О МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ ЗВЕЗД

В. Д. Бычков[1,2], Л. В. Бычкова[1,2], Ю. Мадэй[2]

[1] *Специальная астрофизическая обсерватория РАН*
369167, Карачаево-Черкесия, п. Нижний Архыз
e-mail: vbych@sao.ru

[2] *Обсерватория Варшавского университета*
Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa, Poland

Цель работы – представить краткий обзор накопленных наблюдательных данных, полученных в результате прямых измерений магнитных полей звезд, описать основные представления о магнитных полях звезд, сложившиеся на основе имеющихся наблюдательных данных.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИЗМЕРЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ ЗВЕЗД

В настоящее время известно о 1212 звездах главной последовательности и гигантов, для которых проводились прямые измерения магнитных полей (МП). Из них 610 звезд — это химически пекулярные (CP) звезды. [1]. Всего для этих звезд было получено 15240 оценок магнитного поля. Естественно, что наблюдатели отдавали предпочтение наиболее интересным объектам в то время, как у остальных звезд МП измерялось большей частью от 1 до 5 раз — в основном, с целью обзора. На рис. 1 показано распределение количества звезд по количеству измерений МП. По количеству измерений звезды разделены на бины с шагом 5, т. е. первый бин содержит звезды с числом измерений от 1 до 5, второй от 6 до 10 и т. д. В первый бин (не более 5 измерений) попадает 1061 звезда, что составляет 88% от общего количества (на рисунке первый бин обрезан сверху). На рис. 1 также не нанесены 5 звезд, магнитное поле для которых измерялось более 200 раз — это магнитные CP-звезды с очень хорошо изученным магнитным поведением — β CrB, α^2 CVn, γ Equ, 52 Her, BX Boo. Рис. 1 отображает в среднем степень исследованности МП у звезд.

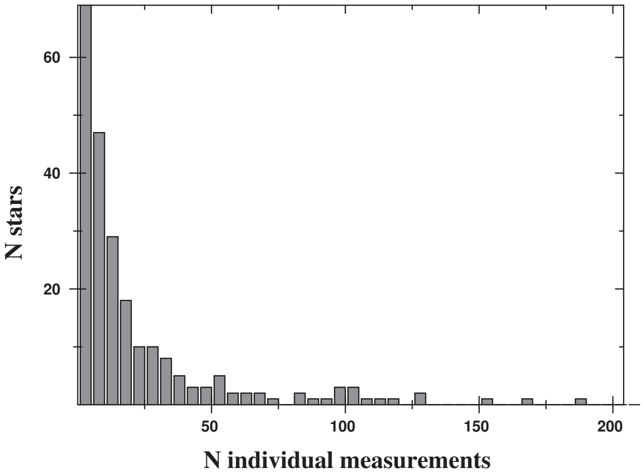

Рис. 1. Распределение количества звезд по количеству измерений магнитного поля

Распределение звезд с измеренным МП по видимым звездным величинам показывает (рис. 2), что яркие звезды приблизительно до 6-й звездной величины исследованы относительно равномерно.

На рис. 3 следует обратить внимание на то, что для построения гистограммы использовались только опубликованные оценки. А так как еще не все оценки, полученные в последние годы, опубликованы,

