

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКИХ ЧЛЕНОВ ВОДОРОДНЫХ СЕРИЙ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕР А-ЗВЕЗД

В. Д. Бычков, Л. И. Снежко, В. В. Соколов

Выполнен расчет синтетического спектра водородных линий $H_{10}-H_{15}$ и $Pa_{12}-Pa_{18}$. Показано, что в области $3 \leq \lg g \leq 4$ и $8 \cdot 10^3 \leq T_{\text{ef}} \leq 13 \cdot 10^3$ характеристики линии H_{11} , отнесенные к наблюдаемому непрерывному спектру, практически не зависят от T_{ef} и $\lg g$. В этой же области параметров атмосфер характеристики линии Pa_{14} практически не зависят от T_{ef} , тогда как сохраняется зависимость от $\lg g$, не менее сильная, чем для изолированных линий, но противоположного знака. Проведено сравнение с наблюдениями.

Calculation of synthetic spectrum of $H_{10}-H_{15}$ and $Pa_{12}-Pa_{18}$ hydrogen lines has been fulfilled. It is shown that in the regions $3 \leq \lg g \leq 4$ and $8 \cdot 10^3 \leq T_{\text{ef}} \leq 13 \cdot 10^3$ the characteristics of H_{11} lines referred to the observable continuous spectrum do not practically depend upon T_{ef} and $\lg g$. In this region of atmosphere parameters the characteristics of Pa_{14} line are not dependent upon T_{ef} , while the dependence upon $\lg g$ which is no less strong than for isolated lines, but of contrary sign preserves.

Применение к Ар-звездам стандартных методов определения параметров атмосфер встречает определенные трудности. Например, для ярких и хорошо изученных звезд α^2 CVn и α And находимые по видимой области спектра значения T_{ef} лежат в пределах от 10 000 до 14 000 °С, соответственно находимые по профилю линии H_{γ} значения $\lg g$ лежат в пределах от 3 до 4 [1, 2]. Очевидно, что такой большой разброс определений основных параметров атмосфер затрудняет количественную оценку peculiarностей спектра, и тем самым затрудняется задача понимания природы этих peculiarностей.

Принципиальное решение проблемы определения T_{ef} для Ар-звезд дает метод инфракрасных потоков, разработанный Блэквеллом и Шэллисом [1]. В отличие от традиционных косвенных методов этот метод дает прямую оценку T_{ef} , слабо зависящую от перераспределения энергии между ультрафиолетом и видимой областью спектра, возникающего при изменении химического состава атмосферы.

Основным индикатором ускорения силы тяжести в атмосферах А-звезд остаются водородные линии. Использование более слабых линий затруднено зависимостью их параметров от химического состава и микротурбулентности, а также ненадежностью наблюдаемых профилей. В проблеме Ар-звезд возникает необходимость определения $\lg g$ с точностью не хуже 0.1. В то же время очень сильная зависимость интенсивности линии H_{γ} от T_{ef} снижает точность определения $\lg g$. В области А-звезд $\Delta \lg g \approx -10 \Delta \lg T_{\text{ef}}$, так что ошибка $\Delta T_{\text{ef}} \approx \pm 500$ °С приводит к ошибке $\Delta \lg g \approx \pm 0.5$.

Представляется важным найти для А-звезд индикатор $\lg g$, обладающий достоинствами линии H_{γ} , но более слабо зависящий от T_{ef} . Таким индикатором могут быть высокие члены водородных серий, так как перекрытие крыльев линий может существенно ослабить зависимость наблюдаемых (отнесенных к непрерывному спектру, проводимому через вершины спектральных деталей) характеристик линий от T_{ef} . Для проверки этого предположения мы провели расчет синтетического водородного спектра в области линий $H_{10}-H_{15}$ и $Pa_{12}-Pa_{18}$. Использовались стандартные модели атмосфер Михаласа [3] и Куруча [4], уширение линий считалось по теории Грима [5], точность которой достаточна для поставленной задачи, как показал расчет линии H_{γ} по более точной теории [6].

Высокие члены серии Бальмера. На рис. 1 показаны профили линий H_{10} и H_{11} , приведенные к непрерывному спектру, проведенному через вершины

