| Е. А. Макарова, 1953—1957 гг. | 1 | 1 | 3 |
| Е. А. Макарова, 1957—1958 гг. | 1 | 1 | 2 |
| Хаутгаст | 1 | — | 3 |
| Пейтуро | — | 1 | 3 |
| Пирс—Пейтуро | — | 2 | 3 |
| Аббот, 1902—1910 гг. | 1 | 1 | 1 |
| Аббот, 1920—1922 гг. | 1 | 1 | 1 |
| Вильзинг | 1 | 1 | 1 |
| Дункельман и Школьник | 1 | — | 1 |
| Петтит | 1 | — | — |
| «Ракетная» кривая, $\lambda > 3000 \text{ Å}$ | 1 | — | — |

3. Работа Сэйди и Гуди [76], измеривших интенсивность излучения центра диска у $\lambda=11.1$ мк.

4. Работы И. Я. Бадинова, С. Д. Андреева, К. Я. Кондратьева, С. В. Ащеулова и А. В. Поберовского [77, 78], измеривших интенсивность излучения центра диска во многих длинах волн во всей области 3—13 мк.

Результаты всех этих исследований (после необходимых редукиций посредством множителя γ ко всему диску для работ [76—78]) весьма хорошо согласуются между собой, средняя кривая проводится уверенно

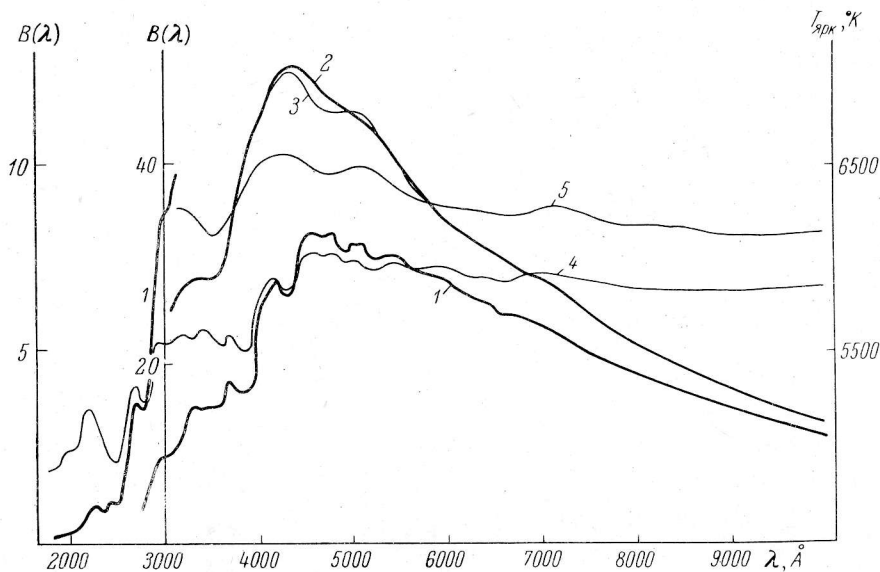


Рис. 2. Распределение энергии (средние данные) и яркостная температура Солнца в интервале от 1800 до 10 000 Å.

1 — величина $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ в разных масштабах; 2 — $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ по всем имеющимся источникам; 3 — $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ по работам, выполненным на приборах с достаточным спектральным разрешением («детальный ход»); 4 и 5 — яркостные температуры, соответствующие $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$.

(рис. 3) и хорошо согласуется со средней $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, выведенной для $\lambda < 3$ мк. Средняя квадратичная ошибка снимаемых с кривой значений $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, оцениваемая по разбросу точек на рис. 3, составляет $\sim 1\%$.

Наконец, были использованы измерения энергии Солнца (его яркостной температуры) в области от 13 мк до 4 мм: работа Бира [79], охватывающая область от 17 до 100 мк, и данные наблюдений Бастина с сотрудниками [80] в области от 1.2 до 4 мм. Обе эти работы выполнены оптическими методами, в том числе и измерения при $\lambda=4$ мм, однако в миллиметровой области энергия Солнца измерялась и средствами радиоастрономии. Результаты содержатся, в частности, в обзоре Симона [81]. На рис. 4 приведены данные оптических и радиоастрономических измерений в длинноволновой области спектра Солнца вплоть до 4 мм. Они приемлемо согласуются между собой, и средняя кривая проводится достаточно надежно.

Окончательные средние значения интенсивности излучения всего солнечного диска в интегральном спектре в области от 1800 Å до 4 мм приведены в четвертом столбце табл. 6 и во втором столбце табл. 7 и иллюстрируются рис. 2—5.

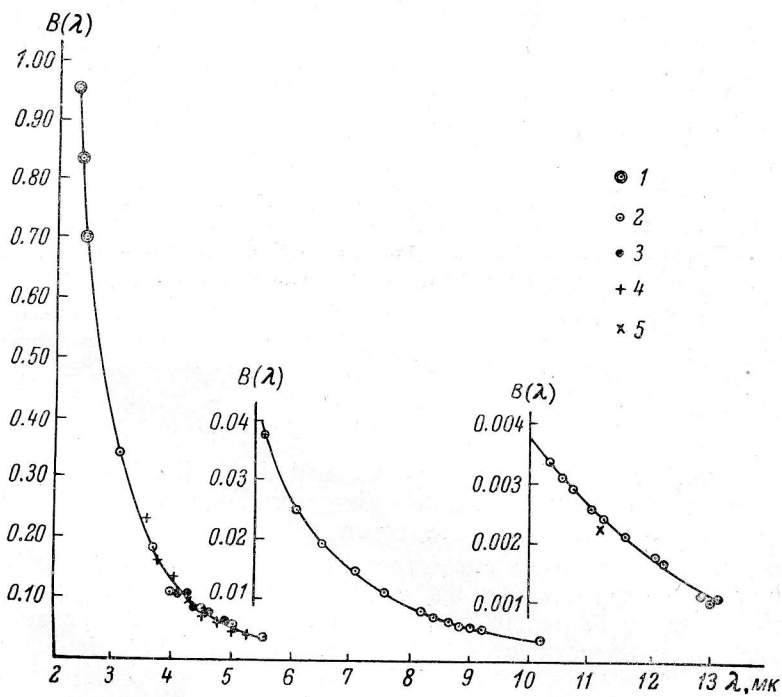
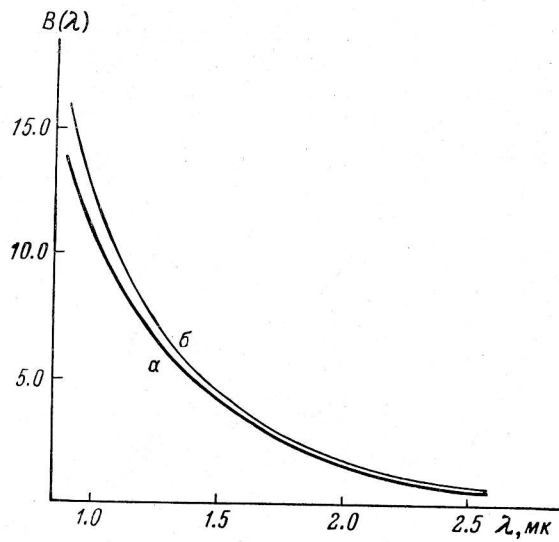


Рис. 3. Распределение энергии в инфракрасной области Солнца.

a — средние значения $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ для интервала $9000-23000 \text{ \AA}$; b — средние значения $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ для того же интервала. 1 — длинноволновый конец средней кривой a ; значения $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ по данным разных авторов: 2 — Бадинов с соавторами [77, 78], 3 — Мюркари с соавторами [75], 4 — Фармер и Тодд [74], 5 — Сайди и Гуди [76].

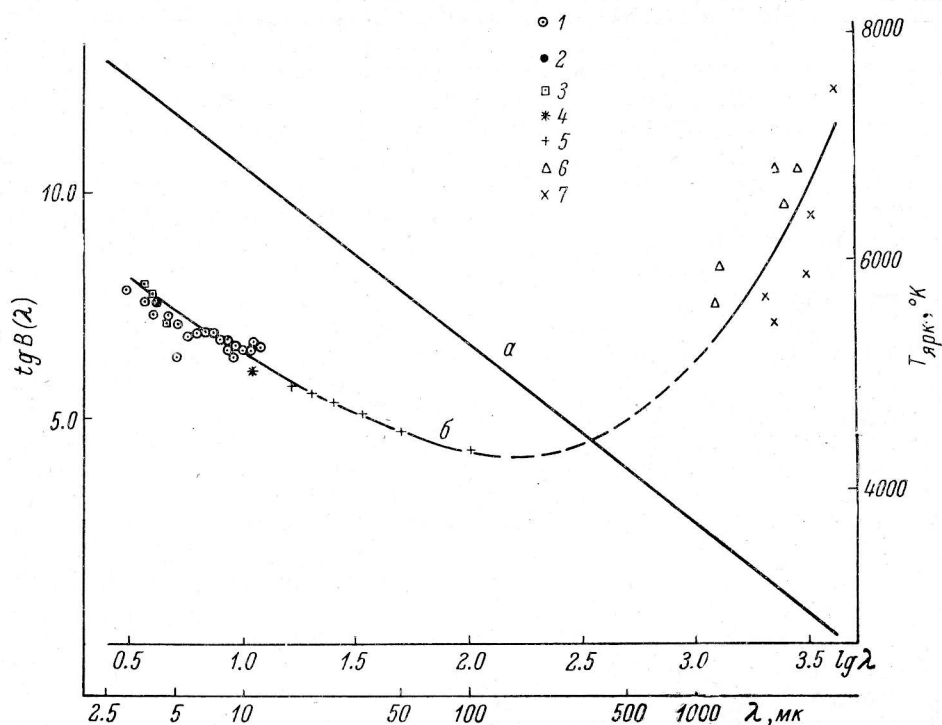


Рис. 4. Распределение энергии (а) и яркостная температура (б) в далекой инфракрасной, субмиллиметровой и миллиметровой областях спектра Солнца.

1 — Бадинов с соавторами [77, 78], 2 — Мюркари с соавторами [75], 3 — Фармер и Толд [74], 4 — Сайди и Гуди [76], 5 — Бир [79], 6 — Бастин с сотрудниками [80], 7 — радиоастрономические наблюдения Симона [81].

§ 4. СРЕДНИЕ ДАННЫЕ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЦЕНТРА СОЛНЕЧНОГО ДИСКА В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ

Значения интенсивности излучения центра солнечного диска в непрерывном спектре $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ мы даем для области от 3050 Å до 13 мк. Для длин волн, меньших 3050 Å, понятие непрерывного спектра становится совсем неопределенным из-за огромного числа перекрывающихся сильных линий поглощения. Для $\lambda > 13$ мк, наоборот, линий настолько мало, а коэффициент, учитывающий потемнение к краю, настолько близок к 1, что нет необходимости давать две разные характеристики спектра Солнца.

