

ЭФФЕКТ ПОГЛОЩЕНИЯ В ЛИНИЯХ В ЗВЕЗДАХ
КЛАССОВ F—G

М. Г. РОДРИГЕС

Поступила 12 августа 1969
Пересмотрена 9 апреля 1970

Оценено влияние линий поглощения в звездах F—G на величины V и B-эффект блокирования линиями выходящего излучения и эффект нагрева фотосферы этим задержанным излучением. Для рассмотренных звезд эффект нагрева больше, чем блокирование, в полосе V, в то время как блокирование преобладает в полосе B.

В работе [1] были получены значения покровных коэффициентов в полосах по 25 Å для ряда звезд различных спектральных классов и светимостей. Знание этих коэффициентов позволяет оценить некоторые эффекты, вызванные присутствием линий поглощения в спектрах звезд.

Прежде всего мы оценим эффект блокирования излучения, выходящего в непрерывном спектре, отнеся измерения к величинам V и B (для области U у нас, к сожалению, нет покровных коэффициентов). Доля энергии, поглощенной линиями в полосе (λ_1 , λ_2) в звездных величинах равна

$$\Delta m_{bl} = 2.5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) S(\lambda) [1 - \varepsilon(\lambda)] d\lambda},$$

где $F(\lambda)$ — поток излучения в непрерывном спектре, $S(\lambda)$ — функция чувствительности фотометрической системы, $\varepsilon(\lambda)$ — покровные коэффициенты, λ_1 и λ_2 — границы полосы фотометрической системы. При расчетах величин ΔV_{bl} и ΔB_{bl} значения потоков были взяты из моде-

лей атмосфер де Ягера и Невена [2], причем интерполирование между табулированными $F(T_1)$ и $F(T_2)$ для нахождения промежуточного значения $F(T_3)$ проводилось по формуле

$$\frac{\lg F(T_3) - \lg F(T_1)}{\lg F(T_2) - \lg F(T_1)} = \frac{T_2}{T_3} \cdot \frac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1},$$

предполагающей чернотельное изменение потока между температурами T_1 и T_2 . Функции чувствительности $S(\lambda)$ для полос V и B были взяты из [3]. Минимальная эффективная температура моделей де Ягера и Невена равна 4760 °К. Поэтому можно было провести расчеты лишь для 13 звезд из 20, у которых были определены покровные коэффициенты. Это — звезды классов F и G, а также две звезды K0. Для более поздних звезд не имеется достаточно однородного набора моделей атмосфер. Полученные значения ΔV_{bl} и ΔB_{bl} , дающие величину суммарного поглощения в линиях в областях V и B, приведены в колонках 5 и 6 табл. 1. У α Aqr и β Gem не были определены $\varepsilon(\lambda)$ в области $\lambda < 3900 \text{ \AA}$ и у π^3 Ori — в области $\lambda < 4025 \text{ \AA}$. Поэтому при расчете ΔB_{bl} для этих звезд поглощение в недостающей спектральной области определялось путем сравнения с очень близкими к ним по спектральным характеристикам звездами — β Dra, η Ser и β Cas.

Поскольку звезды нашей программы довольно равномерно представляют различные классы спектров и светимостей, мы попытались найти зависимость между величиной общего поглощения в областях V, B и спектром и светимостью для звезд нормального химического состава. Эта зависимость искалась в виде $\Delta m_{bl} = a \theta_g + b \lg g + c$. Коэффициенты a , b , c определялись по методу наименьших квадратов. Звезды класса K0 β Gem и η Ser, как отмечалось в [1], обладают некоторыми аномальными спектральными характеристиками и поэтому при определении зависимостей $\Delta m_{bl}(\theta_g, g)$ во внимание не принимались. Для области V по 11 звездам F—G было найдено:

$$\Delta V_{bl} = 0.436 \theta_g - 0.023 \lg g - 0.166 \\ \pm 0.070 \quad \pm 0.006 \quad \pm 0.070$$

