

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗВЕЗД

В. С. Лебедев, И. А. Лебедева

Приведены результаты исследования влияния интенсивности линии, интенсивности и положения бленды, плотности негатива на измеренное значение магнитного поля при фотографическом способе регистрации магнитных полей звезд.

Investigation results of the influence of the line intensity, blend intensity and location, and negative density of the measured value of the magnetic field during the photographic registration of the stellar magnetic fields are presented.

Основным способом измерения магнитных полей звезд является фотографический, при котором после регистрации спектра с анализатором круговой поляризации производится измерение сдвига спектральных линий [1, 2]. Вообще говоря, процесс наведения визирной линии измерительного прибора на сложный контур спектральной линии не формализован. В настоящем исследовании примем, что измеряется положение центра тяжести линии.

Для изучения влияния различных факторов на значения магнитного поля, получающиеся при измерениях спектрограмм, была создана программа на языке алгол, позволяющая вычислять участок спектра с учетом блендирования линий. Теоретической основой программы является решение Унно [3] для переноса излучения с учетом магнитного поля. При этом предполагается, что линии образуются механизмом истинного поглощения в условиях локального термодинамического равновесия в модели Милна—Эддингтона с линейным приближением для функции источников. В отличие от уже описанной нами программы [4] здесь мы не включаем влияние неоднородностей физических условий и магнитного поля по поверхности звезды. После вычисления спектра в двух поляризациях он подвергался нелинейному преобразованию, имитирующему влияние характеристической кривой фотоматериала. Нами использовалось аналитическое представление характеристической кривой, приведенное в книге Х. Фризера [5]

$$D = \Gamma \frac{w}{0.6} \lg \left[10^{\frac{0.6}{w} (\lg H - \lg H_1)} + 1 \right].$$

Здесь D — оптическая плотность; H — интенсивность; Γ , w , $\lg H_1$ — параметры (Γ — контрастность фотоэмульсии, w — мягкость, $\lg H_1$ — точка инерции). Затем вычислялся спектр в пропусканиях $T = 10^D$.

Для того чтобы линии поглощения имели минимальные значения в центре при записи в пропусканиях, следует осуществить еще преобразование $T' = T_{\text{cont}} - T$, где $T_{\text{cont}} = 10^{D_{\text{cont}}}$ — значение пропускания на участке непрерывного спектра; D_{cont} — плотность непрерывного спектра.

В результате мы имеем спектры в интенсивностях, плотностях и пропусканиях. На каждом из них вычислялись центры тяжести линий. Разности центров тяжести в двух состояниях поляризации переводились в значения напряженности магнитного поля по формуле

$$B \text{ (Гс)} = \Delta \lambda \text{ (Å)} / [2.33 \cdot 10^{-13} g \lambda^2 \text{ (Å)}],$$

где $\Delta \lambda$ — сдвиг, Å; λ — длина волны; g — фактор Ланде. На рис. 1 приведены зависимости напряженности магнитного поля от эквивалентной ширины

спектральной линии по спектру в интенсивностях при заданных полях 2 и 10 кГс и различных углах γ между направлением поля и лучом зрения. Обращает на себя внимание наличие зависимости измеренного поля от интенсив-