Процедура выведения средних данных о непрерывном спектре, в основном, подобна выведению $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и отличается только распределением весов при усреднении данных отдельных работ, а также меньшим числом приближений.

Прежде всего, мы считаем неравноточными редукции за влияние линий поглощения при переходе от $B^{\text{конт}}$ к $B^{\text{инт}}$ и обратно. В первом случае редукции не вызывают сомнений, так как распределение энергии в этом случае идет гладко и нет надобности знать точную полосу пропускания прибора (конечно, если она достаточно узкая). Во втором случае, при переходе от интегрального спектра к непрерывному, для аккуратной редукции за линии поглощения необходимо точно знать не только полосу пропускания, но, строго говоря, и точную длину волны положения щели спектрометра при каждом измерении. Таких подробных сведений нет, за исключением работы Лабса и Неккеля (публикация 1967 г.), в которой

даются интегральные потоки в сравнительно узких интервалах по 20 Å. Поэтому, в то время как результатам работ, посвященных исследованию собственно непрерывного спектра, мы приписываем вес 3 (если результаты не вызывают сомнений), то редуцированным за линии поглощения данным (кроме Лабса, публикация 1967 г.) приписываем вес 1 (оба ряда Аббота, ряды Вильзинга, Петтита, Стэра 1956 г., Дункельмана и Школьника). Двум первым рядам наблюдений Стэра [63, 64] приписан вес по 1/2 из-за того, что, по-видимому, в ультрафиолете эти ряды не представляют истинного интегрального спектра (см. выше): после редукиций за линии поглощения в этих рядах появляется неестественный «горб» в ультрафиолетовой области с максимумом у λ 3500 Å. Снижен до 2 вес результатов исследований непрерывного спектра Г. Ф. Ситника 1952—1955 гг. [53] и Е. А. Макаровой [61]. Данные ряда [53] сам автор считает менее надежными [55], данные ряда [61] в ультрафиолетовой области явно занижены. Вес ряда Лабса [56] снижен, так как автор считает его малонадежным.

Сводка весов дана в четвертом столбце табл. 4.

В качестве первого приближения в области 4100—21 000 Å были вычислены средние взвешенные (с весами, указанными в табл. 4) значения $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ из результатов работ [55—58, 63—65, 70]. К этой предварительной кривой были сразу редуцированы все данные работ второй группы. Переходные множители оказались равными: для данных Аббота 1920—1922 гг. и данных Вильзинга — 1.049, для данных Петтита — 1.035.* Результаты Аббота 1902—1910 гг. и Дункельмана и Школьника в поправках не нуждаются.

Ряды измерений, подготовленные для окончательного усреднения и выведения $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$, а также предварительные средние взвешенные $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ даны в табл. 5. Следует отметить, что те измерения, которые редуцировались за линии поглощения, перед включением в таблицу наносились на график и сглаживались (результаты Стэра, Аббота, Дункельмана и Школьника, Лабса и Неккеля 1967 г. и Петтита).

§ 5. РЕЗУЛЬТАТЫ. СОЛНЕЧНАЯ ПОСТОЯННАЯ

Средние данные о распределении энергии в спектре Солнца приведены в табл. 6 и 7. В четвертом столбце табл. 6 даны, как уже сказано, $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, в пятом — $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$. В шестом и седьмом — $V_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $V_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)$. Последние не выводились независимым образом, а были получены как средние арифметические значения равенств (3) и (4) для $V_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и (5) и (6) для $V_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)$

$$V_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda) = \beta(\lambda) \cdot V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda), \quad (3)$$

$$V_{\text{центр}}^{\text{инт}}(\lambda) = \eta(\lambda) \cdot V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda), \quad (4)$$

$$V_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda) = \zeta(\lambda) \cdot V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda), \quad (5)$$

$$V_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda) = \gamma(\lambda) \cdot V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda). \quad (6)$$

Хотя независимо выведенные $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ и $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ получены при существенно различных распределениях весов исходных данных, тем не

* Величины $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$, взятые согласно Петтиту, нужно было уменьшить на 4.5% при редукиции к предварительной средней кривой, а петтитовские $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ пришлось для той же цели увеличить на 3.5%. Мы не впали в противоречие. Дело в том, что Петтит дает в [69] две разные таблицы: внеатмосферную освещенность, создаваемую всем диском и центром диска. При получении $V_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ использовалась первая таблица, при получении $V_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ — вторая. Таким образом, отмеченная неувязка относится к самим данным Петтита.

Монохроматическая интенсивность непрерывного спектра центра солнечного диска $B_{\text{центр}}^{\text{солнц}}$ (λ), согласно исследованиям разных авторов

| λ (мм) | Стар, 1962 г. [63] | Стар и др., 1964 г. [64] | Стар и Дунклстон, 1966 г. [65] | Лабс, 1967 г., исправленные данные [57, 58] | Лабс и Неккенш, 1967 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | Г.Ф. Ситник (Кучино), 1952-1955 гг. [53, 55] | Г.Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957-1958 гг. [54, 55] | Е.А. Макарова (Кучино), 1953-1957 гг. [60] | Е.А. Макарова (Алма-Ата), 1957-1958 гг. [61] | Хаттаст, 1965 г. [62] | Презаритское среднее | Линс-Петторо, 1954 г., относительные данные редуцированы к предельной средней кривой [70] | Аббот, 1902-1910 гг., данные редуцированы к предельной средней кривой [66] | Аббот, 1920-1922 гг., данные редуцированы к предельной средней кривой [66] | Визант, 1922 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [68] | Лунчевьян и Школяник, 1959 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [27] | Петтит, 1940 г., данные редуцированы к предельной средней кривой [69] |
|--------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|---|------------------------------|-----------------------|--|--|--|--|-----------------------|----------------------|---|--|--|---|---|---|
| 305 | 47.1 | 43.8 | 21.2 | — | — | — | — | — | — | — | 24.0 | — | — | 12.0 | — | — | 31.9 | 14.6 |
| 310 | 53.5 | 49.1 | 28.2 | — | — | — | — | — | — | 14.2 | 26.1 | — | — | 14.1 | — | — | 32.9 | 17.0 |
| 315 | 54.5 | 52.4 | 32.4 | — | — | — | — | — | — | 14.0 | 27.3 | — | — | 15.8 | — | — | 33.8 | 21.0 |
| 320 | 52.8 | 50.1 | 32.0 | — | — | — | — | — | — | 13.8 | 28.2 | — | — | 17.1 | — | — | 34.7 | 24.0 |
| 325 | 49.3 | 47.5 | 32.3 | — | — | — | — | — | — | 13.5 | 28.8 | — | — | 18.8 | — | — | 35.3 | 25.2 |
| 330 | 46.3 | 46.5 | 33.8 | — | — | — | — | — | — | 13.2 | 28.8 | — | — | 20.8 | — | — | 35.6 | 25.7 |
| 335 | 44.9 | 45.7 | 36.2 | — | 30.1 | — | — | — | — | 13.0 | 29.8 | — | — | 23.2 | — | — | 35.7 | 25.8 |
| 340 | 41.6 | 42.5 | 35.7 | — | 29.1 | — | — | 25.0 | — | 12.7 | 30.3 | — | — | 26.0 | — | — | 35.7 | 25.5 |
| 345 | 38.4 | 39.4 | 34.6 | — | 28.1 | — | — | 25.3 | — | 12.5 | 30.7 | — | — | 28.9 | — | — | 35.7 | 25.4 |
| 350 | 36.3 | 39.0 | 35.0 | — | 27.6 | — | — | 26.1 | — | 12.3 | 31.0 | — | — | 31.8 | — | — | 36.0 | 25.5 |
| 355 | 36.7 | 40.6 | 37.8 | — | 30.5 | — | — | 26.4 | — | 12.1 | 31.5 | — | — | 34.7 | — | — | 37.2 | 26.5 |
| 360 | 37.6 | 41.7 | 40.0 | — | 32.2 | — | — | 27.3 | — | 11.9 | 32.1 | — | — | 37.2 | — | — | 38.5 | 28.0 |
| 362.5 | 38.3 | 42.3 | 41.0 | — | 33.2 | — | — | 28.2 | — | 11.9 | 32.5 | — | — | 38.2 | — | — | 39.2 | 28.6 |
| 367.5 | 40.0 | 43.9 | 43.4 | — | 34.9 | — | — | 28.2 | — | 11.3 | 33.1 | — | — | 40.6 | — | — | 41.0 | 30.1 |
| 370 | 41.0 | 45.0 | 44.7 | — | 35.8 | — | — | 28.8 | — | 11.3 | 33.4 | — | — | 41.8 | — | — | 42.4 | 30.9 |
| 375 | 44.8 | 47.2 | 47.2 | — | 37.9 | — | — | 30.9 | — | 11.3 | 33.3 | — | — | 43.6 | — | — | 45.3 | 33.0 |
| 380 | 48.5 | 49.6 | 49.7 | — | 39.9 | — | — | 34.0 | — | 11.3 | 34.3 | — | — | 45.5 | — | — | 47.9 | 36.4 |
| 385 | 50.7 | 51.6 | 51.4 | — | 41.6 | — | — | 37.9 | — | 11.3 | 36.2 | — | — | 47.3 | — | — | 49.8 | 42.0 |
| 390 | 51.4 | 53.0 | 52.6 | — | 42.8 | — | — | 41.6 | — | 11.3 | 38.5 | — | — | 49.0 | — | — | 51.1 | 48.0 |
| 395 | 51.8 | 54.2 | 53.2 | — | 43.5 | — | — | 44.4 | — | 11.3 | 40.4 | — | — | 50.3 | — | — | 51.8 | 51.5 |
| 400 | 52.0 | 55.0 | 53.6 | 50.2 | 44.0 | — | — | 46.7 | — | 11.3 | 41.9 | — | — | 52.0 | — | — | 52.3 | 53.5 |
| 405 | 52.0 | 55.6 | 53.6 | 50.2 | 44.3 | — | — | 47.5 | — | 11.3 | 43.3 | — | — | 53.2 | — | — | 52.6 | — |
| 410 | 51.8 | 55.9 | 52.7 | 50.2 | 44.8 | — | — | 48.3 | — | 11.3 | 44.3 | — | — | 54.5 | — | — | 52.8 | — |

