

Подобное явление в спектрах R CrB и RY Sgr позволило локализовать зону образования широких эмиссий в линиях He I $\lambda 388.9$ нм, H и K Ca II, D Na I в области между атмосферой звезды и пылевой оболочкой. Источники узких эмиссий, имеющих только синее смещение, находятся в верхних слоях или перед пылевой оболочкой.

Полный текст статьи представлен в "Кинематику и физику небесных тел".

Литература.

Гезари и др., 1984—Gezari D.Y., Schmitz M., Mead J.H., NASA Reference Publ., No. 1118.

Стрэттон, 1945—Stratton F.J.M., MN 105, 275.

Гласная астрономическая обсерватория АН УССР.

О влиянии изменения размеров пылинок на особенности поведения блеска, цвета и поляризации излучения звезд с пылевыми оболочками.

Ю.С. Ефимов.

On the influence of dust grains dimensions on the peculiarities of behaviour of the light, colour and polarization of dust shell stars radiation, by Yu.S. Efimov.

Существование газо-пылевых оболочек известно у многих типов звезд. Классическим примером звезд, у которых время от времени происходит образование пылевых оболочек, являются звезды типа R Северной Короны. Образование пылевой оболочки было обнаружено у объекта Кувано-Хонда (PU Vul), вызвавшей ослабление блеска этого объекта на 8^m в 1980—1981 годах. Пылевые оболочки образуются также после вспышек новых звезд. Процесс формирования пылевой оболочки приводит к заметным изменениям оптических характеристик излучения, выражающихся в специфических изменениях цвета и параметров поляризации в ходе падения блеска, появлением избыточного инфракрасного излучения. Основными особенностями являются: 1) падение блеска звезды на несколько звездных величин; 2) различная глубина и продолжительность минимумов, асимметричная форма минимумов с крутым входом и пологим выходом; 3) сдвиг моментов минимумов в разных участках спектра по времени: минимумы в длинноволновой области наступают позже минимумов в коротковолновой области, как это наблюдалось во время глубокого минимума блеска PU Vul в 1980 г.; 4) покраснение звезды на спаде и подъеме блеска и "всплеск" поглубления вблизи фазы минимального блеска, как это наблюдалось в нескольких минимумах блеска R Северной Короны и в минимуме блеска PU Vul в 1980 г.; 5) быстрые колебания цвета на "дне" минимумов, 6) нелинейный рост степени поляризации с совпадением момента пика поляризации с моментом наибольшей глубины минимума и "всплеском" поглубления, 7) большие величины собственной поляризации в минимумах блеска, достигающие 5—14%, 8) изменение формы спектральной зависимости степени поляризации в ходе минимумов, с переходом от "вогнутой", с ростом степени поляризации в ультрафиолет, до "выпуклой", с мак-

симумом поляризации в оптической области; 9) увеличение длины волны максимума степени поляризации по мере падения блеска; 10) различная величина пика поляризации при сходной амплитуде падения блеска, как у R CrB. Объяснение всех этих особенностей в рамках одной модели обычно вызывает затруднения. Причина этого заключается, видимо, в том, что не учитывается изменение размеров пылинок при образовании пылевых оболочек.

Из теории пылеобразования в околозвездных оболочках известно, что размеры пылинок растут от тысячных долей микрона в начале до субмикронных размеров в конце фазы пылеобразования. При этом оптические характеристики пыли, зависящие от состава частиц, их формы и размеров (коэффициенты экстинкции Q_{λ}^* , рассеяния Q_{λ}^s и др.), также меняются. Естественно, что эти изменения влияют на изменения фотометрических характеристик наблюдаемого излучения. Для наглядности рассмотрим простейший случай оптически тонкой по поглощению пылью среды. В этом случае ослабление блеска звезды описывается простой формулой $\Delta m_{\lambda} = \tau_{\lambda} = 1.086 \pi a^2 Q_{\lambda}^* n l$, где a — характерный радиус частиц, Q_{λ}^* — фактор экстинкции, n — плотность среды, l — геометрическая толщина среды по лучу зрения. В этой формуле единственный параметр, зависящий от длины волны, это фактор экстинкции. Так как для данного сорта частиц фактор экстинкции зависит от отношения радиуса частицы к длине волны, то понятно, что одно и то же значение фактора экстинкции, в частности, его экстремальное значение, в разных участках спектра будет достигаться при разных размерах частиц. Если считать, что частицы растут линейно со временем, то отсюда следует, что чем больше длина волны, тем позже будет достигаться соответствующий максимум фактора экстинкции, то есть длинноволновые минимумы должны наступать позже коротковолновых. Именно такое явление было обнаружено Колотовым при наблюдениях RU Vul во время ее глубокого минимума блеска 1980 г. Из оптики малых частиц известно, что форма кривой Q_{λ}^* может быть довольно сложной, на ней может быть несколько экстремумов убывающей амплитуды, расстояние между которыми увеличивается по мере роста частиц. В разных длинах волн кривые Q_{λ}^* сходны по форме, но отличаются друг от друга только "сжатием" или "растяжением" вдоль оси размеров, так что в каждый момент времени одному и тому же размеру частиц в разных длинах волн соответствуют разные значения факторов экстинкции. Это значит, что поведение показателя цвета, определяемого как разность звездных величин в двух участках спектра, будет, например, для показателя цвета B-V определяться поведением разности факторов экстинкции согласно формуле $\Delta(B-V) = \tau_B - \tau_V = 1.086 \cdot \pi a^2 n l (Q_B^* - Q_V^*)$. Эта разность с ростом размеров частиц не только меняется по величине, но и один или несколько раз меняет свой знак, в зависимости от типа частиц. Для силикатоподобных, слабопоглощающих частиц смены знака разности факторов экстинкции $Q_B^* - Q_V^*$ происходят значительно чаще, чем для сильнопоглощающих сред типа графита. Это дает возможность уже только по частоте смен знака показателя цвета грубо определить тип поглощающих частиц.