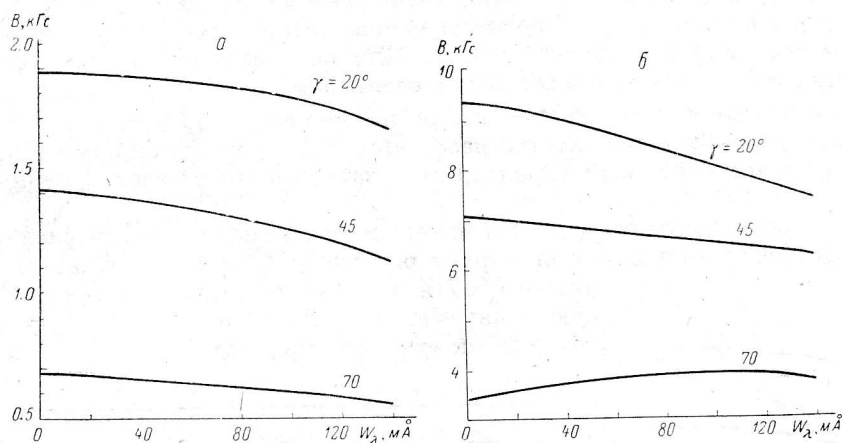


Рис. 1. Влияние интенсивности линии на измеренное значение напряженности магнитного поля при заданном поле 2 (а) и 10 кГс (б) и различных углах γ между лучом зрения и направлением поля.

ности линий, причем только для самых слабых линий получают правильные значения напряженности поля. Это происходит из-за того, что с усилением линии характер изменения ее крыльев в поляризованном излучении различен,

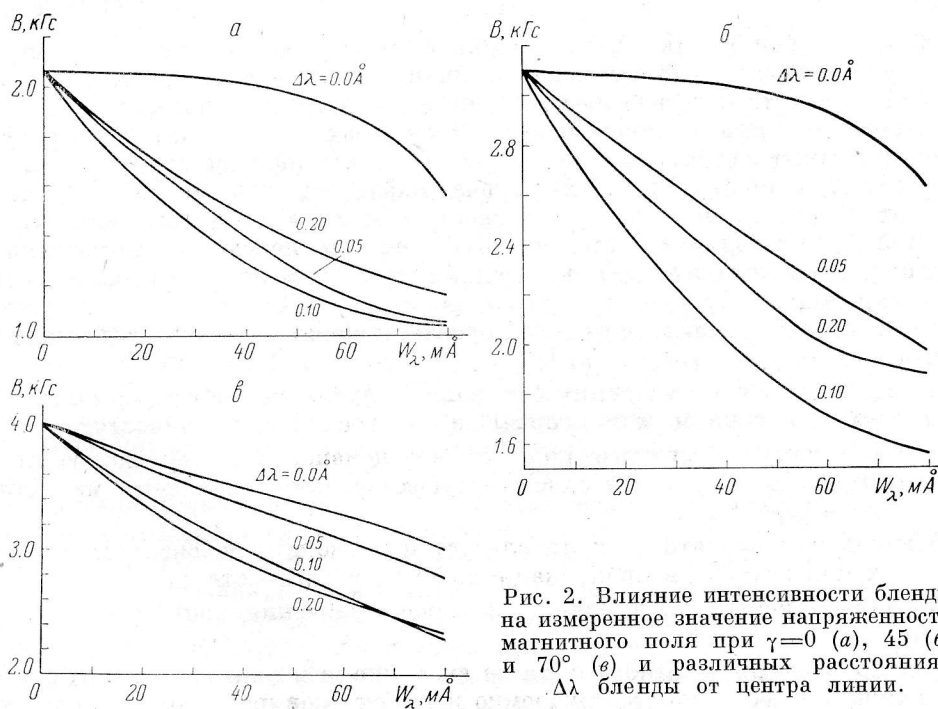


Рис. 2. Влияние интенсивности бленды на измеренное значение напряженности магнитного поля при $\gamma = 0^\circ$ (а), 45° (б) и 70° (в) и различных расстояниях $\Delta\lambda$ бленды от центра линии.

что и приводит к изменению центра тяжести линии. Такая зависимость с учетом того обстоятельства, что линии различной интенсивности образуются в среднем на различной глубине, может создать ложное представление о существовании радиального градиента магнитного поля в атмосфере звезды. Зависимость магнитного поля от интенсивности линий наблюдается у некоторых магнитных звезд [6].

