

ИЗМЕНЕНИЯ БЛЕСКА AG Peg в 1962—67 гг.

Т. С. БЕЛЯКИНА

Поступила 16 июля 1969

Приведены результаты трехцветной фотозлектрической фотометрии AG Peg в 1964—67 гг. Построена сводная фотозлектрическая кривая блеска AG Peg в желтых лучах для периода 1962—67 гг., которая удовлетворительно представляется синусоидой с периодом 800 дней и удвоенной амплитудой 0^m3 .

В 1962—67 гг. блеск AG Peg менялся одновременно во всех наблюдавшихся нами участках спектра; средняя амплитуда колебаний в желтых и синих лучах 0^m3 , в ультрафиолете 0^m5 .

Исходя из двойственности AG Peg [6, 9], изменение ее блеска можно объяснить орбитальным движением холодного компонента M3 III, полусфера которого, обращенная к горячему компоненту WN6, имеет повышенную светимость по сравнению с противоположной полусферой.

Приближенные количественные оценки показали, что природа этого свечения в желтой и синей областях спектра обусловлена нагревом фотосферы гиганта M3 III излучением горячего компонента; в ультрафиолете — ионизацией² внешних слоев атмосферы M3 III излучением звезды WN6 с длиной волны $228 < \lambda < 912 \text{ \AA}$.

Высказано предположение, что периодические колебания блеска AG Peg стали наблюдаемы сравнительно недавно.

Вычисление звездных величин компонентов [показало, что [блеск M3 III : в системе, близкой V, равен 8^m9 , блеск WN6 равен 10^m0 .

AG Peg — переменная типа ZAnd, является также и симбиотической звездой. Переменность ее блеска открыта около 70 лет назад. С тех пор различными авторами опубликовано значительное количество визуальных и фотографических оценок блеска этой звезды. Однако этот фотометрический материал очень разнороден и позволяет лишь в общих чертах описать кривую блеска. С 1820 по 1860 г. AG Peg поярчала на 3^m и оставалась такой приблизительно до 1900 г. Затем она начала ослабевать. Отмечено два относительно быстрых

4—16

изменения блеска: в 1908 и в 1946 годах [1]. В настоящее время блеск ее близок к тому значению, какое было у нее до поярчания в 1820 г.

Многоцветные фотоэлектрические наблюдения были бы очень полезны в данном случае, поскольку они могут дать больше информации. Однако до 1962 г. о подсобных исследованиях AG Peg в публикациях не упоминалось. Поэтому в 1962 г. в Крымской астрофизической обсерватории нами были начаты наблюдения, итоги которых излагаются ниже.

Настоящая статья содержит результаты трехцветных фотоэлектрических наблюдений AG Peg, полученных в 1963—67 гг., краткое сообщение о которых опубликовано в [2].

Наблюдения получены в трех широкополосных фильтрах с помощью 64-см зеркально-линзового телескопа с аппаратурой, описанной в [3, 4]. В качестве звезды сравнения использована BD + 11° 4681 ($V = 8^m 10$, $(B - V) = + 1^m 05$, $(U - V) = + 0^m 97$), постоянство блеска которой контролировалось с помощью звезды BD + 12° 4704 ($V = 8^m 64$, $(B - V) = + 0^m 53$, $(U - V) = + 0^m 19$).

Методика наблюдений подробно изложена в [4], где кроме того опубликованы результаты фотоэлектрической фотометрии AG Peg в 1962—63 гг. Наблюдения этой звезды в 1964—67 гг., редуцированные в единую цветовую инструментальную систему, приведены в табл. 1 настоящей статьи, где в первом столбце указан порядковый номер, во втором — юлианская дата, в третьем — $\Delta m_{ж}$, блеск переменной в желтых лучах по отношению к звезде сравнения, в четвертом и пятом — $\Delta C_{сж}$, $\Delta C_{сф}$, сине-желтый и сине-фиолетовый цвета переменной по отношению к звезде сравнения, в шестом — количество наблюдений, вошедших в осреднение.

Из-за большого количества сильных эмиссионных полос в спектре AG Peg и некоторого несоответствия между инструментальной цветовой системой и системой UBV, наши наблюдения не редуцировались к последней. Однако дифференциальные соотношения между инструментальной цветовой и UBV системами получены [5]:

$$\Delta V = \Delta m_{ж}$$

$$\Delta (B - V) = 1.06 \Delta C_{сж}$$

$$\Delta (U - V) = 1.05 \Delta C_{сф}$$

Средние квадратичные ошибки одного наблюдения, определенные по контрольной звезде, оказались следующими: $\varepsilon_{\Delta m_{ж}} = \pm 0^m 01$, $\varepsilon_{\Delta C_{сж}} = \pm 0^m 01$, $\varepsilon_{\Delta C_{сф}} = \pm 0^m 03$.