В формулу оптической толщи, кроме параметров пыли, входят и параметры, характеризующие оболочку. Для того, чтобы исключить или ослабить влияние факторов, зависящих от строения оболочки, рассмотрим отношение $\tau_V / (\tau_B - \tau_V) = Q_V^* / (Q_B^* - Q_V^*)$. Видно, что это отношение, характеризующее отношение ослабления блеска к происходящему при этом изменению цвета, является функцией только свойств пыли (без учета излучения, рассеянного газо-пылевой оболочкой). Соответствующая диаграмма $Q_V^*, Q_B^* - Q_V^*$ является аналогом диаграммы цвет-величина $\Delta V, \Delta(B - V)$. Характерными особенностями таких диаграмм являются почти прямолинейный участок роста разности $Q_B^* - Q_V^*$ с ростом Q_V^* до некоторого значения, после чего начинается область перегиба, и разность $Q_B^* - Q_V^*$ быстро переходит в область отрицательных значений при минимальных изменениях Q_V^* вблизи его максимального значения, что эквивалентно "всплеску" поглубения, наблюдаемому у эруптивных звезд с пылевыми оболочками вблизи фазы минимального блеска. В той же области размеров частиц (для силикатов это размеры $\sim 0.2-0.5$ мкм, для графита — немного более 0.1 мкм) начинается область быстрых колебаний знака разности $Q_B^* - Q_V^*$, что эквивалентно быстрым колебаниям цвета, как это наблюдалось в минимуме PU Vul 1980 года. При дальнейшем росте размеров, как и следует ожидать, поглощение пылью становится все менее селективным, и цвет звезды возвращается к нормальному. Однако при росте размеров частиц растет также и сила лучевого давления на них, что ведет к разгону частиц до скоростей, при которых в результате взаимных столкновений частиц происходит их разрушение с образованием большого числа мелких частиц. Вероятно, этим можно объяснить покраснение, наблюдающееся при выходе звезды из минимума. Выметание частиц и диссипация оболочки ведет к возврату оптических характеристик излучения к исходным или близким к ним. Именно такие особенности поведения блеска и цвета наблюдались в ходе минимумов блеска звезд типа R Северной Короны и у PU Vul во время ее глубокого минимума блеска 1980 г. Сопоставление структурных особенностей таких диаграмм цвет-величина для звезд типа R CrB и PU Vul показывает их большое сходство, и сравнение соответствующих участков диаграмм позволяет грубо оценить характерный размер пылинок на разных участках минимума. Поэтому такие диаграммы могут использоваться для диагностических целей. Расчеты Даниела¹ показали, что в оптически толстых средах должны наблюдаться такие же эффекты. Учет рассеяния света в оболочке звезды приводит лишь к ограничению минимумов некоторой величиной, зависящей от вклада рассеянного излучения в суммарное излучение звезды, и к некоторой компенсации покраснения вкладом голубого излучения от оболочки.

На рост размеров пылинок в ходе минимумов блеска указывает также сдвиг максимума степени линейной поляризации излучения в длинноволновую сторону, что обычно связывается с увеличением размера частиц. Если пылинки несимметричны, то тогда включение подходящего механизма их ориентации может вызвать значительную поля-