Т А Б Л И Ц А 5 (продолжение)

| λ (мм) | Срп, 1932 г. [63] | Срп и рр., 1934 г. [64] | Срп и Джонстон, 1936 г. [65] | Лабс, 1937 г., исправленные данные [57, 58] | Лабс и Неккеб, 1967 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | Г. Ф. Ситник (Кучино), 1952—1955 гг. [53, 55] | Г. Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [54, 55] | Е. А. Манарова (Кучино), 1953—1957 [60] | Е. А. Манарова (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [61] | Хатраст, 1965 г. [62] | Препаративное среднее | Относительные данные ре-лучированы к прева-рительной средней кривой [70] | Абгор, 1902—1910 гг., дан-ные релучированы к пре-варительной средней кривой [66] | Абгор, 1920—1922 гг., дан-ные релучированы к пре-варительной средней кривой [66] | Вигант, 1922 г., данные релучированы к прева-рительной средней кривой [68] | Лункельман и Школьник, 1939 г., данные релучиро-ваны к прева-рительной средней кривой [27] | Петтир, 1940 г., данные релучированы к прева-рительной средней кривой [69] |
|--------|-------------------|-------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---|---|---|---|-----------------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|
| 415 | 51.5 | 56.1 | 51.9 | 50.2 | 45.0 | — | 48.2 | 49.1 | 48.2 | 44.2 | — | 48.2 | — | 55.7 | 49.9 | 48.9 | 52.7 | — |
| 420 | 51.2 | 56.2 | 51.3 | 50.2 | 45.2 | — | 49.0 | 49.9 | 49.6 | 46.5 | — | 49.0 | — | 56.7 | 50.8 | 50.1 | 52.5 | — |
| 425 | 50.6 | 56.2 | 50.8 | 50.1 | 45.3 | — | 49.6 | 50.5 | 50.3 | 47.6 | — | 49.4 | — | 57.4 | 51.2 | 50.7 | 51.6 | — |
| 430 | 50.2 | 56.1 | 50.2 | 50.0 | 45.2 | — | 50.3 | 51.1 | 51.0 | 48.7 | — | 50.0 | — | 57.9 | 51.4 | 51.1 | 51.6 | — |
| 435 | 49.7 | 55.9 | 49.6 | 49.9 | 45.1 | — | 50.9 | 51.6 | 50.4 | 48.2 | — | 49.9 | — | 57.6 | 50.6 | 51.4 | 51.2 | — |
| 440 | 49.0 | 55.7 | 49.1 | 49.6 | 44.9 | — | 51.5 | 52.1 | 50.0 | 47.8 | — | 49.8 | — | 56.8 | 49.8 | 51.6 | 50.7 | — |
| 445 | 48.1 | 54.8 | 48.5 | 49.5 | 44.6 | — | 51.9 | 52.6 | 49.2 | 47.0 | — | 49.6 | — | 55.8 | 49.2 | 50.9 | 50.0 | — |
| 450 | 47.1 | 53.7 | 47.8 | 49.3 | 44.2 | 51.2 | 52.3 | 52.8 | 48.5 | 46.2 | — | 49.5 | — | 55.8 | 48.4 | 49.7 | 50.0 | — |
| 455 | 45.6 | 51.9 | 46.3 | 49.0 | 43.4 | 49.8 | 52.6 | 52.4 | 47.8 | 45.8 | — | 48.8 | — | 53.8 | 47.6 | 48.2 | 48.0 | — |
| 460 | 43.6 | 49.3 | 45.2 | 48.7 | 42.8 | 48.5 | 52.8 | 52.0 | 47.0 | 45.4 | — | 48.1 | — | 53.3 | 47.0 | 47.2 | 47.0 | — |
| 465 | 41.9 | 46.5 | 44.3 | 48.3 | 41.7 | 47.9 | 52.5 | 51.0 | 46.2 | 45.2 | — | 47.3 | — | 53.0 | 46.7 | 47.4 | 46.3 | — |
| 470 | 41.5 | 45.7 | 43.8 | 48.0 | 41.5 | 46.4 | 52.3 | 50.0 | 46.2 | 45.4 | — | 46.9 | — | 52.8 | 46.7 | 47.7 | 45.8 | — |
| 475 | 41.2 | 45.2 | 44.0 | 47.7 | 41.4 | 45.5 | 52.1 | 49.2 | 46.3 | 45.5 | — | 46.6 | — | 52.6 | 46.7 | 48.0 | 45.6 | — |
| 480 | 41.0 | 44.6 | 44.4 | 47.2 | 41.2 | 44.9 | 51.8 | 48.3 | 46.8 | 45.6 | — | 46.3 | — | 52.4 | 46.6 | 48.6 | 45.2 | — |
| 485 | 40.7 | 43.8 | 44.7 | 46.7 | 40.5 | 44.3 | 51.2 | 47.7 | 46.8 | 45.8 | — | 46.0 | — | 52.2 | 46.6 | 48.6 | 44.6 | — |
| 490 | 40.4 | 43.2 | 45.0 | 46.1 | 40.2 | 43.8 | 50.5 | 47.1 | 46.9 | 46.0 | — | 45.5 | — | 52.0 | 46.5 | 48.8 | 43.6 | — |
| 495 | 39.9 | 42.6 | 45.2 | 45.5 | 40.0 | 44.0 | 49.8 | 46.5 | 46.9 | 46.3 | — | 45.4 | — | 51.5 | 45.9 | 48.9 | 43.6 | — |
| 500 | 39.6 | 42.2 | 45.4 | 44.7 | 39.6 | 44.0 | 49.1 | 45.9 | 47.2 | 46.6 | — | 45.2 | — | 50.9 | 45.3 | 49.0 | 42.7 | — |
| 510 | 38.7 | 42.1 | 45.4 | 43.3 | 39.0 | 43.2 | 46.9 | 45.0 | 46.8 | 45.7 | — | 44.2 | — | 49.6 | 44.0 | 47.8 | 41.3 | — |
| 520 | 38.0 | 42.4 | 45.0 | 41.8 | 38.4 | 41.6 | 44.7 | 44.2 | 46.4 | 44.9 | — | 43.2 | — | 48.5 | 42.5 | 46.5 | 40.6 | — |
| 530 | 37.4 | 42.0 | 43.4 | 40.3 | 37.7 | 39.9 | 42.9 | 43.6 | 45.4 | 43.5 | — | 42.1 | — | 47.4 | 40.8 | 44.0 | 39.6 | — |
| 540 | — | — | 42.3 | 39.0 | 36.5 | 38.2 | 41.0 | 42.8 | 43.8 | 42.0 | — | 40.8 | — | 45.6 | 39.4 | 41.8 | 38.9 | — |
| 550 | — | — | 41.4 | 37.9 | 35.7 | 36.5 | 39.8 | 41.8 | 41.0 | 40.5 | — | 39.4 | — | 43.8 | 38.0 | 39.9 | 38.0 | — |
| 560 | — | — | 40.5 | 36.9 | 34.8 | 34.9 | 38.6 | 40.7 | 38.4 | 38.7 | — | 37.9 | — | 42.5 | 37.2 | 38.2 | 36.7 | — |

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

| λ (мм) | Срп, 1952 г. [63] | Срп и др., 1954 г. [64] | Срп и Джонстон, 1956 г. [65] | Дабс, 1957 г., исправленные данные [57, 58] | Дабс и Некерб, 1967 г. [59] | Петторо, 1964 г. [58] | Г. Ф. Ситник (Кучино), 1952—1956 гг. [53, 55] | Г. Ф. Ситник (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [54, 55] | Е. А. Макарова (Кучино), 1953—1957 гг. [60] | Е. А. Макарова (Алма-Ата), 1957—1958 гг. [61] | Хаттаст, 1965 г. [62] | Перепарительное среднее | Пирс—Петторо, 1954 г., относительные данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [70] | Аббот, 1902—1910 гг., данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [66] | Аббот, 1920—1922 гг., данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [66] | Вильямс, 1922 г., данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [68] | Луннегеман и Школьник, 1959 г., данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [27] | Петт, 1940 г., данные релупированы и преобразованы в среднюю кривую [69] |
|--------|-------------------|-------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---|---|---|---|-----------------------|-------------------------|--|---|---|---|---|--|
| 570 | | | 39.3 | 36.0 | 34.4 | 34.7 | 37.7 | 39.4 | 36.0 | 37.3 | | 36.8 | | 41.0 | 36.4 | 37.1 | 35.7 | |
| 580 | | | 38.0 | 35.3 | 33.7 | 34.5 | 36.8 | 38.0 | 34.6 | 34.6 | | 35.6 | | 39.4 | 35.9 | 36.5 | 34.7 | |
| 590 | | | 37.0 | 34.5 | 32.8 | 34.5 | 36.1 | 36.7 | 34.0 | 34.0 | | 34.9 | | 38.2 | 35.4 | 35.6 | 33.8 | |
| 600 | | | 36.4 | 33.6 | 32.0 | 34.4 | 35.3 | 35.5 | 33.4 | 32.7 | | 34.1 | | 37.1 | 34.8 | 34.2 | 32.9 | |
| 610 | | | 35.8 | 33.0 | 31.2 | 34.1 | 34.6 | 33.4 | 32.4 | 31.6 | | 33.1 | | 36.0 | 34.1 | 33.4 | 32.0 | |
| 620 | | | 35.0 | 32.3 | 30.6 | 33.5 | 33.8 | 33.4 | 32.0 | 30.8 | | 32.6 | | 34.9 | 33.5 | 32.5 | 31.1 | |
| 630 | | | 33.9 | 31.6 | 29.7 | 32.6 | 33.1 | 32.7 | 30.8 | 30.3 | | 31.8 | | 33.8 | 32.7 | 31.9 | 30.2 | |
| 640 | | | 33.0 | 30.8 | 29.1 | 31.9 | 32.4 | 31.4 | 29.2 | 29.3 | | 31.1 | | 32.5 | 31.8 | 31.4 | 29.4 | |
| 650 | | | 32.1 | 30.1 | 28.4 | 31.4 | 31.7 | 30.8 | 30.4 | 29.7 | | 30.4 | | 31.3 | 30.4 | 30.8 | | |
| 660 | | | 31.1 | 29.7 | 27.6 | 30.7 | 31.0 | 30.4 | 28.8 | 28.9 | | 29.8 | | 30.0 | 30.4 | 30.1 | | |
| 670 | | | 30.1 | 29.1 | 26.7 | 30.1 | 30.3 | 30.1 | 28.0 | 28.5 | | 29.1 | | 28.7 | 29.5 | 29.4 | | |
| 680 | | | 29.1 | 28.0 | 26.0 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 27.8 | | | 28.7 | | 27.7 | 28.9 | 28.6 | | |
| 690 | | | 28.3 | 27.2 | 25.2 | 28.9 | 28.8 | 29.0 | 29.0 | | | 28.4 | | 26.8 | 28.3 | 28.0 | | |
| 700 | | | 27.3 | 26.0 | 24.6 | 28.3 | 28.1 | 28.2 | 29.8 | | | 28.0 | | 25.8 | 27.4 | 27.3 | | |
| 720 | | | 25.6 | 23.6 | 23.6 | 27.2 | 26.0 | 27.0 | 28.0 | | | 26.5 | | 23.7 | 25.7 | 26.1 | | |
| 740 | | | 23.8 | 22.6 | 22.6 | 26.3 | 25.1 | 25.7 | 25.0 | | | 25.0 | | 22.8 | 24.1 | 25.1 | | |
| 760 | | | 21.9 | 21.4 | 21.4 | 24.8 | 23.9 | 24.5 | 22.4 | | | 23.4 | | 21.0 | 22.4 | 23.9 | | |
| 780 | | | 20.7 | 20.4 | 20.4 | 23.7 | 22.5 | 23.2 | 20.8 | | | 22.1 | | 19.6 | 21.0 | 22.5 | | |
| 800 | | | 19.9 | 19.4 | 19.4 | 22.6 | 21.7 | 22.0 | 20.0 | | | 21.2 | | 18.4 | 19.9 | 21.3 | | |
| 850 | | | 18.2 | 17.4 | 17.4 | 19.3 | 18.7 | 19.2 | | | | 18.7 | | 16.7 | 17.5 | 16.2 | | |
| 900 | | | 15.8 | 15.4 | 15.4 | 16.5 | 16.5 | 16.8 | | | | 16.3 | | 14.3 | 14.8 | 14.5 | | |
| 950 | | | 14.2 | 13.8 | 13.8 | 14.4 | 14.4 | 14.9 | | | | 14.4 | | 12.6 | 13.2 | 12.8 | | |
| 1000 | | | 12.8 | 12.4 | 12.4 | 12.8 | 12.8 | 13.4 | | | | 12.9 | | 11.09 | 12.0 | 11.4 | | |