Таблица 1

№№	JD	Δm_{jk}	$\Delta C_{сж}$	$\Delta C_{сф}$	n
1	2	3	4	5	6
1	2 438 593	-0 ^m 08	-0 ^m 26	-1 ^m 56	2
2	639	-0.10	-0.24	-1.50	2
3	654	-0.08	-0.27	-1.54	2
4	683	-0.07	-0.24	—	11
5	687	-0.04	-0.26	-1.55	2
6	936	+0.14	-0.27	-1.41	2
7	941	+0.13	-0.28	-1.43	2
8	943	+0.17	-0.24	-1.43	2
9	944	+0.19	-0.26	-1.43	2
10	945	+0.15	-0.26	-1.42	1
11	951	+0.19	-0.29	-1.44	2
12	964	+0.24	-0.28	-1.59	1
13	966	+0.19	-0.29	-1.45	2
14	969	+0.15	-0.29	-1.50	2
15	973	+0.14	-0.27	-1.41	1
16	976	+0.14	-0.28	-1.46	2
17	998	+0.21	-0.36	-1.39	2
18	39 009	+0.15	-0.31	-1.58	1
19	010	+0.16	-0.29	-1.39	3
20	023	+0.16	-0.29	-1.38	2
21	024	+0.19	-0.27	-1.34	4
22	025	+0.14	-0.29	-1.39	2
23	026	+0.16	-0.28	-1.40	2
24	028	+0.19	-0.26	-1.39	3
25	029	+0.21	-0.28	-1.39	3
26	034	+0.22	-0.29	-1.43	3
27	035	+0.20	-0.29	-1.40	3
28	274	+0.30	-0.27	-1.55	2
29	275	+0.01	-0.24	-1.59	1
30	294	-0.02	-0.26	-1.58	3
31	298	-0.02	-0.27	-1.60	2
32	302	-0.02	-0.27	-1.54	2
33	303	-0.04	-0.29	-1.64	2
34	307	-0.02	-0.30	-1.62	2
35	2 439 335	-0.06	-0.28	-1.60	3

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
36	2 439 336	-0 ^m 06	-0 ^m 29	-1 ^m 61	3
37	348	-0.10	-0.25	-1.63	1
38	358	-0.10	-0.27	-1.62	1
39	377	-0.11	-0.27	-1.63	2
40	380	-0.11	-0.28	-1.64	2
41	383	-0.13	-0.26	-1.61	6
42	384	-0.13	-0.27	-1.62	8
43	391	-0.13	-0.26	-1.62	3
44	392	-0.14	-0.28	-1.62	3
45	411	-0.06	-0.28	-1.59	3
46	412	-0.08	-0.29	-1.66	3
47	416	-0.09	-0.31	-1.62	3
48	419	-0.08	-0.30	-1.62	2
49	435	-0.14	-0.30	-1.60	2
50	453	-0.09	-0.28	-1.63	2
51	649	+0.06	-0.26	-1.44	2
52	667	+0.07	-0.28	-1.40	2
53	672	+0.07	-0.29	-1.41	2
54	700	+0.12	-0.25	-1.47	3
55	709	+0.12	-0.26	-1.41	1
56	712	+0.12	-0.29	-1.47	2
57	717	+0.12	-0.25	-1.43	2
58	727	+0.14	-0.28	-1.39	2
59	738	+0.13	-0.28	-1.43	2
60	758	+0.16	-0.26	-1.43	2
61	764	+0.13	-0.28	-1.42	2
62	2 439 788	+0.15	-0.27	-1.44	3

Используя результаты спектральных исследований AG Peg [6] и кривые реакции системы UVV [7], можно оценить порядок величины среднего эффекта ярких полос [8]. В результате получены следующие величины: $\Delta V = -0^m 10$, $\Delta B = -0^m 30$, $\Delta U = -0^m 15$. Эти значения достаточно велики и ими не следует пренебрегать при переводе фотоелектрических наблюдений AG Peg из одной цветовой системы в другую.

Проанализируем изменения блеска исследуемой звезды. На рис. 1 представлены наблюдения AG Peg в 1962—67 гг., приведенные к единой цветовой инструментальной системе 1964—67 гг. Точками изобра-

жены блеск в желтых лучах и цвета переменной по отношению к звезде сравнения, крестиками — то же для контрольной звезды. Близкие по времени наблюдения усреднены. Рассмотрение рис. 1 показывает, что в период с 1962 г. по 1967 г. блеск AG Peg, в среднем менялся довольно медленно и одновременно во всех наблюдаемых нами участках спектра. Средняя амплитуда колебаний в желтых и

