



Наблюдения магнитных белых карликов в САО РАН

Аитов Виталий Наильевич¹, Корчагина Елена Павловна¹, Валявин Геннадий Геннадиевич¹

(1) Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Введение

В САО РАН с конца 80-х, начала 90-х годов ведется программа поиска глобальных (регулярных) магнитных полей у белых карликов (БК). Основной целью данной программы является поиск магнитных белых карликов (МБК) с полями менее мегагаусса и изучение распределения этих объектов по магнитным полям. Анализ этого распределения может дать ответ на вопрос о физической природе этих объектов, в частности, являются ли МБК отдельным подклассом белых карликов с уникальными эволюционными особенностями или МБК это объекты с самыми большими напряженностями магнитных полей среди непрерывного распределения магнитных полей всех БК. В настоящей работе мы еще раз анализируем результаты этих исследований в совокупности с новыми результатами других авторов.

Наблюдения

Поиск и исследование магнитных полей белых карликов в САО РАН проводятся начиная с 90-х годов различными авторами. Результаты этих исследований представлены в работах сотрудников САО РАН (Bychkov et al., 1991; Fabrika et al., 1997; Shtol et al., 1997; Fabrika et al., 2003; Valyavin et al., 2003; Valyavin et al., 2005a,b; Valyavin et al., 2006; 2008; 2011; 2014). А также в совместных работах САО РАН с зарубежными группами (Landstreet et al., 2012; 2015; 2016; 2017; 2018; Bagnulo et al., 2018a), в которых в том числе представлены данные с телескопов ESO и 3.6-м телескопа Франко-Гавайской обсерватории.

Также на базе телескопа Цейсс-1000 проводился поиск кандидатов в магнитные белые карлики по фотометрическим наблюдениям в моде круговой поляризации. Результаты этой работы представлены в работах Aitov et al. (2022), Aitov and Valyavin (2023).

Объект	Нижняя оценка времени стабильности, годы
WD0009+501	80
WD1953-011	100
WD2047+372	140
WD2359-434	40
GRW+708247	>> 100
WD1312+098	>> 100

Таблица 1. Оценки времен стабильности магнитосфер белых карликов

Оценки времени стабильности магнитосфер белых карликов

Временные ряды наблюдений магнитных объектов, которые были получены при проведении указанных выше программ, с привлечением данных других авторов составили от нескольких до почти 50 лет. Сравнивая результаты магнитометрических и поляризационных наблюдений на этих временных интервалах мы получили нижние оценки времени стабильности магнитосфер этих объектов. Для звезд, у которых были известны периоды вращения, наблюдения аппроксимировались синусоидой для получения её амплитуды для различных участков временных рядов (разнесенных на годы). Затем, используя линейную модель вековой эволюции магнитного поля и полученные амплитуды, были получены нижние оценки характеристических времен эволюции. Для объектов, не имеющих данных о вращении, все точки аппроксимировались линейно.

Результаты представлены в табл.1. На временах от нескольких десятков (для wd2359-434) до сотен и более (для GRW+708247, wd1312+098) лет магнитосферы этих звезд остаются стабильными. Это, во-первых, подтверждает гипотезу о реликтовом происхождении и медленной диссипации магнитных полей (Wendell et al., 1987). Во-вторых факт стабильности магнитных полей на временах от десятков лет позволит использовать эти звезды как стандарты круговой поляризации. До сих пор списка таких стандартов не существовало.

