

УДК 523.9—14:520.351

Рассеянный свет в спектрографе и его влияние на измеряемое потемнение к краю солнечного диска

Э. А. Гуртовенко, С. Н. Осипов

Предлагается методика коррекций наблюдаемого потемнения к краю солнечного диска за влияние рассеянного света в спектрографе. Измерения величины рассеянного света $\kappa_\lambda(0)$ в первом порядке спектрографа, выполненные тремя различными способами, показали хорошее согласие результатов. На основании найденных для спектрографов телескопов АЦУ-5 (Киев) и СЭФ-1 (Терскол) коэффициентов потемнения к краю в рассеянном свете $J_\lambda^c(\theta)$ и величин $\kappa_\lambda(0)$ показано, что при хорошо подобранных светофильтрах величина необходимых коррекций для большей части спектра незначительна.

THE SCATTERED LIGHT IN A SPECTROGRAPH AND ITS EFFECT ON THE MEASURED DARKENING TO THE SOLAR LIMB, by Gurtovenko E. A., Osipov S. N. — The procedure of corrections of observed solar limb darkening for the influence of spectrograph scattered light is presented. The measurements of scattered light in the first order of diffraction carried out by three different methods agree well. With filters chosen the corrections are shown to be insignificant for a most region of the spectrum.

Метод определения рассеянного света. В работе рассматривается методика измерения и учета рассеянного света в спектрографе при фотоэлектрических наблюдениях потемнения центр — край на диске Солнца. Такие коррекции измеренного потемнения к краю необходимы при использовании спектрографов, не имеющих устройства для предварительной монохроматизации света (предисперсера). Для этих приборов рассеянный свет составляет значительную величину, и его спектральный состав существенно отличается от спектрального состава неискаженного рассеянным светом сигнала.

Обозначим $I_\lambda(\theta)$ «истинную» (неискаженную рассеянным в спектрографе светом) яркость диска Солнца, наблюдаемую под углом θ к нормали солнечной поверхности, $I_\lambda^c(\theta)$ — соответствующую величину, полученную по данным измерений фотоэлектрического фотометра (сигнал, включающий рассеянный свет), $I_\lambda^p(\theta)$ — сигнал обусловленный рассеянным светом. В этом случае нетрудно составить следующее выражение для «истинного» коэффициента потемнения к краю диска $J_\lambda(\theta)$:

$$I_\lambda(\theta)/I_\lambda(0) = J_\lambda(\theta) = [J_\lambda^c(\theta) - J_\lambda^p(\theta)\kappa_\lambda(0)]/[1 - \kappa_\lambda(0)], \quad (1)$$

где $J_\lambda^c(\theta) = I_\lambda^c(\theta)/I_\lambda^c(0)$ — измеренный коэффициент потемнения к краю диска Солнца, $J_\lambda^p(\theta) = I_\lambda^p(\theta)/I_\lambda^p(0)$ — измеренный коэффициент потемнения в рассеянном свете при переходе центр—край, $\kappa_\lambda(0) = I_\lambda^p(0)/I_\lambda^c(0)$ — относительная величина рассеянного света при наблюдениях в центре диска.

Отметим следующие важные обстоятельства. Во-первых, величина рассеянного света пропорциональна величине вошедшего в спектрограф света. Их соотношение остается постоянным при постоянной ширине входной щели. При изменении ширины входной щели пространственная дифракционная картина светового пучка в спектрографе меняется, что может изменить соотношение между рассеянным и вошедшим светом.

Во-вторых, рассеянный свет $I_\lambda^p(\theta)$ состоит из двух компонент: 1) диффузной (белой) составляющей, возникающей вследствие рассеяния вошедшего в спектрограф белого света на оптических и механиче-

ских деталях спектрографа и 2) спектральной составляющей, обусловленной рассеянием квазимонохроматического света на решетке и камерном зеркале спектрографа.

Мы не принимаем во внимание спектральный рассеянный свет, обусловленный инструментальным контуром и роуландовскими духами. Он вызывает частичное перераспределение энергии излучения, преимущественно в близких смежных спектральных участках, а при наблюдениях

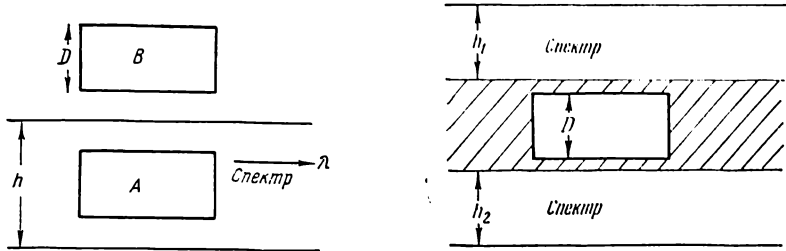


Рис. 1. Схема расположения диафрагмы фотокатода D при измерениях величины сигнала (A) и рассеянного света (B) методом I

Рис. 2. Схема расположения диафрагмы фотокатода при определении $\kappa_\lambda(0)$ методом III

в достаточно широких спектральных диапазонах не оказывает заметного влияния на результаты измерения потемнения центр — край.