ТАБЛИЦА 6

Интенсивность излучения, освещенность, создаваемая Солнцем, и яркостная температура Солнца в области спектра от ультрафиолетовой до инфракрасной

| λ (мк) | β (λ) | ζ (λ) | Винт диск (λ) | Вконт центр (λ) | Винт центр (λ) | Вконт диск (λ) | E (λ) | T _{винт диск} | T _{конт центр} |
|----------------|-------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-------|------------------------|-------------------------|
| 0.180 | — | — | 0.05 | — | — | — | 0.34 | 4884 | — |
| 185 | — | — | 0.07 | — | — | — | 0.48 | 4899 | — |
| 190 | — | — | 0.11 | — | — | — | 0.75 | 4952 | — |
| 195 | — | — | 0.15 | — | — | — | 1.02 | 4968 | — |
| 200 | — | — | 0.19 | — | — | — | 1.29 | 4965 | — |
| 205 | — | — | 0.23 | — | — | — | 1.56 | — | — |
| 210 | — | — | 0.38 | — | — | — | 2.58 | 5056 | — |
| 215 | — | — | 0.63 | — | — | — | 4.28 | — | — |
| 220 | 2.475 | — | 0.80 | — | 1.98 | — | 5.44 | 5201 | — |
| 225 | 2.406 | — | 0.91 | — | 2.49 | — | 6.19 | — | — |
| 230 | 2.337 | — | 0.94 | — | 2.20 | — | 6.39 | 5132 | — |
| 235 | 2.271 | — | 0.83 | — | 1.88 | — | 5.64 | — | — |
| 240 | 2.206 | — | 0.88 | — | 1.94 | — | 5.98 | 4978 | — |
| 245 | 2.137 | — | 1.02 | — | 2.18 | — | 6.94 | — | — |
| 250 | 2.069 | — | 0.99 | — | 2.05 | — | 6.73 | 4910 | — |
| 255 | 2.000 | — | 1.53 | — | 3.06 | — | 10.40 | — | — |
| 260 | 1.934 | — | 2.01 | — | 3.89 | — | 13.67 | 5116 | — |
| 265 | 1.866 | — | 3.17 | — | 5.92 | — | 21.56 | — | — |
| 270 | 1.800 | — | 3.72 | — | 6.70 | — | 25.30 | 5322 | — |
| 275 | 1.728 | — | 3.52 | — | 6.08 | — | 23.90 | — | — |
| 280 | 1.680 | — | 3.58 | — | 6.01 | — | 24.3 | 5207 | — |
| 285 | 1.638 | — | 4.98 | — | 8.16 | — | 33.9 | — | — |
| 290 | 1.600 | — | 7.52 | — | 12.0 | — | 51.1 | 5542 | — |
| 295 | 1.573 | — | 8.55 | — | 13.4 | — | 58.1 | — | — |
| 300 | 1.549 | — | 8.60 | — | 13.3 | — | 58.5 | 5546 | — |
| 305 | 1.525 | 1.992 | 9.10 | 24.6 | 13.0 | 16.9 | 61.9 | — | — |
| 310 | 1.506 | 1.931 | 9.75 | 25.0 | 13.8 | 17.7 | 66.3 | 5552 | 6256 |
| 315 | 1.485 | 1.931 | 10.6 | 26.6 | 14.8 | 19.2 | 72.1 | — | — |
| 320 | 1.468 | 1.866 | 11.3 | 27.1 | 15.6 | 19.5 | 76.8 | 5584 | 6264 |
| 325 | 1.449 | 1.626 | 12.8 | 27.3 | 17.6 | 19.8 | 87.0 | — | — |
| 330 | 1.434 | 1.460 | 14.1 | 28.1 | 19.7 | 20.1 | 95.9 | 5579 | 6239 |
| 335 | 1.420 | 1.534 | 13.8 | 27.7 | 18.8 | 20.4 | 93.8 | — | — |
| 340 | 1.407 | 1.524 | 14.0 | 27.8 | 19.0 | 20.6 | 95.2 | 5616 | 6178 |
| 345 | 1.396 | 1.486 | 14.3 | 27.8 | 19.4 | 20.6 | 97.2 | — | — |
| 350 | 1.385 | 1.471 | 14.3 | 27.2 | 19.2 | 20.3 | 97.2 | 5579 | 6114 |
| 355 | 1.375 | 1.565 | 14.4 | 28.2 | 18.9 | 21.5 | 97.9 | — | — |
| 360 | 1.366 | 1.695 | 14.2 | 29.3 | 18.4 | 22.4 | 96.6 | 5523 | 6137 |
| 3625 | 1.364 | 1.608 | 14.8 | 29.9 | 19.4 | 22.8 | 100.6 | — | — |
| 3675 | 1.367 | 1.479 | 17.0 | 32.2 | 22.5 | 24.4 | 115.6 | — | — |
| 370 | 1.373 | 1.562 | 16.4 | 33.5 | 22.0 | 25.0 | 111.5 | 5590 | 6229 |
| 375 | 1.395 | 1.718 | 16.1 | 35.5 | 21.6 | 26.5 | 109.5 | — | — |
| 380 | 1.406 | 1.923 | 15.7 | 38.4 | 21.0 | 28.2 | 106.8 | 5515 | 6339 |
| 385 | 1.406 | 2.066 | 15.5 | 40.8 | 20.8 | 29.6 | 105.4 | — | — |
| 390 | 1.405 | 2.040 | 16.1 | 43.0 | 21.7 | 31.1 | 109.5 | 5498 | 6439 |
| 395 | 1.402 | 2.100 | 17.2 | 44.7 | 22.7 | 32.4 | 117 | — | — |
| 400 | 1.399 | 1.700 | 22.2 | 46.4 | 30.8 | 33.5 | 151 | 5743 | 6507 |
| 405 | 1.394 | 1.335 | 25.3 | 46.9 | 35.2 | 33.7 | 172 | — | — |
| 410 | 1.391 | 1.333 | 26.2 | 48.1 | 36.2 | 34.8 | 178 | 5874 | 6534 |
| 415 | 1.384 | 1.316 | 27.2 | 48.9 | 37.4 | 35.7 | 185 | — | — |
| 420 | 1.376 | 1.333 | 27.5 | 49.7 | 38.6 | 36.4 | 187 | 5901 | 6568 |
| 425 | 1.369 | 1.401 | 26.5 | 50.2 | 36.0 | 37.0 | 180 | — | — |
| 430 | 1.362 | 1.460 | 25.9 | 50.5 | 35.0 | 37.4 | 176 | 5819 | 6584 |
| 435 | 1.356 | 1.395 | 27.4 | 50.4 | 36.6 | 37.7 | 186 | — | — |
| 440 | 1.349 | 1.266 | 29.7 | 50.2 | 39.9 | 37.4 | 202 | 5948 | 6570 |
| 445 | 1.342 | 1.206 | 31.1 | 49.9 | 41.6 | 37.4 | 211 | — | — |
| 450 | 1.335 | 1.149 | 32.4 | 49.6 | 43.2 | 37.2 | 220 | 6034 | 6558 |
| 455 | 1.329 | 1.121 | 32.6 | 48.9 | 43.4 | 36.7 | 222 | — | — |
| 460 | 1.323 | 1.106 | 32.7 | 48.2 | 43.4 | 36.3 | 222 | 6036 | 6522 |
| 465 | 1.317 | 1.094 | 32.6 | 47.5 | 43.2 | 35.9 | 222 | — | — |

Т А Б Л И Ц А 6 (продолжение)