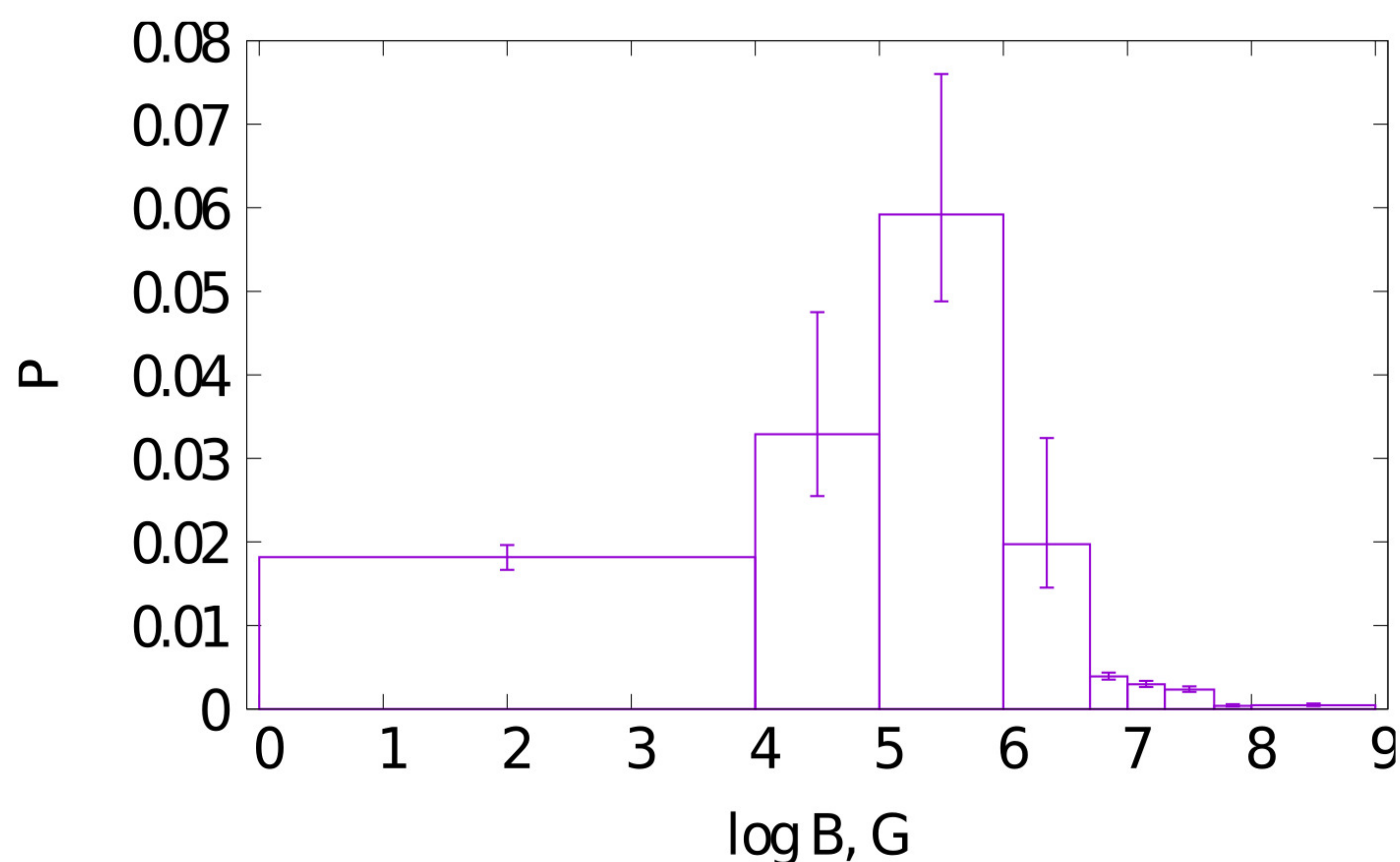


Рисунок 1. Вероятность (P) обнаружения магнитного поля с напряженностью (B). Составлен по каталогу Kepler et al., (2013) для объектов с высокими напряженностями магнитных полей и Bagnulo and Landstreet, (2021) для объектов с низкими напряженностями магнитных полей.

Распределение магнитных полей белых карликов

Рассмотренные выше объекты имеют напряженности магнитного поля от нескольких десятков килогаусс и выше. Однако большинство белых карликов не демонстрируют никаких магнитных свойств. Решение этой проблемы нужно искать в распределении белых карликов по их магнитным полям.