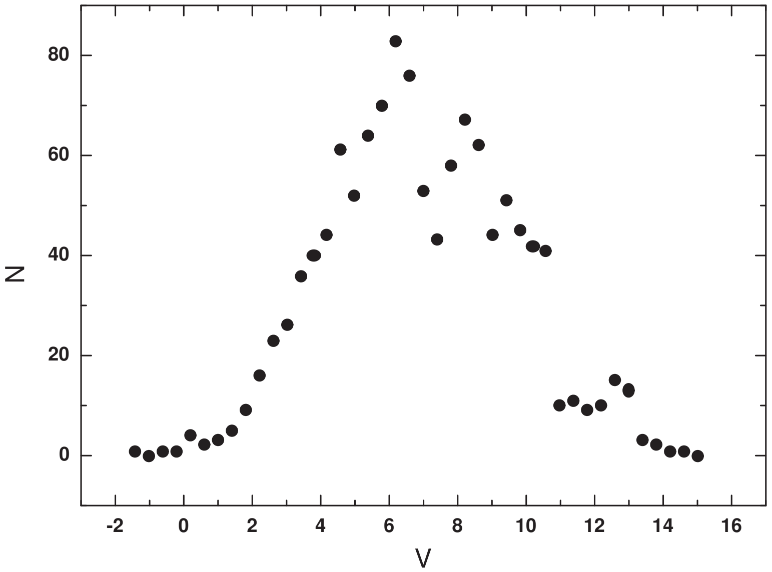

Рис. 2. Распределение звезд с измеренным МП по видимым звездным величинам

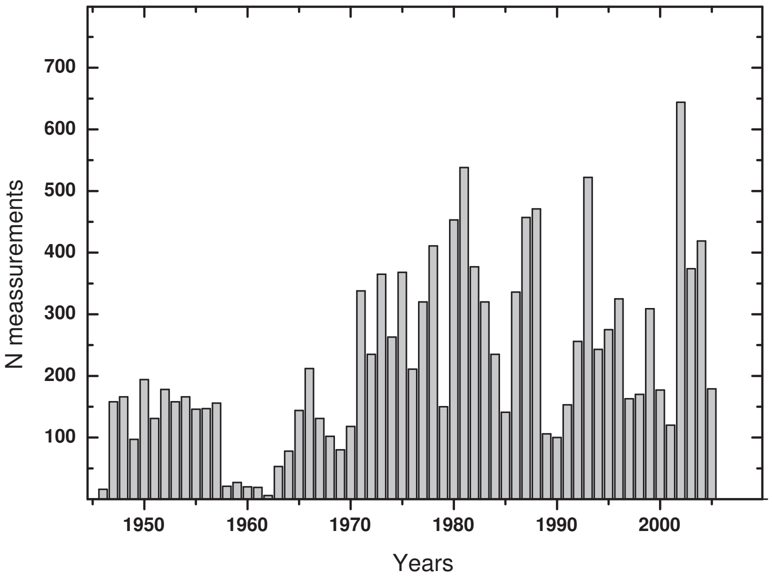

Рис. 3. Количество индивидуальных измерений магнитного поля, полученных в течение каждого года, начиная с момента первых измерений МП на звездах

следует ожидать увеличения числа оценок за последние годы. Рисунок свидетельствует о том, что наблюдается стабильный, все возрастающий интерес к исследованию звездного магнетизма.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ЗВЕЗД

На основании имеющихся наблюдательных данных сформировались следующие представления о магнитных полях звезд.

1. Сильными (до десятков килогаусс) глобальными магнитными полями обладает часть химически пекулярных звезд в верхней части главной последовательности диаграммы Герцшпрунга–Рессела.
2. Наблюдается экспоненциальный закон в распределении средней $<B_e>$ (root mean square longitudinal magnetic field strength (rmslmfs)) напряженности магнитных полей CP-звезд [1, 3]. На рис. 4 приведен пример такого распределения для CP-звезд SrCrEu-типа (т. е. со сверхизбытком стронция-хрома-европия в атмосфере).