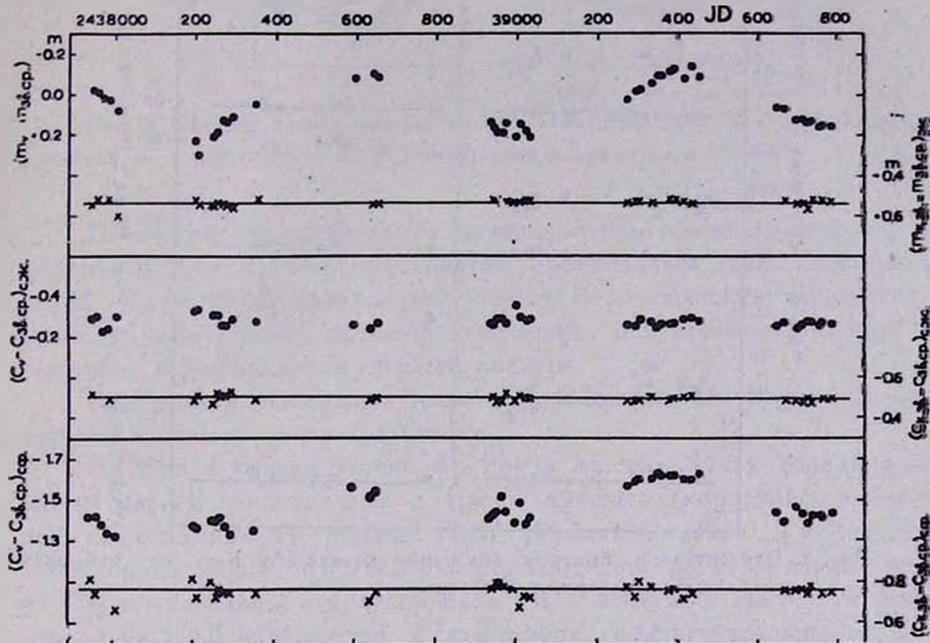


Рис. 1. Кривая блеска и кривые изменения цветов AG Peg в 1962—67 гг. ● — наблюдения AG Peg, × — наблюдения контрольной звезды.

синих лучах 0^m3 , в ультрафиолете $0^{nd}5$. Кроме долговременных плавных изменений иногда наблюдаются относительно быстрые, небольшие колебания блеска. Последние нельзя объяснить ошибками наблюдений и они, по-видимому, являются реальными. Для иллюстрации этого положения приведен рис. 2, где в отличие от рис. 1 по оси ординат нанесен блеск AG Peg и контрольной звезды в наблюдаемых нами участках спектра по отношению к звезде сравнения. По оси абсцисс масштаб выбран так, чтобы каждая точка соответствовала среднему значению блеска за одну ночь. Точками изображены наблюдения переменной, крестиками — наблюдения контрольной. Рис. 2 отчетливо показывает, что дисперсия оценок блеска AG Peg превосходит дисперсию оценок блеска контрольной звезды и, следовательно, превосходит по величине ошибки наблюдений, поскольку контрольная

звезда слабее переменной. Следовательно, относительно быстрые колебания блеска AG Peg реальны и обусловлены, по-видимому, небольшими нестационарными процессами, происходящими в ней.

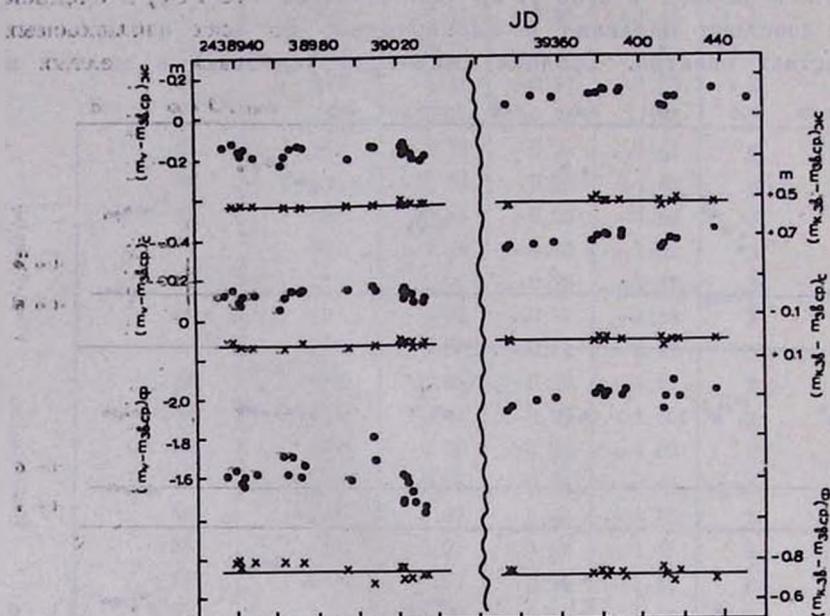


Рис. 2. Относительно быстрые колебания блеска AG Peg. ● — наблюдения AG Peg, × — наблюдения контрольной звезды.