Впервые это распределение (Magnetic field function, MFF) было построено Фабрикой и Валявиным (Fabrika and Valyavin 1998; 1999). Мы построили новые функции MFF по данным современных обзоров, они представлены на рис.2. Небольшие различия являются селекционными, т.к. для составления MFF использовались различные обзоры с пространственным ограничением и без него. Тем не менее все функции показывают степенную зависимость. Однако зависимость нарушается в области ниже 100 Кгс и демонстрирует селекционный «завал». Это хорошо иллюстрирует рис.1. Наше объяснение этого явления состоит в том, что в слабомагнитной области распределения симметрия магнитного поля динамическими процессами в поверхностных слоях белых карликов, и поиск магнитных полей в этой области поляризационными методами становится неэффективным.

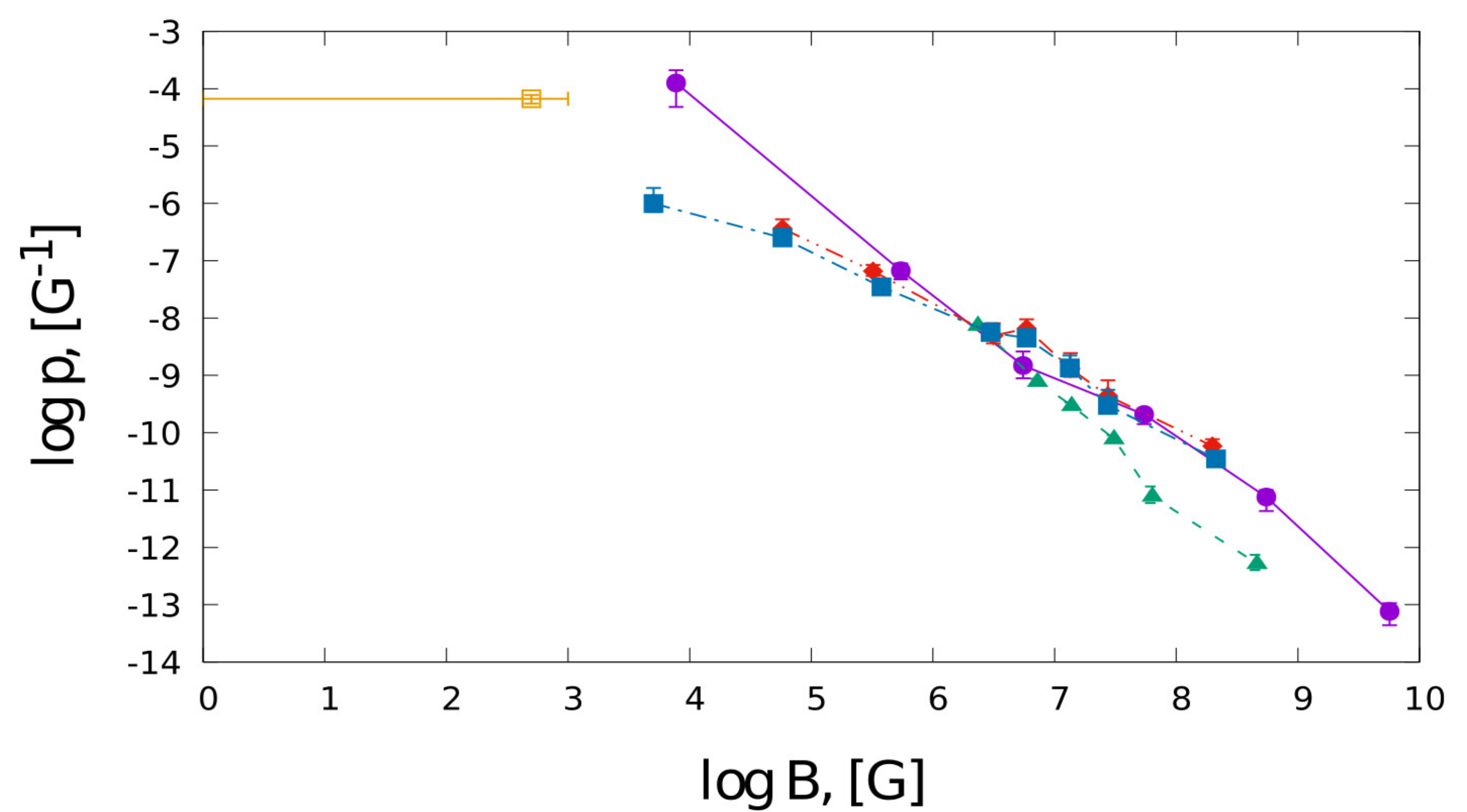


Рисунок 2. Функция магнитного поля белых карликов (MFF, зависимость плотности вероятности p встретить МБК заданного магнитного поля B), по данным различных авторов. Фиолетовыми кругами изображена функция, представленная в Fabrika and Valyavin, (1999), зелеными треугольниками представлена функция по данным обзора Kepler et al., (2013), красными ромбами представлена функция по данным обзора Bagnulo and Landstreet, (2021), синими заполненными квадратами представлена функция по данным Holberg et al., (2016) с добавлениями из Bagnulo and Landstreet (2021) и Valyavin et al., (2006). Оранжевым незаполненным квадратом представлен нижний предел MFF по данным Bagnulo and Landstreet, (2021) по объектам у которых магнитное поле не было обнаружено и критерий 3σ для которых был менее 1 кГс (в статье указана точность 1σ).

Заключение

Получены оценки времени стабильности магнитосфер шести МБК. Они составили от нескольких десятков до сотен и более лет. Этот факт позволяет использовать эти объекты как стандарты круговой поляризации.