| λ (мк) | β (λ) | ζ (λ) | Внут. диск (λ) | Внут. центр (λ) | Внут. центр (λ) | Внут. диск (λ) | E (λ) | Тнут диск | Тнут центр |
|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|------------|
| 0.470 | 1.313 | 1.103 | 32.3 | 47.0 | 42.5 | 35.7 | 220 | 6017 | 6488 |
| 475 | 1.308 | 1.095 | 32.4 | 46.8 | 42.6 | 35.6 | 220 | — | — |
| 480 | 1.303 | 1.088 | 32.6 | 46.6 | 42.6 | 35.6 | 222 | 6031 | 6495 |
| 485 | 1.299 | 1.127 | 31.4 | 46.2 | 40.9 | 35.5 | 214 | — | — |
| 490 | 1.295 | 1.151 | 31.0 | 45.9 | 40.0 | 35.6 | 211 | 5968 | 6479 |
| 495 | 1.290 | 1.109 | 31.7 | 45.7 | 41.0 | 35.3 | 216 | — | — |
| 500 | 1.286 | 1.112 | 31.5 | 45.5 | 40.7 | 35.2 | 221 | 5990 | 6481 |
| 510 | 1.279 | 1.096 | 31.6 | 44.5 | 40.5 | 34.7 | 215 | — | — |
| 520 | 1.271 | 1.148 | 29.8 | 43.5 | 37.9 | 34.2 | 203 | 5933 | 6448 |
| 530 | 1.264 | 1.097 | 30.3 | 42.3 | 38.4 | 33.4 | 206 | — | — |
| 540 | 1.257 | 1.076 | 30.2 | 41.0 | 38.6 | 33.0 | 205 | 5968 | 6399 |
| 550 | 1.250 | 1.056 | 29.9 | 39.5 | 37.9 | 32.0 | 203 | — | — |
| 560 | 1.244 | 1.055 | 29.0 | 38.0 | 36.6 | 31.0 | 197 | 5939 | 6330 |
| 570 | 1.239 | 1.044 | 28.6 | 36.9 | 35.8 | 30.2 | 194 | — | — |
| 580 | 1.234 | 1.024 | 28.4 | 35.8 | 35.4 | 29.4 | 193 | 5946 | 6290 |
| 590 | 1.230 | 1.033 | 27.7 | 35.0 | 34.4 | 28.8 | 188 | — | — |
| 600 | 1.227 | 1.010 | 27.6 | 34.2 | 34.2 | 28.2 | 188 | 5944 | 6270 |
| 610 | 1.223 | 1.030 | 26.6 | 33.3 | 32.8 | 27.6 | 181 | — | — |
| 620 | 1.220 | 1.028 | 26.0 | 32.7 | 32.2 | 27.0 | 177 | 5902 | 6257 |
| 630 | 1.216 | 1.026 | 25.5 | 31.8 | 31.4 | 26.5 | 173 | — | — |
| 640 | 1.212 | 1.022 | 25.1 | 31.2 | 30.8 | 26.0 | 171 | 5898 | 6244 |
| 650 | 1.207 | 1.021 | 24.8 | 30.5 | 29.9 | 25.3 | 169 | — | — |
| 660 | 1.204 | 1.057 | 23.7 | 29.9 | 28.4 | 25.0 | 161 | 5867 | 6245 |
| 670 | 1.199 | 1.013 | 23.9 | 29.1 | 28.7 | 24.2 | 163 | — | — |
| 680 | 1.194 | 1.012 | 23.5 | 28.6 | 28.2 | 23.9 | 160 | 5909 | 6339 |
| 690 | 1.190 | 1.017 | 23.1 | 28.2 | 27.6 | 23.6 | 157 | — | — |
| 700 | 1.186 | 1.020 | 22.7 | 27.8 | 27.0 | 23.3 | 154 | 5914 | 6271 |
| 720 | 1.178 | 1.023 | 21.5 | 26.3 | 25.5 | 22.2 | 146 | 5898 | 6254 |
| 740 | 1.172 | 1.027 | 20.3 | 24.8 | 24.0 | 21.0 | 138 | 5872 | 6236 |
| 760 | 1.167 | 1.014 | 19.3 | 23.2 | 22.7 | 19.8 | 131 | 5859 | 6189 |
| 780 | 1.163 | 1.011 | 18.3 | 21.9 | 21.5 | 18.6 | 124 | 5842 | 6178 |
| 800 | 1.159 | 1.012 | 17.5 | 20.9 | 20.4 | 17.8 | 119 | 5835 | 6174 |
| 850 | 1.150 | 1.031 | 15.4 | 18.3 | 17.7 | 15.9 | 105 | 5812 | 6162 |
| 900 | 1.143 | 1.041 | 13.5 | 15.9 | 15.6 | 14.0 | 91.7 | 5818 | 6108 |
| 0.950 | 1.138 | 1.015 | 12.1 | 14.1 | 13.8 | 12.4 | 82.3 | 5819 | 6114 |
| 1.000 | 1.132 | 1.030 | 10.8 | 12.6 | 12.2 | 11.1 | 73.5 | 5828 | 6144 |
| 1.05 | 1.127 | 1.039 | 9.56 | 11.0 | 10.7 | 9.85 | 65.6 | 5804 | 6092 |
| 1.10 | 1.123 | 1.023 | 8.59 | 9.90 | 9.66 | 8.80 | 58.6 | 5812 | 6122 |
| 1.15 | 1.118 | 1.016 | 7.78 | 8.88 | 8.72 | 7.92 | 53.1 | 5834 | 6141 |
| 1.20 | 1.113 | 1.015 | 7.09 | 8.00 | 7.88 | 7.20 | 48.4 | 5881 | 6170 |
| 1.25 | 1.109 | 1.002 | 6.47 | 7.19 | 7.18 | 6.48 | 44.0 | 5902 | 6186 |
| 1.30 | 1.105 | 1.007 | 5.88 | 6.51 | 6.48 | 5.90 | 40.0 | 5937 | 6217 |
| 1.35 | 1.101 | 1.002 | 5.31 | 5.85 | 5.84 | 5.31 | 36.1 | 5949 | 6225 |
| 1.40 | 1.098 | 1.002 | 4.86 | 5.35 | 5.34 | 4.87 | 33.0 | 5990 | 6277 |
| 1.45 | 1.094 | 1.004 | 4.41 | 4.85 | 4.82 | 4.43 | 30.0 | 6004 | 6300 |
| 1.50 | 1.091 | 1.007 | 4.06 | 4.46 | 4.43 | 4.09 | 27.6 | 6066 | 6358 |
| 1.55 | 1.088 | 1.013 | 3.69 | 4.07 | 4.02 | 3.74 | 25.2 | 6090 | 6395 |
| 1.60 | 1.085 | 1.022 | 3.39 | 3.75 | 3.68 | 3.46 | 23.1 | 6144 | 6451 |
| 1.65 | 1.082 | 1.014 | 3.16 | 3.50 | 3.44 | 3.22 | 21.6 | 6234 | 6558 |
| 1.70 | 1.079 | 1.012 | 2.84 | 3.11 | 3.06 | 2.87 | 19.3 | 6160 | 6468 |
| 1.80 | 1.075 | 1.007 | 2.31 | 2.51 | 2.48 | 2.33 | 15.7 | 6072 | 6365 |
| 1.90 | 1.073 | 1.008 | 1.90 | 2.06 | 2.04 | 1.92 | 12.9 | 6002 | 6294 |
| 2.00 | 1.071 | 1.004 | 1.58 | 1.71 | 1.70 | 1.59 | 10.74 | 5951 | 6218 |
| 2.10 | 1.069 | 1.004 | 1.28 | 1.39 | 1.38 | 1.29 | 8.70 | 5768 | 6054 |
| 2.20 | 1.067 | 1.004 | 1.09 | 1.21 | 1.18 | 1.11 | 7.41 | 5748 | 6122 |
| 2.30 | 1.065 | 1.003 | 0.952 | 1.04 | 1.02 | 0.966 | 6.47 | 5801 | 6118 |
| 2.40 | 1.062 | 1.004 | 0.835 | 0.906 | 0.894 | 0.844 | 5.68 | 5842 | 6150 |
| 2.50 | 1.060 | 1.002 | 0.703 | 0.771 | 0.757 | 0.715 | 4.78 | 5730 | 6072 |
| 2.60 | 1.058 | 1.001 | 0.611 | 0.667 | — | — | 4.15 | — | — |
| 3.0 | 1.051 | 1.000 | 0.367 | 0.386 | — | — | 2.50 | 5670 | 5850 |
| 3.5 | 1.044 | 1.000 | 0.218 | 0.228 | — | — | 1.48 | 5766 | 5973 |

ТАБЛИЦА 6 (продолжение)

| λ (мк) | β (λ) | ζ (λ) | $B_{\text{диск}}^{\text{внт}}$ (λ) | $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}$ (λ) | $B_{\text{центр}}^{\text{внт}}$ (λ) | $B_{\text{диск}}^{\text{конт}}$ (λ) | E (λ) | $T_{\text{диск}}^{\text{внт}}$ | $T_{\text{центр}}^{\text{конт}}$ |
|----------------|-----------------------|-----------------------|--|--|---|---|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 4.0 | 1.038 | 1.000 | 0.124 | 0.129 | — | — | 0.843 | 5428 | 5604 |
| 4.5 | 1.033 | 1.000 | 0.0810 | 0.0837 | — | — | 0.550 | 5438 | 5599 |
| 5.0 | 1.029 | 1.000 | 0.0519 | 0.0534 | — | — | 0.352 | 5249 | 5363 |
| 5.5 | 1.026 | 1.000 | 0.0377 | 0.0387 | — | — | 0.256 | 5354 | 5493 |
| 6.0 | 1.024 | 1.000 | 0.0266 | 0.0272 | — | — | 0.180 | 5242 | 5392 |
| 6.5 | 1.023 | 1.000 | 0.0195 | 0.0199 | — | — | 0.133 | 5205 | 5371 |
| 7.0 | 1.022 | 1.000 | 0.0148 | 0.0151 | — | — | 0.101 | 5069 | 5335 |
| 7.5 | 1.022 | 1.000 | 0.0115 | 0.0118 | — | — | $7.82 \cdot 10^{-2}$ | 5261 | 5471 |
| 8.0 | 1.021 | 1.000 | 0.00865 | 0.00884 | — | — | $5.88 \cdot 10^{-2}$ | 5130 | 5234 |
| 8.5 | 1.021 | 1.000 | 0.00682 | 0.00696 | — | — | 4.64 | 5140 | 5255 |
| 9.0 | 1.020 | 1.000 | 0.00544 | 0.00555 | — | — | 3.70 | 5078 | 5198 |
| 9.5 | 1.020 | 1.000 | 0.00449 | 0.00458 | — | — | 3.05 | 5177 | 5177 |
| 10.0 | 1.019 | 1.000 | 0.00369 | 0.00376 | — | — | 2.51 | 5181 | 5181 |
| 10.5 | 1.019 * | 1.000 | 0.00304 | 0.00310 | — | — | 2.07 | 5076 | 5224 |
| 11.0 | 1.018 | 1.000 | 0.00254 | 0.00259 | — | — | 1.73 | 5138 | 5138 |
| 11.5 | 1.018 | 1.000 | 0.00211 | 0.00215 | — | — | 1.43 | 5067 | 5067 |
| 12.0 | 1.017 | 1.000 | 0.00179 | 0.00182 | — | — | 1.22 | 5015 | 5164 |
| 12.5 | 1.017 | 1.000 | 0.00146 | 0.00148 | — | — | 0.99 | 4814 | 4979 |
| 13.0 | 1.017 | 1.000 | 0.00125 | 0.00127 | — | — | $0.850 \cdot 10^{-2}$ | 4788 | 4959 |

Примечания. 1. Хотя освещенность рассчитана на $\Delta\lambda = 1 \text{ \AA}$, табличные значения $E(\lambda)$ являются средними для $\Delta\lambda = 100 \text{ \AA}$. 2. интенсивность выражена в $10^{13} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек.} \cdot \text{стерад} \cdot \text{см}}$, освещенность — в $\frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек.} \cdot \text{А}}$, яркостная температура — в °К.

* Для $\lambda \geq 10.5$ мк значения $\beta(\lambda)$ получены экстраполяцией.

менее $B_{\text{центр}}^{\text{внт}}(\lambda)$ и $B_{\text{диск}}^{\text{конт}}(\lambda)$, вычисленные двумя способами, мало различаются между собой. В области $\lambda > 4000 \text{ \AA}$ различие меньше 1%, в области $\lambda < 4000 \text{ \AA}$ оно составляет в среднем около 9%.