В богатых линиями спектрах магнитных звезд блендирование является типичным явлением. Представляет интерес промоделировать влияние бленды на измеренное значение магнитного поля. Такое моделирование показало, что магнитная бленда с таким же значением фактора Ланде, как и у основной линии, слабо влияет на измеренное значение магнитного поля при различных положениях и интенсивностях бленды. Для нейтральной бленды с фактором Ланде $g=0$ это не так. На рис. 2 приведены зависимости магнитного поля от интенсивности бленд при эквивалентной ширине основной линии $W_{\lambda}^0=96.6$ мÅ, различных углах γ и различных расстояниях $\Delta\lambda$ между линиями. Обращает на себя внимание сложный характер этой зависимости от рассмотренных факторов.

Все эти результаты относятся к измерениям по спектрам в интенсивностях.

Для исследования влияния характеристической кривой на значения магнитного поля мы взяли характеристическую кривую с параметрами $\Gamma=2$, $w=0.3$ и $\lg H_1=0.2$, при которых получается кривая, близкая к реальной

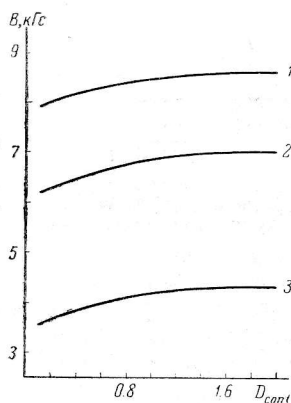


Рис. 3. Влияние плотности негатива на измеренное по спектру в плотностях значения магнитного поля при заданном поле 10 кГс и различных углах γ между лучом зрения и направлением поля.

	γ	B_i	B_t	W_{λ} , мÅ
1	20°	8.24	8.40	84
2	45	6.53	6.00	94
3	70	3.86	3.43	94

для фотоэмульсии Кодак ПаО. Изменяя плотность континуума D_{cont} , мы моделируем получение фотоматериала различной плотности. На рис. 3 показано влияние плотности негатива на измеренные по спектру в плотностях значения магнитного поля при заданном поле 10 кГс и углах $\gamma=20, 45$ и 70° . На рисунке приведены также значения магнитного поля, вычисленные по спектрам в интенсивностях B_i и пропусканиях B_t , причем оказалось, что значения B_t не зависят от плотности негатива, но несколько отличаются от соответствующих значений B_i . По-видимому, это связано с тем, что переход от интенсивности к пропусканию включает два нелинейных преобразования, почти полностью компенсирующих друг друга.

По результатам описанного моделирования можно сделать следующие выводы:

- 1) истинное значение магнитного поля получается по самым слабым небендированным линиям, измеренным по спектрам в интенсивностях;
- 2) зависимость магнитного поля от интенсивности линий можно ложно интерпретировать как свидетельство существования градиента магнитного поля в атмосфере звезды;
- 3) измерения магнитного поля следует производить по спектрам в интенсивностях или хотя бы в пропусканиях, но не в плотностях;
- 4) наличие нейтральной бленды занижает значения напряженности магнитного поля;
- 5) исправление магнитного поля за силу линии и влияние бленды в принципе можно провести, но это трудоемко и требует конкретизации модели атмосферы, магнитного поля, неоднородностей физических условий на поверхности звезды.

Литература

1. Бэбкок Г. В. Измерения магнитных полей звезд. — В кн.: Методы астрономии. Под ред. В. А. Хилтнера. М., «Мир», 1967, с. 100—116.
2. Глаголевский Ю. В., Козлова К. И., Копылов И. М. и др. Первые

- наблюдения магнитных полей на 6-метровом телескопе. — Письма в АЖ, 1977, 3, № 11, с. 500—502.
3. У н о W. Line formation of a normal Zeeman triplet. — Publ. Astron. Soc. Japan, 1956, 8, № 3—4, p. 108—125.
 4. Ле б е д е в В. С. Расчет параметров Стокса для излучения в линиях от магнитных звезд. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1980, 12, с. 25—34.
 5. Ф р и з е р Х. Фотографическая регистрация информации. М., «Мир», 1978. 670 с.
 6. Р о м а н ю к И. И. О существовании радиального градиента в атмосферах магнитных звезд. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1980, 12, с. 3—9.

Поступила в редакцию 08.04.81