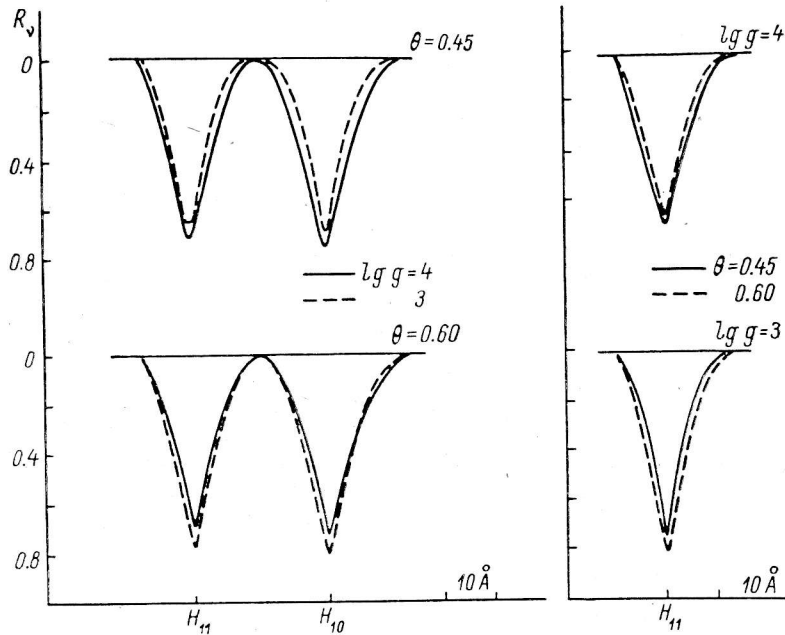


Рис. 1. Изменение профилей линий H_{10} и H_{11} в области $0.45 \leq \Theta_{ef} \leq 0.6$ и $3 \leq \lg g \leq 4$.
спектральных деталей. Можно видеть, что в области $3 \leq \lg g \leq 4$ и $0.45 \leq \Theta_{ef} \leq 0.60$ перекрытие крыльев линий практически полностью исключило зависимость наблюдаемых характеристик бальмеровских линий не только

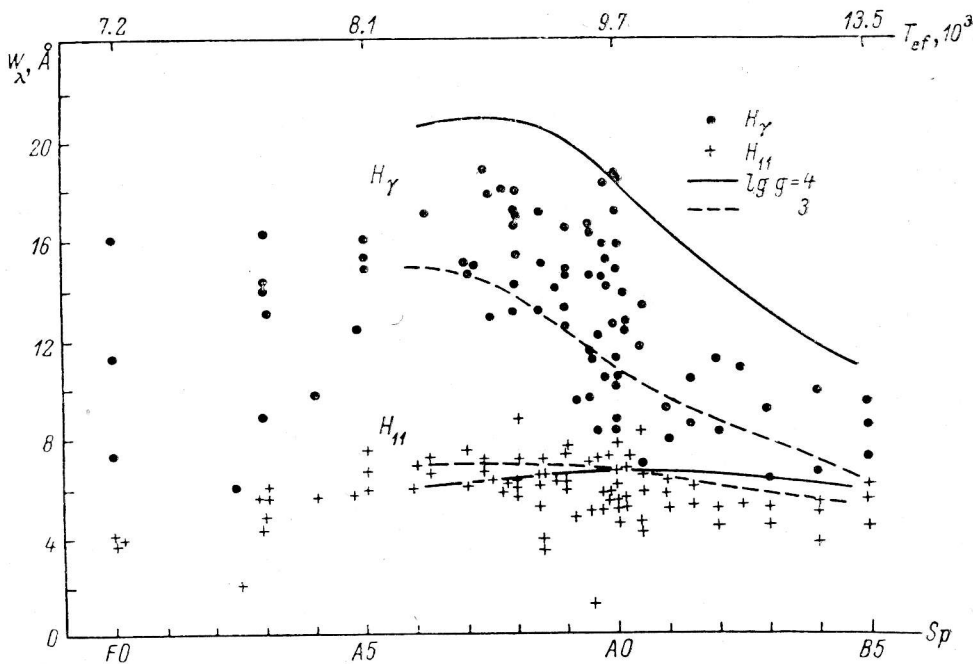


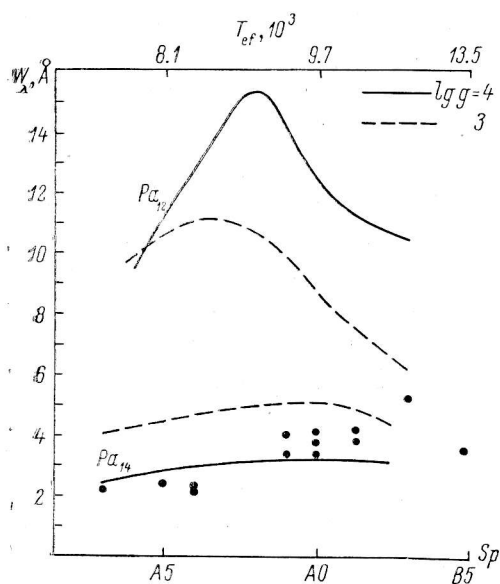
Рис. 2. Изменение W_λ линий H_γ и H_{11} с T_{ef} и $\lg g$

Наблюдаемые значения W_λ для класса светимости V взяты из сводки [7], соотношение $S_p - T_{ef}$ — из [11].

от T_{ef} , но и от $\lg g$. На рис. 2 показана зависимость эквивалентных ширин линий H_{11} и H_γ от T_{ef} и $\lg g$. Там же нанесены наблюдаемые значения W_λ для Ар-звезд и нормальных А-звезд класса светимости V из сводки Леушина [7].

Разброс значений W_λ для H_γ отражается в разбросе определений $\lg g$ для Ар-звезд. Однако независимость теоретических значений для линии H_{11} от T_{ef} и $\lg g$ показывает, что разброс наблюдаемых значений W_λ для класса светимости V характеризует не реальный разброс физических характеристик атмосфер звезд, а величину ошибок наблюдательных данных, получаемых обычной фотографической методикой.