В области B не удалось найти общую зависимость для F- и G-звезд. Это может быть связано с тем, что у звезд F в синей области существенно поглощение в линиях водорода, которые при изменениях температуры и условий ионизации ведут себя иначе, чем линии металлов. Для звезд класса G

$$\Delta B_{bl} = 0.714 \theta_g - 0.053 \lg g - 0.095 \\ \pm 0.201 \quad \pm 0.030 \quad \pm 0.187$$

Таблица 1

Звезда	Sp	T_e (°K)[4]	$\lg g$ [5]	ΔV_{bl}	ΔB_{bl}	η	ΔT_e (°K)	ΔV_{bw}	ΔB_{bw}	ΔV	ΔB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
β Cas	F2 IV	6900	4.00	0 ^m 05	0 ^m 23	0.10	180	-0 ^m 11	-0 ^m 13	-0 ^m 06	+0 ^m 10
α Per	F5 Ib	6520	1.64	0.13	0.33	0.17	310	-0.20	-0.26	-0.07	+0.07
ν Per	F5 II	6520	2.60	0.10		0.13	230	-0.17	-0.20	-0.07	
π^3 Ori	F6 V	6460	4.44	0.06	0.16	0.08 _s	140	-0.09	-0.10	-0.03	+0.06
γ Cyg	F8 Ib	6200	1.54	0.17	0.45	0.22	400	-0.30	-0.37	-0.13	+0.08
μ Boo	G0 IV	5940	3.84	0.12	0.31	0.16	260	-0.21	-0.24	-0.09	+0.07
α Aqr	C2 Ib	5550	1.40	0.19	0.49	0.24	390	-0.29	-0.39	-0.10	+0.10
β Dra	G2 II	5550	2.26	0.18	0.42	0.21	340	-0.29	-0.38	-0.11	+0.04
μ Her	G5 IV	5300	3.70	0.19	0.39	0.21	320	-0.31	-0.36	-0.12	+0.03
ϵ Gem	G8 Ib	4850	1.10	0.28							
ζ Cyg	G8 II	4850	1.90	0.20							
β Gem	K0 III	4760	2.54	0.17	0.50						
η Cep	K0 IV	5100	3.50	0.17	0.43						

Средние квадратичные ошибки одного определения ΔV_{bl} и ΔB_{bl} : $\sigma_{\Delta V} = \pm 0^m 02$; $\sigma_{\Delta B} = \pm 0^m 01$.

На рис. 1 представлено общее поглощение в линиях для спектральной области V как функция θ_e и $\lg g$. Линии равного поглощения проведены через $0^m 05$. Заштрихованные полосы—области расположения звезд разных классов светимости. Спектральные классы нанесены в соответствии с [4] и [5].

Теперь оценим эффект нагрева фотосферы, вызванного линиями поглощения. Подробно этот эффект рассмотрен в работе [6]. Излучение, поглощенное в частотах линий, рассеивается назад в фотосферу, приводя к дополнительному нагреву ее. Этот дополнительный нагрев сопровождается повышением уровня непрерывного спектра, проводимого по свободным от линий участкам, по сравнению с тем, который был бы у звезды с той же эффективной температурой, но лишенной линий. А это значит, что при сопоставлении наблюдаемого спектрального распределения энергии звезды с моделями атмосфер нужно брать модель с более высокой эффективной температурой, причем эта температура T'_e связана с истинной эффективной температурой звезды T_e соотношением

$$T'_e = \frac{T_e}{\sqrt{1 - \eta}},$$

где η —интегральный блокировочный коэффициент по всему спектру, т. е. энергия, поглощенная линиями во всем спектре, отнесенная к общей энергии излучения звезды.