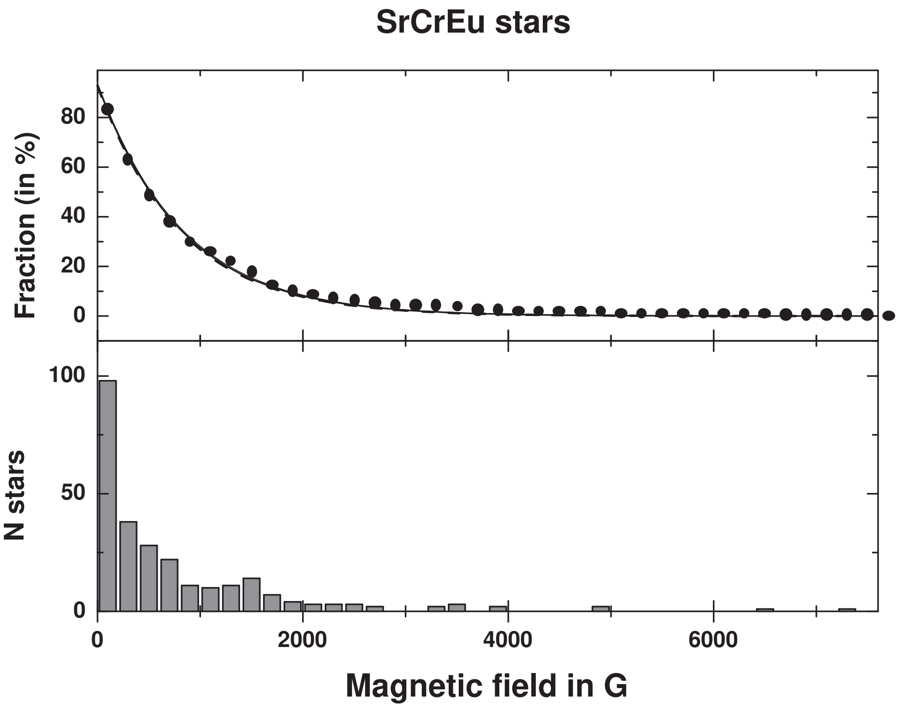

Рис. 4. Частота встречаемости МП для SrCrEu-Ap-звезд

3. Изучена магнитная переменность для 157 звезд [2], совпадающая с периодами вращения звезды. Переменность объясняется интегральным эффектом проекции продольного компонента магнитного поля по видимой полусфере на луч зрения.
4. Переменность МП для 86% CP-звезд имеет вид простой гармоники. Магнитное поведение этих звезд полностью описывается моделью наклонного ротатора Стибса–Престона. Оси вращения таких звезд ориентированы случайным образом в пространстве, что подтверждается симметричным распределением постоянной составляющей B_0 (рис. 5) [2].
5. Для 14% звезд переменность носит сложный, двухкомпонентный характер. Такой тип переменности хорошо описывается квадрупольной структурой МП-звезды. Причем напряженность МП на полюсах может существенно различаться.

   Существует и альтернативное объяснение такого сложного фазового магнитного поведения – это возможное влияние на измерения неоднородностей распределения химического состава по поверхности [4].

   В настоящее время известна только одна Bp-звезда (HD 37776), имеющая более сложную, чем двухкомпонентную, фазовую магнитную кривую и, вероятно, еще более сложную структуру магнитного поля.

   Распределение постоянной составляющей B_0 для звезд с двойными и более сложными фазовыми магнитными кривыми имеет значительный перекос в отрицательные значения (рис. 6) [2]. Это очень интересный факт, и авторы склоняются к версии, что пока мала статистика – всего 22 объекта. Но на настоящий момент отрицательные значения B_0 для таких звезд встречаются вдвое чаще положительных.
6. Зависимость относительной замагниченности МА для различных типов CP-звезд от эффективной температуры не дает однозначного указания на возможный эволюционный сценарий возникновения магнитного поля (рис. 7). Уменьшение МА с уменьшением $T_{эф}$ (а следовательно уменьшения массы и увеличения возраста) для горячих CP-звезд может свидетельствовать в пользу гипотезы “реликтового” происхождения МП. Резкий скачок МА в области “холодных” (а следовательно менее массивных и существенно более долгоживущих) CP-звезд может свидетельствовать в пользу “динамо” механизма [1].
7. Нормальные звезды не имеют глобальных магнитных полей до напряженности в несколько гаусс.

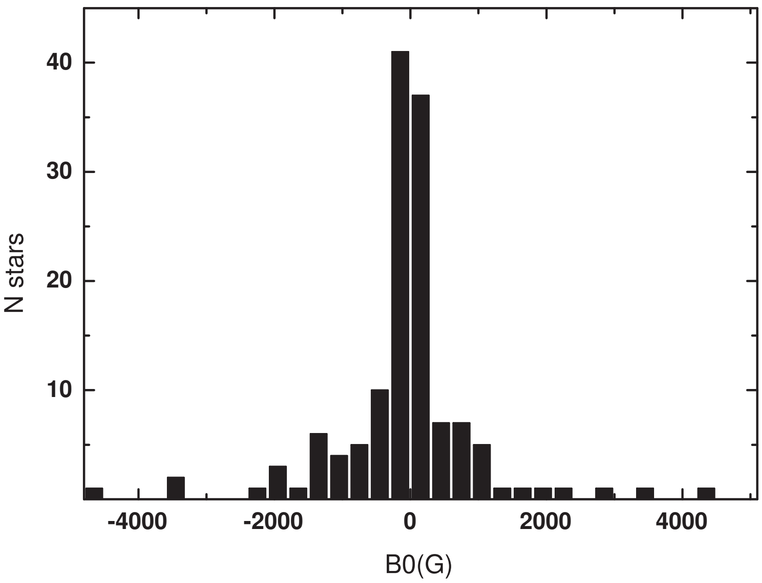

Рис. 5. Распределение постоянной составляющей B_0 для звезд с простыми гармоническими магнитными фазовыми кривыми