Какова же форма кривой блеска AG Peg? Известно, что некоторые характеристики ее спектра (число эмиссионных линий Fe II, лучевая скорость, определенная по линиям He II и др.) меняются с периодом 800 дней [10]. Повтсму нами была построена сводная кривая блеска AG Peg в желтых лучах тоже с периодом 800 дней (рис. 3). Оказалось, что она удовлетворительно согласуется с синусоидой, амплитуда которой $0^m.15$ и период 800 дней. Это позволяет написать уравнение для определения момента максимума или минимума кривой блеска. Например:

$$\text{Min} = 2438210 + 800^d E.$$

Рассмотрим возможную интерпретацию кривой блеска AG Peg. В [6, 9], исходя из спектральных исследований, показано, что AG Peg является двойной звездой, компоненты которой — гигант M III и звезда Вольф-Райе WN 6 — окружены газовым облаком с электронной температурой $T_e = 17000^\circ\text{K}$ и электронной плотностью $n_e > 10^8 \text{ см}^{-3}$. Там

же отмечено, что полусфера холодного компонента, обращенная к горячему спутнику, должна иметь более высокую температуру, чем противоположная.

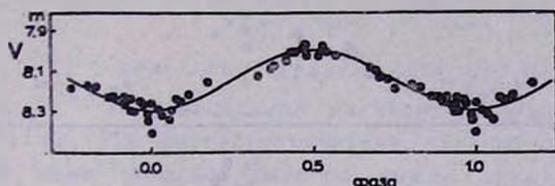


Рис. 3. Сводная кривая блеска AG Peg в желтых лучах. ● — наблюдения переметной, — синусоида с периодом 800 дней и амплитудой $0^m.15$.

Последнее обстоятельство позволило нам предположить, что изменение блеска AG Peg обусловлено орбитальным движением гиганта M3 III, одна полусфера которого имеет более высокую температуру, и, по-видимому, более высокую светимость по сравнению с противоположной в наблюдаемой области спектра.

Рассмотрим, насколько наше предположение согласуется с некоторыми наблюдательными данными.

На рис. 4 кривая блеска AG Peg в желтых лучах (средняя кривая на рис. 4) сопоставлена с кривой лучевых скоростей, определенной по эмиссионным линиям He II (нижняя кривая), и количеством эмиссионных линий Fe II (верхняя кривая). Спектральные данные взяты из [10] и приведены к нулевой фазе $Ph_0 = 2\ 438\ 210$. Из [6, 9] следует, что линии He II образуются в атмосфере горячего компонента, а линии Fe II — в той части атмосферы холодного гиганта, которая обращена к горячему компоненту.

Рассмотрение рис. 4 показывает совпадение по времени максимума блеска AG Peg и максимума количества эмиссионных линий Fe II. Это означает, что полусфера холодного гиганта M3 III, в атмосфере которой образуются линии WN6, должна быть ярче по сравнению с противоположной полусферой. Поскольку образование этих линий связано с обращенной к звезде WN6 полусферой холодного гиганта [6], то именно она и является более яркой. Максимум блеска мы должны наблюдать в тот момент, когда при орбитальном движении компонент WN6 находится между компонентом M3 III и наблюдателем, т. е. холодный гигант обращен к нам более яркой полусферой. Смещение кривой лучевых скоростей можно объяснить тем, что максимум этой кривой должен наблюдаться в момент, когда оба компонента располагаются в плоскости, перпендикулярной лучу зрения, т. е. мы видим только часть более яркой полусферы. Результат сопоставления, таким

образом, означает, что наше предположение о повышенной светимости одной из полусфер холодного компонента вполне вероятно.