Высокие члены серии Пашена. На рис. 3 показана зависимость W_λ линии Pa_{14} от T_{ef} и $\lg g$. Там же для сравнения показаны W_λ линии Pa_{12} , рассчитанной без учета перекрытия с соседними линиями. Можно видеть, что перекрытие



крыльев практически полностью исключило зависимость характеристик линии Pa_{14} от T_{ef} , но сохранилась зависимость от $\lg g$, не менее сильная, чем в случае изолированных водородных линий. При этом знак зависимости изменился на противоположный: с уменьшением $\lg g$ интенсивность линии Pa_{14} возрастает. Точками на рис. 3 показаны наблюдаемые значения $W_\lambda Pa_{14}$ ряда стандартных А-звезд класса светимости V, спектрограммы которых были получены на II камере ОЗСП БТА с дисперсией $28 \text{ \AA}/\text{мм}$. Инфракрасные спектры фотографировались на эмульсию Kodak I-N, чувствленную в водном растворе AgNO_3 .

Рис. 3. Изменение W_λ линий Pa_{14} и Pa_{12} (изолированная) с T_{ef} и $\lg g$.

Точками показаны наблюдаемые значения $W_\lambda Pa_{14}$ для класса светимости V.

согласно рекомендациям Шонинга [10]. Расчеты и наблюдения показали, что в рассматриваемом интервале спектральных классов В5—А5 вклад инфракрасного триплета Ca II мал и практически не искажает характеристики водородных линий.

Заключение. Проведенные расчеты синтетического водородного спектра показали, что характеристики линии H_{11} , отнесенные к непрерывному спектру, проводимому через вершины спектральных деталей, практически не зависят от T_{ef} и $\lg g$ в области $3 \leq \lg g \leq 4$ и $8 \cdot 10^3 \leq T_{\text{ef}} \leq 13 \cdot 10^3$. Это открывает возможность калибровки точности спектральных данных, используемых при определении параметров атмосфер А-звезд.

Характеристики линии Pa_{14} в этой же области параметров атмосфер практически не зависят от T_{ef} , тогда как сохраняется зависимость от $\lg g$, не менее сильная, чем для изолированных водородных линий, но противоположного знака. Это открывает возможность более точного определения значений $\lg g$ для А-звезд, практически не зависящих от точности определения T_{ef} . Линия Pa_{14} формируется в более узком интервале оптических глубин, чем линия H_γ , что является достоинством при исследовании пекулярных атмосфер химически пекулярных Ар-звезд. Отметим здесь, что ввиду сильного перекрытия крыльев линий недопустимо использовать наблюдаемые значения W_λ пашеновских линий Pa_{12} — Pa_{18} в методиках оценки физических параметров, развитых для изолированных линий типа H_γ .

Обнаруживаемая у Ар-звезд переменность линии H_γ может быть интерпретирована в рамках модели вариаций T_{ef} и g_{ef} по поверхности звезды [8, 9]. Однако независимость наблюдаемых характеристик высоких членов серии Бальмера от T_{ef} и g_{ef} показывает, что в рамках этой модели при сильной переменности в изолированной линии H_γ должна отсутствовать переменность характеристик перекрывающихся линий, отнесенных к наблюдаемому непрерывному

спектру. Тем самым дифференциальные эффекты переменности в линиях серии Бальмера могут помочь детализации механизма переменности водородных линий у Ap-звезд.

Литература

1. Shallis M. I., Blackwell D. E. Angular diameters, radii and effective temperatures of Ap-Stars. — *Astron. a. Astrophys.*, 1979, **79**, p. 48—55.
2. Derman J. E. Spectroscopic analysis of Alpha Andromedae. — *Astrophys. Space Sci.*, 1982, **88**, p. 135—158.
3. Mihalas D. Balmer-line-blanketed model atmospheres for A-type Stars. — *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1966, XIII, p. 1—30.
4. Wright S., Arguros J. ATLAS 5 at the University of London (SAM 4). II. — *User's Guide. Comm. Univ. London Obs.*, 1975, **76**, p. 1—70.
5. Грим Г. Спектроскопия плазмы. М.: Атомиздат, 1969. 452 с.
6. Vidal C. R., Cooper J., Smith E. W. Hydrogen stark-broadening tables. — *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1973, **25**, p. 37—136.
7. Леушин В. В. Водородные линии в спектрах пекулярных звезд. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1973, **5**, с. 70—80.
8. Снежко Л. И. О переменности блеска Ap-звезд. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1976, **8**, с. 14—19.
9. On the inhomogeneity of atmospheric parameters of magnetic peculiar stars/ I. M. Kopylov, R. N. Kumajgorodskaya, L. I. Snezhko et al. — *Vien, IAU Colloquium*, 1976, N 32, p. 435—439.
10. Schoening W. E. Hypersensitizing infrared plates with silver nitrate solution. — Reprinted from *AAS Photo-Bulletin*, 1978, **17**, p. 12—14.
11. Аллен К. У. Астрофизические величины. М.: Мир, 1977. 446 с.

Поступила в редакцию 05.06.84