Как легко видеть, изменение величин V и B , вызванное эффектом нагрева, равно

$$\Delta m_{bw} = 2.5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F'(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) S(\lambda) d\lambda},$$

где $F(\lambda)$ —поток, соответствующий истинной температуре звезды T_e , а $F'(\lambda)$ —поток, соответствующий температуре T'_e .

Итак, для оценки величины эффекта нагрева необходимо знать интегральный блокировочный коэффициент η . Он известен только для Солнца и равен 0.124 [7]. Учитывая, что рассматриваемые здесь звезды спектрально близки к Солнцу, будем считать, что коэффициент η для Солнца и для звезд пропорционален соответствующим блокиро-

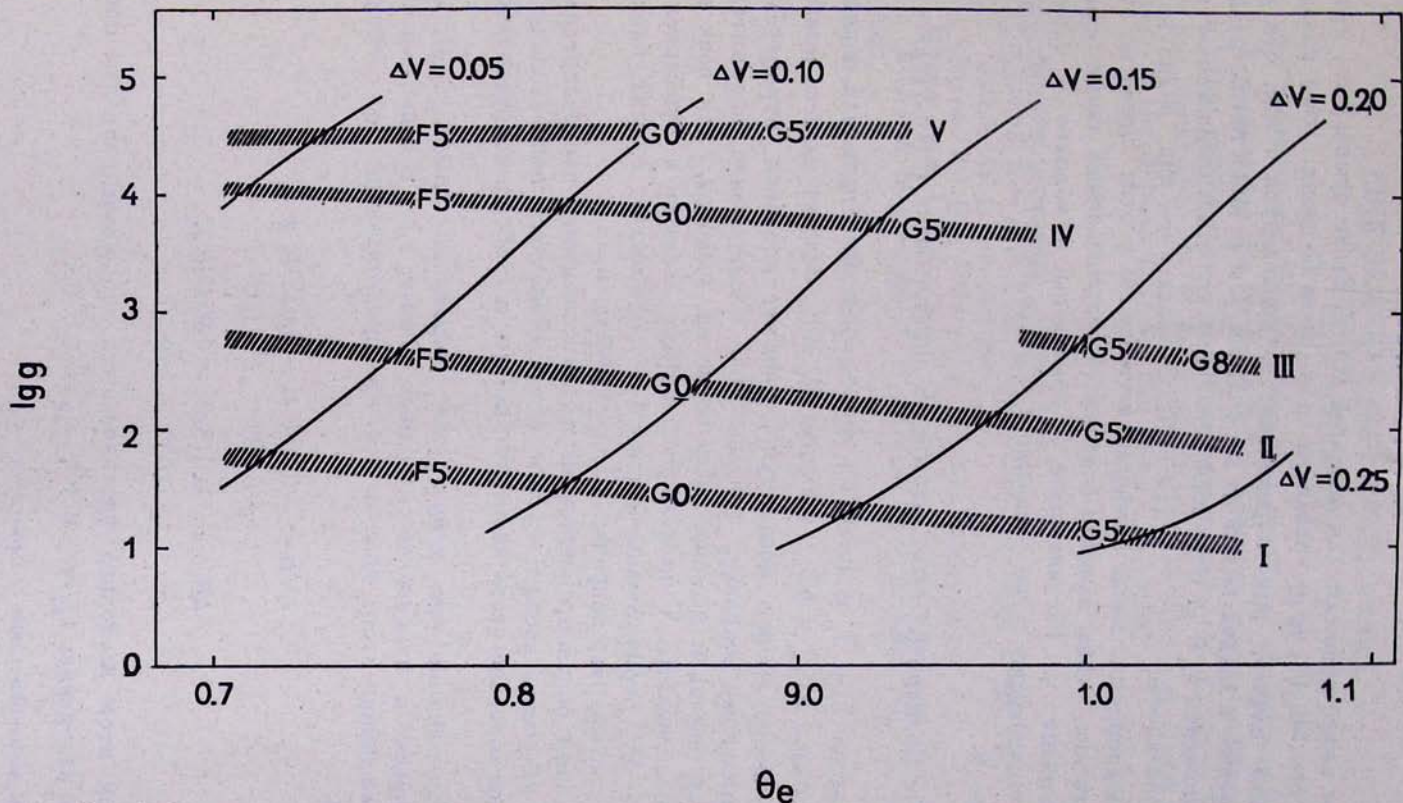


Рис. 1. Линии равного общего поглощения в линиях в полосе V на плоскости $(\theta_e, \lg g)$ для звезд классов F—G.