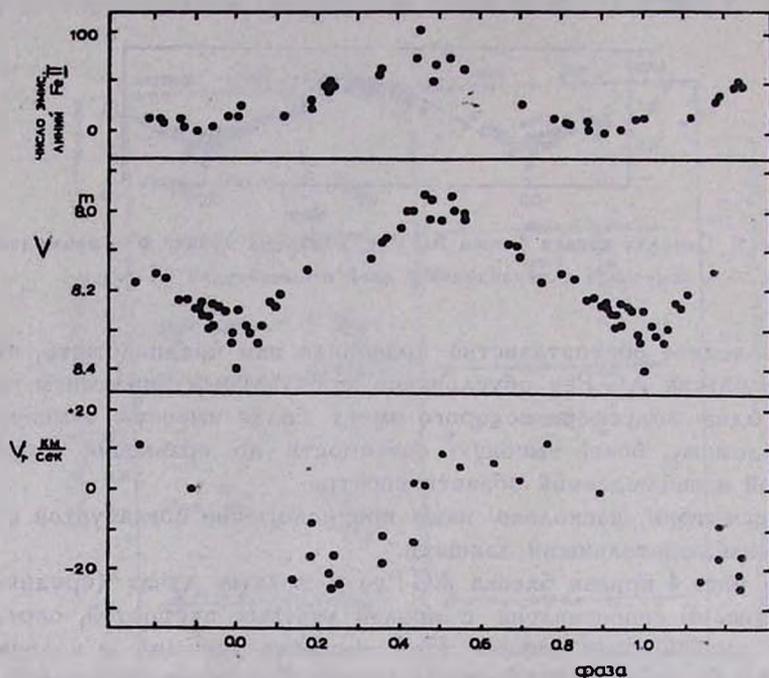


Рис. 4. Сопоставление кривой блеска AG Peg с изменением количества эмиссионных линий Fe II и кривой лучевых скоростей, определенной по линиям He II.

Итак, мы предполагаем, что изменение блеска AG Peg вызвано своеобразным эффектом отражения, обусловленным тем, что излучение горячего компонента возбуждает дополнительное свечение части атмосферы, обращенной к компоненту Вольф-Райе.

Из рассмотрения кривой блеска и кривых изменения цветов следует, что AG Peg не является затменной системой. В противном случае, на долгопериодическое изменение цветов из-за разности спектральных классов компонент должны были бы накладываться глубокие минимумы, которых мы не наблюдаем.

Что же касается эффекта отражения в двойных системах, то он обнаружен до сих пор только в тесных парах, с периодом, не превышающим нескольких суток. Величина его не больше $0^m 1$. AG Peg отличается от вышеупомянутых систем и сочетанием компонентов, и расстоянием между ними. Поэтому мы попытались хотя бы грубо оценить возможность эффекта отражения в данном случае.

Обозначим минимальное значение блеска AG Peg — m_{\min} , максимальное значение — m_{\max} . Тогда

$$\Delta m = m_{\max} - m_{\min} = -2.5 \lg \left(1 + \frac{\Delta I}{I_{\text{хол. к.}} + I_{\text{гор. к.}} + I_{\text{газ}}} \right), \quad (1)$$

где $I_{\text{хол. к.}}$, $I_{\text{гор. к.}}$, $I_{\text{газ}}$ — излучения каждого из компонент в данной области спектра, ΔI — дополнительное излучение, вызывающее увеличение блеска AG Peg. Из фотовольтовых наблюдений для любой из наблюдаемых нами областей спектра можно определить Δm , а, следовательно, и ΔI . С другой стороны, ΔI можно оценить теоретически, исходя из модели AG Peg, предложенной в [6, 9]. Сравнения наблюдаемого и вычисленного значений может показать, насколько реальна принятая нами модель.

При оценке ΔI будем использовать следующие наблюдательные данные. Сопоставление фотометрических и спектральных наблюдений показывает, что колебания блеска AG Peg сопровождаются небольшими изменениями характеристик холодного компонента: максимальному блеску соответствует более ранний спектральный класс [6]. Отсюда вытекает естественное предположение, что полусфера холодного компонента, обращенная к горячему компоненту, имеет более высокую эффективную температуру по сравнению с обратной. Предположим, что температура фотосферы T_1 повышается с 3000 °К до 3200 °К, что, примерно, соответствует наблюдаемому изменению спектрального класса холодного компонента от M4III до M2III [11]. Предполагая, что холодный гигант в наблюдаемой области спектра излучает как абсолютно черное тело, что является лишь грубым приближением, оценим Δm величину дополнительного излучения

$$\Delta m = -2.5 \lg \left(\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_{\lambda}(T_1) d\lambda \Big/ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_{\lambda}(T_2) d\lambda \right), \quad (2)$$

где $B_{\lambda}(T)$ — функция Планка, $T_1 = 3200$ °К, $T_2 = 3000$ °К, λ_1 , λ_2 — границы полос пропускания инструментальной системы.

Вычисления дают, что увеличение блеска холодного компонента в желтой области равно 0^m.5, в синей 0^m.8, в ультрафиолетовой 1^m.4. Поскольку доля излучения холодного компонента в каждой из названных выше областей спектра не превышает 0.7, 0.39, 0.005 соответственно [6], то изменение эффективной температуры холодного гиганта приводит к увеличению суммарного излучения на 0^m.4 в желтой, 0^m.4 в синей, и 0^m.02 в ультрафиолетовой областях спектра. Принимая во

внимание приближенный характер наших оценок, можно считать, что изменение блеска в желтой и синей областях спектра объясняется нагревом фотосферы холодного гиганта излучением горячего компонента. Однако предыдущие рассуждения будут справедливы только в том случае, если часть излученной горячим компонентом энергии, упавшей на поверхность холодного гиганта, будет достаточна для повышения эффективной температуры фотосферы этого гиганта на 200° . Для этого оценим порядок величины энергии E_1 и E_2 .