Доля диффузной составляющей в сигнале рассеянного света может сильно возрастать, если измерения выполняются в области спектра, к которой приемник (фотокатод) имеет пониженную чувствительность. В этом случае $\kappa_\lambda(0)$ может существенно увеличиваться за счет составляющей, приходящей из области высокой чувствительности приемника.

Результаты измерений. Формула (1), на наш взгляд, удобна для редукации наблюдаемого потемнения центр — край к «истинному», поскольку в ней сведено к минимуму число трудно определяемых величин: коэффициент $I_\lambda^p(\theta)$ находится легко путем непосредственных измерений сигнала $I_\lambda^r(\theta)$, а для определения $\kappa_\lambda(0)$ мы применили специальную методику, которая излагается ниже.

Метод I. Предположим, что рассеянный свет $I_\lambda^p(\theta)$ в фокальной плоскости спектрографа (рис. 1) в непосредственной близости от спектра такой же, как и на самом спектре. В этом случае параметр $\kappa_\lambda(0)$ измеряется непосредственно путем снятия отсчетов электрофотометра при положении фотоумножителя с диафрагмой в позициях A и B и ослаблении света в положении A нейтральным фильтром. Измерения таким способом были выполнены нами на спектрографах телескопов АЦУ-5 и СЭФ-1 ГАО АН УССР для разных длин волн в первом порядке дифракции при высоте диафрагмы $D=1.0$ мм (0.5 мм для СЭФ-1), высоте спектра $h \approx 1.5$ мм (0.7 мм) и расстоянии диафрагмы от спектра в положении B , равном ~ 1 мм (0.5 мм). Длина диафрагмы соответствовала 5 нм — монохроматическому интервалу $\Delta\lambda$, с которым выполнялись измерения. В качестве приемников излучения использовались ЕМ1—6094В (ФЭУ-79). При измерениях рассеянного света применялись те же фильтры, с которыми выполнялись наблюдения потемнения центр — край (ОС-17 в области $\lambda > 600$ нм для АЦУ-5 и УФС-1 для СЭФ-1).

Мы предполагали, что рассеянный свет за краем спектра такой же, как и на самом измеряемом спектре. По-видимому, это не так, что подтверждают фотографические измерения рассеянного света в спектре на малом солнечном спектрографе ГАО АН УССР [1]. В связи с этим измерения рассеянного света в спектре получены и другими методами.

Метод II. Предположим, что высоту входной щели мы увеличили в k раз. В этом случае рассеянный свет (диффузный и спектральный)

также увеличится в k раз. Однако «истинный» сигнал $I_\lambda(0)$, определяемый размерами выходной диафрагмы, не изменится. Для измеренного сигнала в положении A (рис. 1) имеем следующие соотношения соответственно при высоте щели h и kh :

$$I_\lambda^c(0) = I_\lambda(0) + I_\lambda^p(0) = F, \quad (2)$$

$$I_\lambda^{c'}(0) = I_\lambda(0) + kI_\lambda^p(0) = F + \Delta F, \quad (3)$$

Вычитая (2) из (3), получим

$$\Delta F = (k - 1) I_\lambda^p(0) = (k - 1) \kappa_\lambda(0) F. \quad (4)$$

Таким образом, значения $\kappa_\lambda(0)$ находятся косвенным путем по измерениям сигнала в спектре при рабочей высоте щели h и щели с высотой kh .

Метод III. Входная щель по центру экранируется темной диафрагмой с высотой около $D+1$ мм, где D — высота выходной диафрагмы фотометра (рис. 2). Высота щели увеличивается до таких размеров, чтобы сумма открытых участков щели h_1 и h_2 была равна высоте рабочей щели h при измерениях, то есть полная высота щели примерно $h+D+1$ мм. В этом случае количество вошедшего в спектрограф света должно оставаться неизменным. Высота темной диафрагмы берется заведомо больше высоты диафрагмы D для того, чтобы избежать влияния дифракционной картины.

Результаты измерений коэффициента $\kappa_\lambda(0)$ тремя методами приведены на рис. 3. Кривые потемнения центр — край в рассеянном свете $J_{\lambda^p}(\theta)$ приводятся на рис. 4, а итоговые коррекции наблюдаемого потемнения к краю диска за влияние рассеянного света для избранных участков спектра показаны на рис. 5.

Дискуссия результатов. Как и следовало ожидать, распределение величины рассеянного света с длиной волны имеет сложный характер.