вочным коэффициентам для областей V и B. Выше отмечалось, что зависимость $\Delta V_{bl}(\theta_e, \lg g)$ различна для F- и G-звезд. Это различие в данном случае, при определении η , проявляется в том, что доля поглощения в линиях водорода в областях V и B меняется по-разному при изменении θ_e и g . Это могло бы нарушить предполагаемую пропорциональность η , η_V , η_B для F- и G-звезд, но, как видно из [6], доля водородных линий в общем поглощении у этих звезд не столь существенна, чтобы заметно повлиять на определяемый таким образом коэффициент η . Рассчитанные η приведены в колонке 7 табл. 1. Соответствующие этим значениям η разности $\Delta T_e = T'_e - T_e$ даны в колонке 8.

По моделям [2] были вычислены интегралы $\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) S(\lambda) d\lambda$ для температур T'_e и T_e и затем по приведенной выше формуле определены поправки ΔV_{b_w} и ΔB_{b_w} (колонки 9, 10). Эффект нагрева приводит к повышению уровня континуума, поэтому поправки отрицательны, в то время как поправки, учитывающие блокирование, положительны (в шкале звездных величин). Как видно из таблицы, для всех звезд в полосе фильтра V преобладает эффект нагрева и суммарная поправка ΔV отрицательна; в полосе B преобладает эффект блокирования и суммарная поправка ΔB положительна.

Таким образом, покровный эффект вызывает перераспределение части излучения звезды, причем звезда становится относительно ярче в длинноволновой части видимого спектра и слабее в коротковолновой.

Примечание при корректуре: Выражения $\Delta m_{bl}(\theta_e, \lg g)$, более устойчивые к изменениям исходных данных, т. е. с меньшими ошибками коэффициентов, получаются при представлении без свободного члена:

$$\Delta V_{bl} = 0.274 \cdot \alpha_e - 0.033 \cdot \lg g \\ \pm 0.022 \quad \pm 0.007$$

$$\Delta B_{bl} = 0.613 \cdot \theta_e - 0.054 \cdot \lg g \\ \pm 0.032 \quad \pm 0.10$$

Но при этом несколько увеличиваются среднеквадратичные ошибки одного измерения: $\sigma_{\Delta V} = \pm 0.03$, $\sigma_{\Delta B} = \pm 0.02$.

LINE BLANKETING IN F—G STARS

M. H. RODRIGUEZ

The blocking and the back-warming effects of absorption lines on B and V magnitudes are evaluated for stars of spectral classes F—G and different luminosities. The back-warming effect is found to prevail over the blocking in the V band pass while the blocking effect predominates in the B band pass for the stars considered.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. Г. Родригес, *Астрофизика*, 5, 269, 1969.
2. C. de Jager, L. Neven, *Bull. Astr. Inst. Netherlands, Suppl. 2*, 125, 1967.
3. H. L. Johnson, *Ap. J.*, 141, 923, 1965.
4. H. L. Johnson, *Bol. Obs. Tonantzintla Tacubaya*, 3, 305, 1964.
5. Th. Schmidt-Kaler, *Landolt-Bornstein, N. S., Gr. VI, Bd. 1*, Springer, 1965.
6. R. L. Wildey, E. M. Burbidge, A. R. Sandage, G. R. Burbidge, *Ap. J.*, 135, 94, 1962.
7. R. Michard, *BAN.*, 11, 227, 1950.