E_1 — часть энергии, излучаемой горячим компонентом, которая падает на поверхность холодного компонента. E_2 — энергия, необходимая для увеличения эффективной температуры полусферы холодного гиганта на 200° . Отсюда

$$E_1 = 4\pi r^2 \sigma T_3^4 \frac{\pi R^2}{4\pi (a_1 + a_2)^2} = \frac{\sigma \pi r^2 R^2 T_3^4}{(a_1 + a_2)^2}, \quad (3)$$

где r — радиус горячего компонента, σ — постоянная Стефана-Больцмана, T_3 — яркостная температура компонента WN6, $(a_1 + a_2)$ — расстояние между компонентами. Для простоты площадь полусферы заменена площадью диска.

$$E_2 = 2\pi R^2 \sigma (T_1^4 - T_2^4), \quad (4)$$

где обозначения те же, что и в (3), $T_1 = 3200^\circ\text{K}$, $T_2 = 3000^\circ\text{K}$.

Если, согласно [9], принять $r = 6 \cdot 10^{10}$ см, $R = 6 \cdot 10^{12}$ см, $(a_1 + a_2) = 5.4 \cdot 10^{13}$ см, то для $T_3 = 3 \cdot 10^4$ °K [12] отношение E_1/E_2 будет равно 50, для $T_3 = 5 \cdot 10^4$ °K [12], E_1/E_2 равно 6.

Учитывая приближенность наших оценок, можно считать согласие E_1 и E_2 удовлетворительным. Следовательно, результаты вычислений не противоречат предположению о нагреве полусферы холодного компонента.

Итак, изменение блеска AG Peg в желтой и синей областях спектра можно объяснить появлением и исчезновением вследствие орбитального движения компонента части фотосферы гиганта M3 III, „прогретой“ излучением горячего компонента. Однако рассматриваемый эффект нагрева фотосферы будет совершенно несущественным для ультрафиолетовой области спектра из-за очень низкой температуры и пренебрежимо малого вклада холодного компонента в суммарное излучение.

Предположим, что изменение блеска AG Peg в области спектра с $\lambda < 3640 \text{ \AA}$, т. е. за бальмеровским пределом, происходит вследствие ионизации внешних слоев атмосферы под действием L_c — излучения горячего компонента. Рассмотрим эту возможность.

В [6] было показано, что широкие линии высокоионизованных ионов He II, O III и др. возникают в атмосфере горячего компонента WN6, а линии более низкого возбуждения, как He I, [O III] и др. возникают в туманности, окружающей компоненты. Отсюда следует, что атмосферы холодного гиганта будут достигать излучение с $\lambda < 228 \text{ \AA}$, т. е. более длинноволновое, чем предел ионизации He II. Излучение с $\lambda < 228 \text{ \AA}$ будет поглощаться в атмосфере горячего компонента. Постараемся, хотя бы грубо, оценить возможность ионизации атмосферы холодного гиганта коротковолновым излучением горячего компонента. Будем исходить из следующих предположений: большая часть излучения ядра компонента WN6 в диапазоне λ 228—912 \AA выходит за пределы оболочки звезды; часть этого излучения падает на атмосферу холодного компонента M3III, состоящую, в основном, из водорода, и переизлучается уже в наблюдаемом нами диапазоне длин волн.

Вышеизложенные соображения позволили оценить величину дополнительного излучения ΔI в ультрафиолетовой области спектра. При этом были учтены следующие обстоятельства. 1. Из теоретических расчетов, основанных на вероятностях захватов атома водорода, следует, что на второй уровень приходится примерно третья часть рекомбинаций. 2. Не все излучение бальмеровского континуума регистрируется нашей аппаратурой, поскольку излучение с $\lambda < 3400 \text{ \AA}$ поглощается оптикой телескопа. Для удобства было принято, что в ультрафиолете мы регистрируем энергии только пятой части всех рекомбинаций. Отсюда следует, что ΔI в ультрафиолете составляет 1/15 часть энергии излучения ядра компонента WN6 в диапазоне λ 228—912 \AA , упавшей на поверхность гиганта M3III или

$$\Delta J \approx \frac{1}{15} \cdot \frac{\pi R^2}{4\pi (a_1 + a_2)^2} \cdot 4\pi r_1^2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_\lambda(T_4) d\lambda, \quad (5)$$

где $B_\lambda(T)$ — функция Планка, $T_4 = 8 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$, $10^5 \text{ }^\circ\text{K}$, [12], r_1 — радиус ядра звезды WN6, R — радиус гиганта M3III, $(a_1 + a_2)$ — расстояние между компонентами, $\lambda_1 = 228 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 912 \text{ \AA}$.