В восьмом столбце табл. 6 приведена величина $E(\lambda)$ — монохроматическая освещенность, создаваемая Солнцем (весь диск) в интегральном спектре вне земной атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца. В девятом и десятом столбцах дана яркостная температура Солнца, определяемая по интегральному спектру всего диска и по непрерывному спектру центра диска.

В табл. 7 приведены данные для далекой инфракрасной, субмиллиметровой и миллиметровой областей спектра Солнца: $B_{\text{диск}}^{\text{внт}}(\lambda)$, $E(\lambda)$ и T .

В табл. 8 приведены средние квадратичные ошибки величин $B_{\text{диск}}^{\text{внт}}(\lambda)$ и $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$. Они вычислены из отклонений от среднего разных рядов измерений, использованных для усреднения. Следует подчеркнуть, что выведенные нами значения $B(\lambda)$, по-видимому, свободны от сколь угодно значительных скрытых систематических ошибок. Дело в том, что систематические ошибки каждого ряда измерений выступают по отношению ко всей совокупности рядов при большом их числе как ошибки случайные и при усреднении в значительной мере исключаются. Табл. 8 отражает, по-видимому, реальную точность величин $B(\lambda)$.

В видимой и инфракрасной областях точность средних величин $B(\lambda)$ весьма высокая: она превосходит формальную точность, обычно получаемую большинством наблюдателей для результатов отдельного ряда измерений. В ультрафиолетовой области точность средних значений ниже, она как раз примерно соответствует формальной точности отдельного ряда.

ТАБЛИЦА 7

Интенсивность излучения, освещенность, создаваемая Солнцем, и яркостная температура Солнца в далекой инфракрасной и миллиметровой областях спектра

| λ | $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ (эрг/см ² ·сек × × стерад. · см) | $E(\lambda)$ (эрг/см ² × × сек · Å) | $T_{\text{диск}}$ (°К) | λ | $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ (эрг/см ² ·сек × × стерад. · см) | $E(\lambda)$ (эрг/см ² × × сек · Å) | $T_{\text{диск}}$ (°К) |
|-----------|---|--|---------------------------|-----------|---|--|---------------------------|
| 15 мк | 728 · 10 ⁷ | 4.95 · 10 ⁻³ | 4920 | 400 мк | 145 · 10 ² | 9.86 · 10 ⁻⁹ | 4500 |
| 20 | 231 · 10 ⁷ | 1.57 · 10 ⁻³ | 4820 | 500 | 61.9 · 10 ² | 4.21 · 10 ⁻⁹ | 4700 |
| 25 | 94.5 · 10 ⁷ | 6.43 · 10 ⁻⁴ | 4740 | 1.0 мм | 3.47 · 10 ² | 2.36 · 10 ⁻¹⁰ | 5000 |
| 30 | 45.4 · 10 ⁷ | 3.09 · 10 ⁻⁴ | 4675 | 1.5 | 86.1 | 5.85 · 10 ⁻¹¹ | 5500 |
| 40 | 14.2 · 10 ⁷ | 9.66 · 10 ⁻⁵ | 4575 | 2.0 | 31.3 | 2.13 · 10 ⁻¹¹ | 6000 |
| 50 | 5.77 · 10 ⁷ | 3.92 · 10 ⁻⁵ | 4500 | 2.5 | 13.4 | 0.91 · 10 ⁻¹¹ | 6300 |
| 100 | 34.8 · 10 ⁴ | 2.36 · 10 ⁻⁶ | 4270 | 3.0 | 6.71 | 0.46 · 10 ⁻¹¹ | 6600 |
| 200 | 21.8 · 10 ⁴ | 1.48 · 10 ⁻⁷ | 4250 | 3.5 | 3.84 | 0.26 · 10 ⁻¹¹ | 7000 |
| 300 | 4.42 · 10 ⁴ | 0.30 · 10 ⁻⁷ | 4350 | 4.0 | 2.33 | 0.16 · 10 ⁻¹¹ | 7200 |

Проинтегрировав функцию $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ по интервалу длин волн от 1800 Å до 4 мм, мы получим так называемую среднюю интенсивность излучения солнечного диска (терминология согласно [49]):

$$F = \int_{1800 \text{ Å}}^{4 \text{ мм}} B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda) \cdot d\lambda = (2085 \pm 52) \cdot 10^7 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{стерад.}$$

Солнечная постоянная оказывается отсюда равной:

$$Q = (1.418 \pm 0.035) \cdot 10^6 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек.} = 0.1418 \pm 0.0035 \text{ Вт/см}^2 = \\ = 2.03 \pm 0.05 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$$

Таким образом, солнечная постоянная, как и средняя интенсивность излучения, известна с точностью 2.5%. Наибольшую неуверенность вносит область спектра с $\lambda < 4000 \text{ Å}$. В остальных длинах волн ошибка в среднем менее 2%. Неучтенное излучение с $\lambda < 1800 \text{ Å}$ даже в максимуме солнечной активности составляет меньше 0.01% (оценка сделана по данным, содержащимся в [6]), а излучение с $\lambda > 4 \text{ мм}$ по нашей оценке не превосходит 10⁻⁵% от солнечной постоянной. При достигнутой точности определения совершенно нет необходимости вводить поправки за неизмеренное излучение в крайних коротковолновой и длинноволновой областях спектра.

ТАБЛИЦА 8

Средние квадратичные ошибки определения интенсивности излучения Солнца (%)

| | Область λ (Å) | | | | | |
|--|-----------------------|-----------|-----------|------------|-------------|---------|
| | < 3400 | 3400—3950 | 4000—6900 | 7000—12000 | 12500—24000 | > 25000 |
| Средняя квадратичная ошибка определения интенсивности интегрального спектра всего солнечного диска | 10 | 6.5 | 1.7 | 1.9 | 3.5 | 1 |
| Средняя квадратичная ошибка определения интенсивности непрерывного спектра центра солнечного диска | 10 | 4.9 | 1.2 | 1.5 | 4.0 | — |

Так называемая метеорологическая солнечная постоянная, т. е. величина Q , определенная в пределах от 3400 до 23 000 Å, равна

$$Q_{3400 \text{ Å}}^{23000 \text{ Å}} = 1.89 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$$

Поправка к метеорологической постоянной за счет коротковолнового конца спектра составляет 3.6% и за счет длинноволнового — 4.2%. У Унзольда [29] соответствующие поправки оцениваются в 3.9 и 4.8% соответственно.

В табл. 9 сведены величины, характеризующие полное излучение Солнца по нашим средним данным и, для сравнения, по данным справочника Аллена [49]. При вычислениях значения астрономической единицы и радиуса Солнца были приняты согласно [49].

ТАБЛИЦА 9
Параметры полного излучения Солнца

| Наименование, обозначение и размерность параметра | Численное значение параметра | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| | по справочнику Аллена | согласно настоящей работе |
| Солнечная постоянная, Q (кал./см ² ·мин.) . . . | 1.97 | 2.03 ± 0.05 |
| Средняя интенсивность излучения, F (эрг/см ² × сек. · стерад.) . . . | $2.02 \cdot 10^{10}$ | $(2.085 \pm 0.052) \cdot 10^{10}$ |
| Поток излучения, πF (эрг/см ² · сек.) . . . | $6.35 \cdot 10^{10}$ | $(6.55 \pm 0.16) \cdot 10^{10}$ |
| Эффективная температура, $T_{\text{эфф}}$. . . | 5785° К | $(5829 \pm 35)^\circ \text{К}$ |
| Светимость Солнца, L (эрг/сек.) . . . | $3.86 \cdot 10^{33}$ | $(3.99 \pm 0.10) \cdot 10^{33}$ |
| Болометрическая звездная величина, видимая, m_{bol} . . . | $-26^{\text{m}}83$ | $-26^{\text{m}}87 \pm 0^{\text{m}}03$ |
| Болометрическая звездная величина, абсолютная, M_{bol} . . . | $4^{\text{m}}74$ | $4^{\text{m}}70 \pm 0^{\text{m}}03$ |
| Доля непрерывного излучения, поглощаемая в линиях (покрывной коэффициент) . . . | 0.094 | 0.108 |

Представляет интерес по выведенным в настоящей работе усредненным данным (табл. 6 и 7) определить долю полного излучения Солнца, поглощаемого во фраунгоферовых линиях, т. е. величину

$$\eta' = \frac{\int_0^{\infty} B^{\text{конт}}(\lambda) \eta'(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} B^{\text{конт}}(\lambda) d\lambda}, \quad (7)$$

где $\eta'(\lambda) = 1 - \eta(\lambda)$. Числитель выражения (7) определялся в интервале от 1800 Å до 2.5 мк, так как при $\lambda > 2.5$ мк коэффициент $\eta(\lambda) \cong 1$ и $\eta'(\lambda) \cong 0$ (см. § 2). В области $\lambda < 3000$ Å ввиду отсутствия данных значение $\eta'(\lambda)$ было принято постоянным и равным 0.41 — средней величине $\eta'(\lambda)$ на участке 3100—3900 Å. Отметим, что другие авторы, определяя η' , брали на участке $\lambda < 3000$ Å тоже постоянные и близкие к нашим значения $\eta'(\lambda)$. Так, Мульдерс [82] и Козак [83] взяли для $\lambda < 3000$ Å значение $\eta'(\lambda) = 0.4$. Ошибка величины η' , вносимая из-за неопределенности $\eta'(\lambda)$ в области $\lambda < 3000$ Å и неопределенности самого понятия непрерыв-

ного спектра в этих длинах волн, не очень велика, так как в числитель формулы (7) область с $\lambda < 3000 \text{ \AA}$ вносит вклад всего лишь около 10%. Вычисления по формуле (7) сделаны отдельно для излучения центра диска и всего диска. Ниже приводятся полученные результаты. Для сравнения указаны несколько значений η' по определениям других авторов.

| Автор | Значение η' (%) |
|---------------------------|---|
| Мульдерс [82] | 8.3 |
| Вемпе [42] | 9.1 |
| Мишар [84] | 12.4 |
| Козак [83] | 15.8 |
| Аллен [49] | 9.4 |
| Макарова и Хари- тонов | { центр диска . . . 10.8 весь диск . . . 9.6 |

В связи с этой сводкой необходимо напомнить, что все использованные нами значения $\eta'(\lambda)$ во всем интервале $3100 \text{ \AA} - 2.5 \text{ мк}$ основаны на фотометрических определениях эквивалентных ширины фраунгоферовых линий, тогда как вышеназванные авторы располагали фотометрическими материалами только для части этого интервала. Наши значения $B^{\text{конт}}(\lambda)$ тоже представляются более надежными (см. ниже). В силу сказанного найденные нами значения η' можно считать достаточно уверенными. Но они относятся к уровню непрерывного спектра, проведенного по пикам интенсивностей (см. § 2), без теоретических исправлений; при $\lambda < 4300 \text{ \AA}$ он идет, вероятно, несколько ниже, чем «истинный» непрерывный спектр.