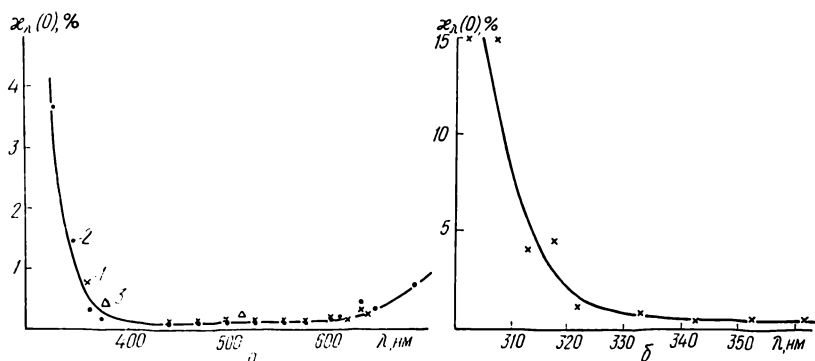


Рис. 3, а) Рассеянный свет в спектрографе телескопа АЦУ-5 (Киев): 1 — метод I, 2 — метод II, 3 — метод III. Из-за технической сложности измерений методом III, результаты получены только для двух λ ; б) рассеянный свет в спектрографе телескопа СЭФ-1 (Терскон). Метод I

Здесь, несомненно, играет роль как характер рассеяния света в спектрографе, так и кривая чувствительности приемника (фотокатод плюс фильтры). В значительной степени на относительную долю рассеянного света может влиять также изменение спектрального состава излучения Солнца при переходе центр — край. Все эти эффекты хорошо проявляются в результирующих кривых на рис. 3 и 4. В частности, возрастание $\kappa_\lambda(0)$ в УФ- и в далекой красной областях спектра (рис. 3) объясняется понижением чувствительности фотокатода к участку спектра, в котором ведутся измерения, при одновременном попадании на фотокатод диффузной составляющей рассеянного света из областей спектра, к которым

фотокатод намного чувствительнее. Следует отметить, что величины $\kappa_{\lambda}(0)$, определяемые тремя разными методами (рис. 3), хорошо совпадают. Средняя их величина использовалась при выводе коррекций, представленных на рис. 5.

Второе заключение состоит в том, что коррекция к наблюдаемым коэффициентам потемнения центр — край, определяемая величинами

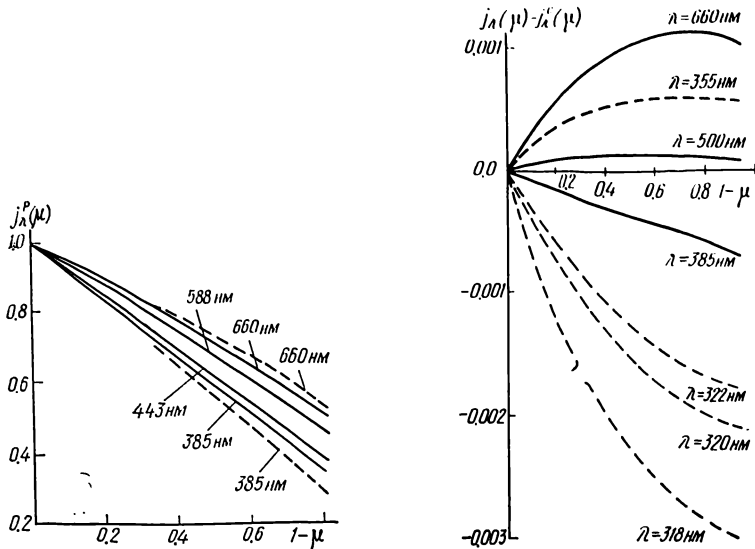


Рис. 4. Кривые потемнения к краю диска в рассеянном свете $J_{\lambda}^p(\mu)$ ($\mu = \cos \theta$). Данные по наблюдениям на АЦУ-5 (штриховыми линиями обозначены истинные кривые потемнения к краю диска Солнца)

Рис. 5. Примеры коррекций наблюдаемого потемнения к краю солнечного диска за влияние рассеянного света в спектрографе (сплошные линии — по данным наблюдений в Киеве, штриховые — на пике Терскол)

$J_{\lambda}^p(\theta)$ и $\kappa_{\lambda}(0)$, может быть как положительной, так и отрицательной — в зависимости от соотношения между $J_{\lambda}^p(\theta)$ и $J_{\lambda}^c(\theta)$. Важным в данном случае является то, что величина этой коррекции для большей части области спектра является незначительной и ее можно не учитывать в видимой области спектра.

1. Гуртовенко Э. А., Дидыченко Е. И. Солнечный дифракционный спектрограф ГАО АН УССР // Изв. Глав. astron. обсерватории АН УССР.—1961.—3, № 2.— С. 138—150.

Глав. astron. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 06.09.85,
после доработки 18.12.85