Естественно, что оценка ΔI очень приближенна, поскольку произвести сколько-нибудь точный расчет не представляется возможным. Мы не имеем точных данных о поглощении в оптике телескопа для $\lambda > 3400 \text{ \AA}$, принимаем теоретическую оценку числа рекомбинаций, приходящихся на второй уровень, не учитываем влияние газовой среды при прохождении через нее коротковолнового излучения.

Для определения Δm , согласно уравнению (1), надо вычислить значение суммарного излучения всех компонентов, входящих в состав системы AG Peg.

В [6] вычислен относительный вклад компонентов в суммарное излучение для $\lambda = 3600 \text{ \AA}$, для 1965 г., когда AG Peg была в минимуме блеска.

$$I_{\text{хол. к.}} : I_{\text{гор. к.}} : I_{\text{газ.}} = 0.005 : 0.64 : 0.36. \quad (6)$$

Вкладом холодного гиганта пренебрегаем ввиду его малости. Излучение горячего компонента можно представить так:

$$I_{\text{гор. к.}} = 4\pi r^2 \int_{\lambda_3}^{\lambda_4} B_{\lambda}(T_3) d\lambda, \quad (7)$$

где $B_{\lambda}(T)$ — функция Планка, $T_3 = 3 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$, $\lambda_3 = 3400 \text{ \AA}$, $\lambda_4 = 4200 \text{ \AA}$, r — радиус звезды Вольф-Райе, поскольку в ультрафиолетовой области спектра, регистрируемой нами, наблюдается только свечение обложки WN 6.

Итак, учитывая (6) и (7), напишем

$$I_{\text{хол. к.}} + I_{\text{гор. к.}} + I_{\text{газ.}} = I_{\text{гор. к.}} \left(1 + \frac{0.36}{0.64} \right) = 4\pi r^2 \int_{\lambda_3}^{\lambda_4} B_{\lambda}(T_3) d\lambda \cdot 1.56. \quad (8)$$

Подставляя в уравнение (1) уравнения (5) и (8), имеем

$$\Delta m = -2.5 \lg \left(1 + \frac{\frac{1}{15} \cdot \frac{\pi R^2}{4\pi (a_1 + a_2)^2} \cdot 4\pi r_1^2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_{\lambda}(T_4) d\lambda}{1.56 \cdot 4\pi r^2 \int_{\lambda_3}^{\lambda_4} B_{\lambda}(T_3) d\lambda} \right). \quad (9)$$

Если принять $r_1 = 0.5 \cdot r = 3 \cdot 10^{10} \text{ см}$, $T_1 = 3 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$, $(a_1 + a_2) = 5.4 \cdot 10^{13} \text{ см}$, то для $T_4 = 8 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$ получим из (9) $\Delta m = 0^{\text{m}2}$, для $T_4 = 10^5 \text{ }^\circ\text{K}$, $\Delta m = 0^{\text{m}5}$.

Принимая во внимание приближенный характер проведенных нами оценок, можно считать, что получено удовлетворительное согласие между наблюдениями и результатами вычислений. Это, по-видимому, означает, что принятая гипотеза о строении системы AG Peg вполне вероятна и допустима.

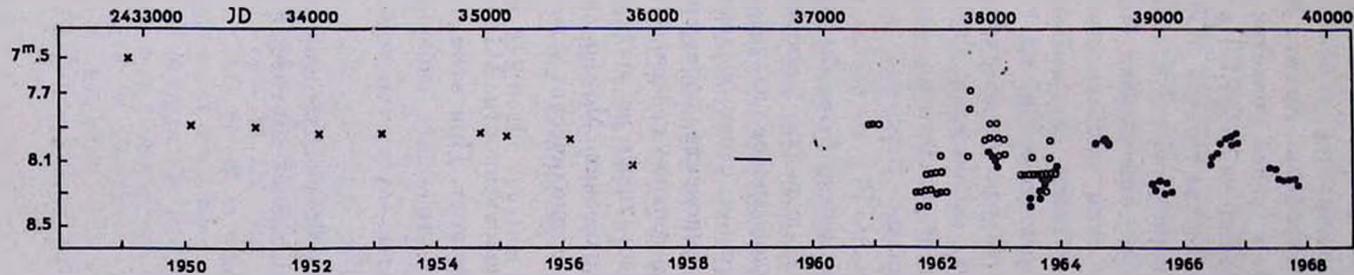


Рис. 5. Сводная кривая блеска AG Reg с 1949 по 1967 гг. X — наблюдения детских астрономов [14], — — наблюдения членов AAVSO [15], O — наблюдения голландских астрономов [16], ● — фотоза электрические наблюдения автора в желтых лучах.