§ 6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Наиболее современные известные нам обзор исследований и средние данные о распределении энергии в интегральном спектре всего диска Солнца приведены в сборнике NASA [85] и охватывают область от 2200 \AA до 7 мк . Этот обзор [85] включает только исследования, сделанные в США, начиная с работ Аббота и его сотрудников (распределение Муна [24]) и кончая работами Дункельмана и Школьника и Стэра с сотрудниками. В качестве основных данных о распределении энергии в спектре Солнца и солнечной постоянной в [85] приводятся величины, выведенные Джонсоном [16]. Как уже отмечено (§ 1), они вошли также в различные монографии и справочники [19—23]. На рис. 5 сравниваются кривые спектрального распределения, выведенные нами и в работе [16]. В большей части видимой и ближней инфракрасной области наши значения $B_{\text{диск}}^{\text{инт}}(\lambda)$ лежат несколько выше аналогичных величин Джонсона. Это обусловливает и большее значение солнечной постоянной ($2.03 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$) по сравнению с полученным в [16] и рекомендуемым в сборнике NASA ($2.00 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$).

Нам представляется, что результаты Джонсона менее надежны, чем наши, поскольку они основаны на обработке почти в 3 раза меньшего числа рядов наблюдений и охватывают меньшую спектральную область; последнее требует при определении солнечной постоянной внесения больших по величине недостаточно надежных поправок за неохваченные наблюдениями области длин волн.

Следует отметить, что недавно, в 1966 г., во время полета самолета на большой высоте было выполнено измерение солнечной постоянной, а также измерение радиации в отдельных участках спектра, особенно в ультрафиолетовой области. Солнечная постоянная, согласно этим измерениям, равна $1.95 \text{ кал./см}^2 \cdot \text{мин.}$ [86].

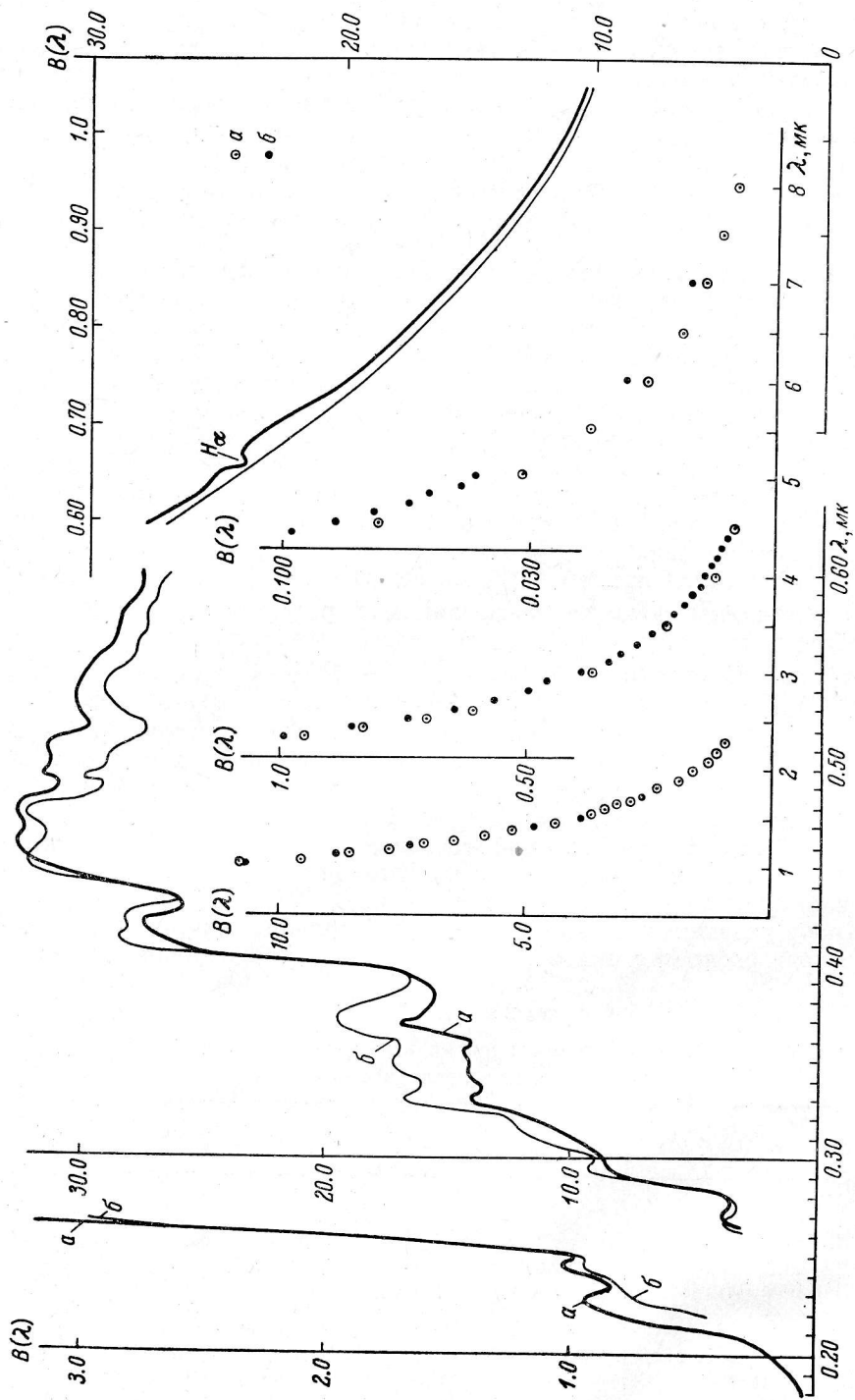


Рис. 5. Сравнение распределения энергии в спектре Солнца (весь диск, интегральный спектр), выведенного в настоящей работе (а) с распределением по Джонсону [16] (б).

2. Средние данные о распределении энергии в непрерывном спектре Солнца в интервале 3400—25 000 Å были опубликованы сравнительно недавно одним из авторов [87] на основе 8 рядов, а другим автором (независимо) на основе 9 рядов наблюдений [88, 89], имевшихся к тому времени. Наше новое распределение, основанное в видимой области спектра на 14 рядах наблюдений, отличается примерно на 0.5% от [89] и на 1% от [87], что указывает на целесообразность самого принципа выведения средних данных, который следует предпочесть какому-либо одному индивидуальному ряду измерений, а также на большую, по сравнению с результатами индивидуального ряда, надежность средних данных. Новое распределение, однако, охватывает гораздо более протяженную область спектра и является более надежным в ультрафиолете.

3. Зависимость интенсивности излучения непрерывного спектра центра Солнца от длины волны характеризует спектральный ход коэффициента поглощения в солнечной атмосфере; при этом наблюдаются некоторые отклонения от того хода, который был бы в случае, если бы коэффициент поглощения определялся только отрицательными ионами водорода. Наблюдаются «волны» у $\lambda\lambda$ 4600—5000 и 6800—7400 Å, которые впервые были отмечены одним из авторов в 1956 г. [90]. Затем, независимо, на них указал Лабс в 1957 г. [56], Лабс и Неккель в 1962 г. [57] и Пейтюро в 1964 г. [58]. Эти «волны» хорошо видны также в данных Вильзинга [68] и Стэра и Джонстона [65] после освобождения их результатов от влияний линий поглощения.

На нашей средней кривой $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ эти «волны» хорошо заметны, но сглажены, главным образом из-за влияния результатов, полученных при небольшой разрешающей способности спектральных аппаратов. Поэтому мы построили в области 4100—8000 Å «детальный ход» величины $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ с длиной волны (аналогично тому, как это делалось в [89]), отобрав работы, выполненные на приборах с достаточным разрешением и, по-видимому, свободные от явных систематических ошибок в форме кривой $B(\lambda)$ в рассматриваемой области. Это шесть работ: [58—61, 65 и 68]. «Детальный ход» представлен на рис. 2 и в табл. 10. Аномалии распределения $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ здесь резко выявляются, а совпадение со средними данными вне «волн» — отличное. Упомянем, что аналогичные аномалии наблюдаются в спектрах звезд F и G [91, 92].

4. Кроме указанных аномалий на средней кривой, заметна также аномалия в ходе распределения в области 1.5 мк, обнаруженная Пирсом и

ТАБЛИЦА 10

Детальный ход распределения энергии в непрерывном спектре центра солнечного диска в области 4100—8000 Å

| λ (Å) | $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ | λ (Å) | $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ | λ (Å) | $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ | λ (Å) | $B_{\text{центр}}^{\text{конт}}(\lambda)$ |
|---------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|
| 4100 | 47.8 | 4650 | 45.8 | 5400 | 41.1 | 6500 | 30.5 |
| 4150 | 48.4 | 4700 | 45.5 | 5500 | 39.4 | 6600 | 29.8 |
| 4200 | 49.2 | 4750 | 45.5 | 5600 | 37.8 | 6700 | 29.0 |
| 4250 | 49.6 | 4800 | 45.5 | 5700 | 36.6 | 6800 | 28.4 |
| 4300 | 49.8 | 4850 | 45.5 | 5800 | 35.6 | 6900 | 28.2 |
| 4350 | 49.5 | 4900 | 45.5 | 5900 | 34.9 | 7000 | 27.8 |
| 4400 | 49.3 | 4950 | 45.6 | 6000 | 34.1 | 7200 | 26.4 |
| 4450 | 48.6 | 5000 | 46.7 | 6100 | 33.4 | 7400 | 24.8 |
| 4500 | 48.5 | 5100 | 45.1 | 6200 | 32.7 | 7600 | 23.0 |
| 4550 | 47.3 | 5200 | 44.2 | 6300 | 31.8 | 7800 | 21.8 |
| 4600 | 46.4 | 5300 | 42.7 | 6400 | 31.2 | 8000 | 20.8 |

Пейтюро [70]. Ход яркостной температуры Солнца (рис. 2, 3), естественно, повторяет все «волны» в ходе распределения энергии.

В связи с существованием «волн» в распределении, по-видимому, не совсем удачен выбор λ 5000 Å для построения моделей солнечной атмосферы. Лучше было бы выбрать участок в области 5400—6000 Å.

5. Максимум распределения энергии уверенно отмечается у λ 4300 Å. Переход от потемнения к уярчению к краю диска приходится на $\lambda\lambda$ 100—300 мк (рис. 4), что несколько не согласуется с теоретически рассчитанной де Ягером точкой перехода вблизи $\lambda=15$ мк.

6. В заключение считаем необходимым обратить внимание на достойные удивления сведения о распределении энергии в спектре Солнца, приведенные в третьем томе пулковского курса астрофизики [93]. Опубликованные данные отражают состояние наших знаний примерно 20-летней давности. Только в ультрафиолетовой и видимой областях совершенно не учтено и не упомянуто около 20 современных исследований как советских, так и зарубежных, несмотря на то что в предисловии книги сказано, что «факты стали основным его содержанием». Что касается распределения энергии в непрерывном спектре центра Солнца, то приведенные данные основаны на результатах Канаваджиа и Шалонжа [35, 94]. На сомнительность последних в советских изданиях было указано еще в 1956 г. [95, 60].