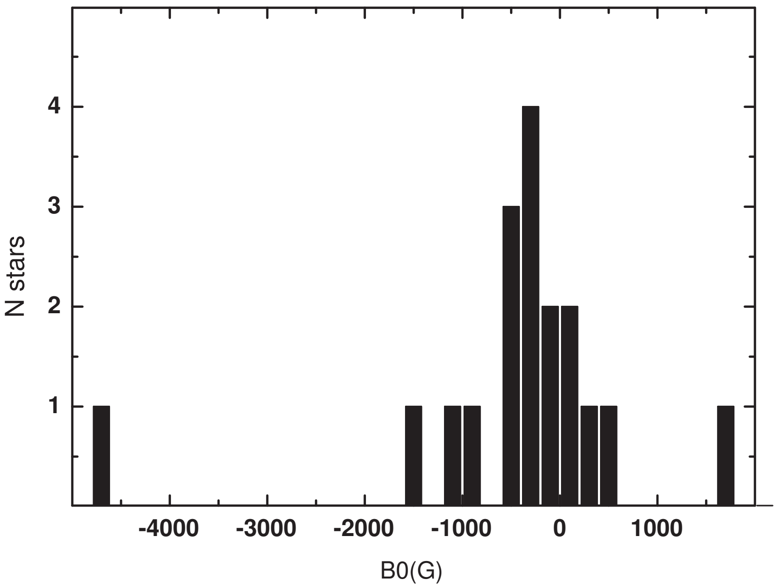

Рис. 6. Распределение постоянной составляющей B_0 для звезд со сложными двухкомпонентными магнитными фазовыми кривыми

8. Переменность продольного МП с малой амплитудой (до нескольких десятков Гс) известна для восьми звезд солнечного типа и трех ранних сверхгигантов. Структура глобальных магнитных полей такого типа звезд (полоидально-тороидальных) описана в работах [6] и др. авторов.
9. Более сильными продольными МП (до нескольких сотен Гс) обладают М-карлики. При этом фазовые магнитные кривые меняют вид и амплитуду на шкале времени от нескольких месяцев и более [5].
10. Звезды поздних спектральных классов, лежащие на главной последовательности, имеют на своей поверхности локальные замагниченные области со средней напряженностью для G-класса 1500 Гс, для К – 2500 Гс и для М – 3500 Гс.

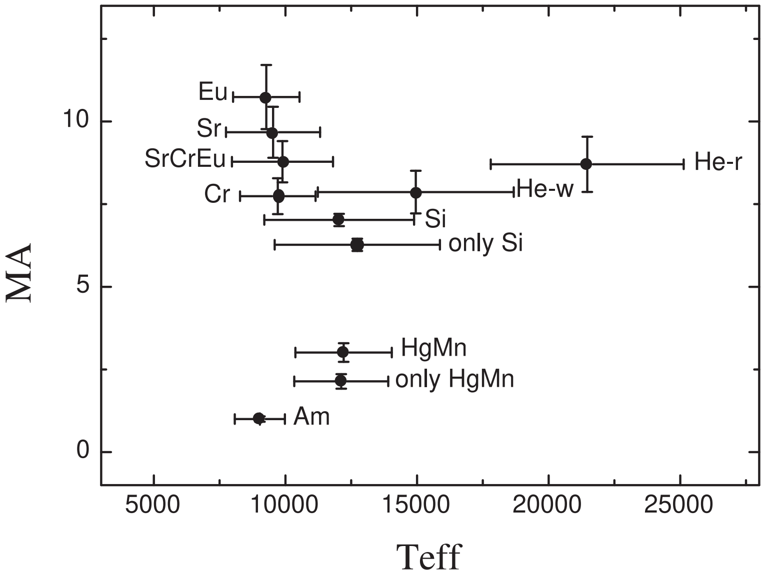

Рис. 7. Зависимость относительной замагниченности MA для различных типов CP-звезд от эффективной температуры

This work was supported by grant No N203 4061 33 from the Polish Committee for Scientific Research.

[1] *Bychkov V. D., Bychkova L. V., Madej J.* Catalogue of averaged stellar effective magnetic fields. II. Re-discussion of chemically peculiar A and B stars // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. – 2009. – **394**. – P. 1338–1350.

[2] *Bychkov V. D., Bychkova L. V., Madej J.* A catalog of stellar magnetic rotational phase curves // Astron. and Astrophys. – 2005. – **430**. – P. 1143–1154.

[3] *Bychkov V. D., Bychkova L. V., Madej J.* Catalogue of averaged stellar effective magnetic fields. I. Chemically peculiar A and B type stars // Astron. and Astrophys. – 2003. – **407**. – P. 631–642.

[4] *Lebedev V. S., Bychkov V. D., Bychkova L. V., Madej J.* Oblique rotator with inhomogeneous and symmetrical surface distribution of chemical elements // Physics of Magnetic Stars: Proc. Intern. Conf., held in the Spec. Astroph. Obser. of the RAS / Eds I. I. Romanyuk and D. O. Kudryavtsev. – 2007. – P. 169–171.

[5] *Morin J., Donati J.-F., Petit P., et al.* Large-scale magnetic topologies of mid M dwarfs // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. – 2008. – **390**. – P. 567–581.

[6] *Petit P., Dintrans B., Solanki S. K., et al.* Toroidal versus poloidal magnetic fields in Sun-like stars: a rotation threshold // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. – 2008. – **388**. – P. 80–88.