Итак, наблюдаемые в настоящее время периодические колебания блеска AG Peg обусловлены видимостью и невидимостью, в результате орбитального движения, полусферы гиганта M3III, обращенной к звезде Вольф-Райе. В желтой и синей областях спектра увеличение яркости вызвано простым нагревом фотосферы, а в ультрафиолете — ионизацией внешних слоев атмосферы гиганта M3III L_c-квантами.

Интересно отметить, что периодические колебания блеска AG Peg ранее никем из наблюдателей не отмечались. На рис. 5 приведена кривая блеска, построенная по всем опубликованным наблюдениям с 1949 г. [14--16]. Отметим, что все эти наблюдения — визуальные. К сожалению, для интервала времени с 1949 по 1959 г. опубликованы лишь средние значения блеска за год. По-видимому, дисперсия оценок невелика, поскольку подобные наблюдения 1960—64 гг. отчетливо показывают изменение блеска и достаточно хорошо согласуются с фотоэлектрическими наблюдениями. Вероятно, наблюдаемые нами периодические колебания блеска AG Peg не всегда имели значительную амплитуду. Это предположение можно было бы объяснить так. После вспышки AG Peg в 1850—60 гг. горячий компонент имел настолько плотную оболочку, что коротковолновое излучение не выходило за ее пределы и температура внешних слоев оболочки была низка. Поэтому в атмосфере холодного компонента, обращенной к горячему компоненту, не возникало дополнительное свечение в наблюдаемой области спектра. Опубликованные данные не позволяют построить точную картину эволюции этих колебаний. Можно лишь утверждать, что в 1960 году уже наблюдались периодические колебания, подобные колебаниям 1962—67 гг.

На основе гипотезы о двойственности AG Peg вычислены звездные величины каждого из компонент. При этом использованы результаты фотоэлектрических и спектральных наблюдений [6]. Получено, что блеск звезды M3III в желтых лучах (система, близкая к V) 8^m9, блеск звезды Вольф-Райе 10^m0.

В заключение приношу глубокую благодарность А. А. Боярчуку за помощь, оказанную при выполнении настоящей работы.

Крымская астрофизическая
обсерватория

THE LIGHT VARIATIONS OF AG PEG FROM 1962 TO 1967.

T. S. BELYAKINA

The results of three-color photoelectric photometry of AG Peg over a period of 1964—67 are given. A combined photoelectric light curve was constructed from the observations of 1962—67. This curve is in agreement with a sinusoid the period of which is 800^d and amplitude — $0^m.15$.

During 1962—67 the light variations of AG Peg are synchronous in all the regions of the spectrum, the amplitude of light variations is $0^m.3$ in yellow and blue lights, and $0^m.5$ in ultraviolet.

Proceeding from the duplicity of AG Peg [6, 9], its light variations are assumed to be caused by the orbital movement of a cold component M3III whose side toward a hot component WN6 radiates more than the far side.

Approximate qualitative estimates have shown that the origin of this radiation in yellow and blue regions of the spectrum are connected with the radiation heating of the photosphere of the giant M3III by a hot component. In ultraviolet it is associated with the ionization of external layers of the atmosphere of the giant resulting from the radiation at wavelengths of $228 < \lambda < 912 \text{ \AA}$ emitted by the star WN6.

The periodical light variations of AG Peg are supposed to have become observable comparatively recently.

The magnitude of the components have been calculated. The luminosity of M3III is $8^m.9$ in the system similar to V, and that of WN6 is $10^m.0$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. R. Rigollet, *l'Astronomie*, 61, 247, 1947.
2. Т. С. Белякина, *Астрон. ж.*, 45, 139, 1968.
3. П. Ф. Чурайнов, *Изв. КрАО*, 33, 215, 1964.
4. Т. С. Белякина, *Изв. КрАО*, 33, 225, 1964.
5. Т. С. Белякина, *Изв. КрАО*, 41—42, (в печати).
6. А. А. Боярчук, *Астрон. ж.*, 43, 976, 1966.
7. Т. А. Matthews, A. R. Sandage, *Ap. J.*, 138, 50, 1963.
8. В. А. Vorontsov-Velyaminov, *Z. Astrophys.*, 10, 353, 1935.
9. А. А. Боярчук, *Астрон. ж.*, 44, 12, 1967.
10. P. W. Merrill, *Ap. J.*, 112, 605, 1951.
11. H. L. Johnson, *Bol. Obs. Tonanzintla*, 3, 305, 1964.

12. С. В. Рублев, Автореферат диссертации Л., 1966.
13. Г. А. Гурздян, кн. „Планетарные туманности“, Госиздат, М., 1962.
14. Nord. astron. tidskr., 4, 146, 1957.
15. AAVSO Quartaly Rep., № 23, 1960; № 25, 1962.
16. Obser. of var. stars. Groningen—Netherlandes, № 2, 1962; № 3, 4, 1963; № 5, 1964