Литература

1. C. G. A b b o t, *Smithsonian Contr. Astrophys.*, 3, 3, 13, 1958.
2. В. Г. Фесенков, *Усп. астр. наук*, 3, 147, 1947.
3. R. W. Fairbridge, *Arid. Zone Res.*, 20, 229, 1963.
4. J. S. Sawyer, *Arid. Zone Res.*, 20, 333, 1963.
5. Kr. Serkowski, *Postepy astron.*, 10, 3, 197, 1962.
6. Н. Н. Малитсон, *Sky and Telescope*, 29, 3, 162, 1965.
7. Ультрафиолетовое излучение Солнца и межпланетная среда. Под ред. Г. М. Никольского. ИЛ, 1962.
8. И. С. Шкловский. *Радиоастрономия*, 2-е издание. Гостехиздат, 1955.
9. Н. Н. Калитин, *Природа*, № 2, 17, 1948.
10. F. Linke, *Handb. Geophys.*, 8, Kap. 6, 1963.
11. Z. B. Aldrich, C. G. A b b o t, *Smithsonian Inst. Misc. Coll.*, 110, 5, 1948.
12. C. G. A b b o t, *Smithsonian Inst. Misc. Coll.*, 110, 11, 1948.
13. E. Schatzman, *Ann. Astrophys.*, 12, 4, 305, 1949.
14. C. W. Allen, *Observatory*, 70, 857, 154, 1950.
15. M. Nicolet, *Arch. Met., Geoph. Bioklim.*, ser. B., Bd. 3, 1951; *Ann. Astrophys.*, 14, 3, 249, 1951.
16. F. S. Johnson, *J. Meteorology*, 11, 6, 431, 1954.
17. М. Миннарт. Фотосфера. В кн.: Солнце. Под ред. Дж. Койпера. ИЛ, 1957, гл. 3.
18. *Radiation measurements Instruction manual*, *Annal de l'Année Intern. Geophys.*, 4, 1956.
19. К. Я. Кондратьев. *Актинометрия*. Гидрометеониздат, 1965.
20. *Справочник по геофизике*. Изд. «Наука», 1965.
21. *Satellite Environment Handbook*. Ed. F. S. Johnson, Stanford Univ. Press., Stanford, California, 1961.
22. *Околоземное космическое пространство*. Справочные данные. Под ред. Ф. С. Джонсона изд. «Мир», 1966, гл. 4.
23. М. Николе. *Аэрономия*. Изд. «Мир», 1964, гл. 8.
24. P. Moon, *J. Franklin Inst.*, 230, 583, 1940.
25. C. G. A b b o t, F. E. Fowle, Z. B. Aldrich, *Ann. Smithsonian Inst.*, 2, 1908; 3, 1913; 4, 1922; 5, 1932.
26. C. G. A b b o t, Z. B. Aldrich, *Smithsonian Misc. coll.*, 92, No. 13; 110, No. 5; 110, No. 11.
27. L. Dunkelmann, R. Scolnik, *J. Opt. Soc. Amer.*, 49, 4, 356, 1959.
28. N. L. Wilson, R. Tousey, J. D. Purcell, F. S. Johnson, C. E. Moore, *Astrophys. J.*, 119, 3, 590, 1954.
29. A. Unsöld. *Physik der Sternatmosphären*. Berlin, 1955.
30. C. B. Cowley, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 76, 452, 352, 1964.

31. R. Peyturaux, *Ann. Astrophys.*, 15, 3, 302, 1952.
32. R. Peyturaux, *Ann. Astrophys.*, 18, 1, 34, 1955.
33. K. H. David u. G. Elste, *Z. Astrophys.*, 54, 1, 12, 1962.
34. A. K. Pierce, R. R. McMath, Z. Goldberg, a. O. C. Mohler, *Astrophys. J.*, 112, 2, 289, 1950.
35. R. Canavaggia et D. Chalonge, *Ann. Astrophys.*, 9, 3—4, 143, 1946.
36. R. M. Bonnet, *L'Astronomie*, 225, Juin, 1966.
37. J. B. Rogerson, *Astrophys. J.*, 130, 3, 985, 1959.
38. Т. В. Крат, *Изв. ГАО в Пулкове* 17, 137, 7, 1948.
39. A. K. Pierce, *Astrophys. J.*, 120, 2, 221, 1954.
40. W. E. Mitchell, *Astrophys. J.*, 129, 1, 93, 1959.
41. Z. Goldberg, A. K. Pierce. *Handb. Phys.*, 52, 15, Berlin, 1959.
42. J. Wempe, *Astronomische Nachr.*, 275, 3, 97, 1947.
43. M. Minnaert, G. F. W. Mulders, J. Hautgast. *Photometric Atlas of the Solar Spectrum*. Amsterdam, 1940.
44. Ch. Moore, M. G. J. Minnaert, J. Hautgast. *Second Revision of Rowland's Preliminary Table of Solar Spectrum Wave Lengths*. Washington, 1966.
45. G. Brückner. *Photometrischer Atlas des Nahen Ultravioletten Sonnenspectrums 2988—3629 Å*. Göttingen, 1960.
46. H. D. Babcock, C. E. Moore. *The Solar Spectrum λ 6600 to λ 13495*. Washington Carnegie Inst. of Wash., Publ. 579.
47. O. C. Mohler. *A Table of Solar Spectrum Wave Lengths 11 984—25 578*. Ann Arbor, 1955.
48. C. de Jager, *Mem. Soc. Roy. Sci., Liege*, 9, 151, 1961.
49. К. У. Аллен. *Астрофизические величины*. ИЛ, 1960.
50. *Теоретическая астрофизика*. Под ред. В. А. Амбарцумяна, Гостехиздат, 1952, стр. 125, 169.
51. C. Fabry, H. Buisson, *C. R. Acad. Sci.*, 175, 1, 156, 1922.
52. H. Plaskett, *Publ. Dom. Astr. Obs.*, 2, 242, 1923.
53. Г. Ф. Ситник, *Сообщения ГАИШ*, № 113, 19, 1961.
54. М. С. Мурашева и Г. Ф. Ситник, *Астр. журн.*, 40, 5, 819, 1963.
55. Г. Ф. Ситник, *Астр. журн.*, 42, 1, 59, 1965.
56. D. Labs, *Z. Astrophys.*, 44, 1, 37, 1957.
57. D. Labs, H. Nekkel, *Z. Astrophys.*, 55, 4, 269, 1962.
58. R. Peyturaux, *C. R. Acad. Sci.*, 258, 4, 1159, 1964.
59. D. Labs, H. Nekkel, *Z. Astrophys.*, 65, 2, 133, 1967.
60. Е. А. Макарова, *Астр. журн.*, 34, 4, 539, 1957.
61. Е. А. Макарова, *Астр. журн.*, 42, 3, 681, 1965; *Тр. ГАИШ*, 34, 36, 1966.
62. J. Hautgast, *Proc. Koninkl. nederl. acad. wet.*, 1368, 5, 306, 1965.
63. R. Stair, *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, 49, 227, 1952.
64. R. Stair, R. G. Johnston, T. C. Bagg, *J. Res. Nat. Bur. Stand*, 54, 2, 113, 1954.
65. R. Stair a. R. G. Johnston, *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, 57, 4, 205, 1956.
66. M. Minnaert, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, 2, 51, 75, 1924.
67. I. Wilsing, *Publ. Astr. Obs. Potsdam*, 22, 66, 1913; 23, 72, 1917.
68. E. A. Milne, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A, 223, 201, 1922.
69. E. Pettit, *Astrophys. J.*, 91, 159, 1940.
70. A. K. Pierce, *Astrophys. J.*, 119, 2, 312, 1954.
71. H. H. Malitson, J. D. Purcell, R. Tousey a. C. E. Moore, *Astrophys. J.*, 132, 3, 746, 1960.
72. C. R. Detwiler, D. L. Garrett, J. D. Purcell a. R. Tousey, *Ann. Géophys.*, 17, 3, 263, 1961.
73. В. П. Качалов, А. В. Яковлева, *Изв. КРАО*, 27, 5, 1962.
74. C. B. Farmer, S. J. Todd, *Appl. Optics*, 3, 4, 453, 1964.
75. F. Murcary, D. G. Murcary, W. J. Williams, *Appl. Optics*, 3, 12, 1373, 1964.
76. F. Saïdu a. R. M. Goody, *Monthly Notices RAS*, 119, 3, 213, 1959.
77. И. Я. Бадинов, С. Д. Андреев, А. В. Поберовский, *Сб. «Проблемы физики атмосферы»*, 3, 189, изд. ЛГУ. 1965.
78. К. Я. Кондратьев, И. Я. Бадинов, С. В. Ащеулов, С. Д. Андреев, *Физика атмосферы и океана*, 1, 4, 363, 1965.
79. I. R. Veer, *Nature*, 209, 5029, 1226, march 19, 1966.
80. J. A. Bastin, A. E. Gear, G. O. Jones, H. J. T. Smith, P. J. Wright, *Proc. Roy. Soc.*, A 278, 1375, 543, 1964.
81. M. Simon, *Astrophys. J.*, 141, 4, 1513, 1965.
82. G. F. W. Mulders, *Z. Astrophys.*, 11, 2, 132, 1935.
83. П. П. Козак, *Солнечные данные 1962 г.*, № 11, 54, 1963; *Солнечные данные 1964 г.*, № 8, 56, 1964.
84. R. Michard, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, 11, 416, 227, 1950.
85. M. P. Thekaekara, *NASA Sp.*, 74, Washington, 1965.

86. К. Я. Кондратьев, Ю. М. Тимофеев, Физика атмосферы и океана, 3, 3, 348, 1967.
87. А. В. Харитонов, Изв. Астрофиз. ин-та АН КазССР, 15, 52, 1962; Диссертация, МГУ, ГАИШ, 1963.
88. Е. А. Макарова, Observatory, 83, 935, 183, 1963.
89. Е. А. Макарова, Астр. журн., 41, 2, 288, 1964.
90. Е. А. Макарова, Диссертация, МГУ, 1956.
91. З. В. Карягина, А. В. Харитонов. Изв. АН КазССР, сер. физ.-мат., вып. 3, 1964 (Астрофизика, т. 17).
92. F. D. Talberg a. F. N. Edmonds, Astrophys. J., 146, 1, 177, 1966.
93. Курс астрофизики и звездной астрономии, т. III. Под ред. А. А. Михайлова, изд. «Наука», 1964.
94. R. Sana vaggia, D. Chalonge, Ann. Astrophys., 13, 4, 355, 1950.
95. Е. А. Макарова. Астр. циркуляр, № 175, 10, 1956.

Октябрь 1967 г.