Построено распределение МБК по магнитным полям. Обнаружен селекционный «завал» в распределении при напряженности магнитных полей ниже 100КГс. Причина этого явления состоит в разрушении глобальной симметрии магнитного поля процессами в поверхностных слоях МБК.

- V. N. Aitov and G. G. Valyavin, INASAN Science Reports 8 (2), 51 (2023).
V. N. Aitov, G. G. Valyavin, A. F. Valeev, et al., Astrophysical Bulletin 77 (3) (2022)
S. Bagnulo and J. D. Landstreet, Monthly Notices Royal Astron. Soc. 507 (4), 5902 (2021).
S. Bagnulo, J. D. Landstreet, A. J. Martin, and G. Valyavin, Contr. Astron. Obs. Skalnat Pleso 48 236 (2018)
V. D. Bychkov, S. N. Fabrika, and V. G. Shtol, Soviet Astronomy Letters 17, 19 (1991).
S. N. Fabrika and G. G. Valyavin, Bulletin of the Special Astrophysics Observatory 45, 84 (1998).
S. Fabrika and G. Valyavin, in S. E. Solheim and E. G. Meistas (eds.), 11th European Workshop on White Dwarfs, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, vol. 169, p. 214 (1999).
S. N. Fabrika, V. G. Shtol, G. G. Valyavin, and V. D. Bychkov, Astronomy Letters 23 (1), 43 (1997).
S. N. Fabrika, G. G. Valyavin, and T. E. Burlakova, Astronomy Letters 29, 737 (2003).
J. B. Holberg, T. D. Oswalt, E. M. Sion, and G. P. McCook, Monthly Notices Royal Astron. Soc. 462, 2295 (2016).
S. O. Kepler, I. Pelisoli, S. Jordan, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. 429, 2934 (2013).
J. D. Landstreet, S. Bagnulo, G. G. Valyavin, et al., Astron. and Astrophys 545, A30 (2012).
J. D. Landstreet, S. Bagnulo, G. G. Valyavin, et al., Astron. and Astrophys 580, A120 (2015).
J. D. Landstreet, S. Bagnulo, G. Valyavin, and A. F. Valeev, Astron. and Astrophys 607, A92 (2017).
J. D. Landstreet, S. Bagnulo, and G. Valyavin, Contributions of the Astronomical Observatory Skalnat Pleso 48 (1), 284 (2018).
J. D. Landstreet, S. Bagnulo, A. Martin, and G. Valyavin, Astron. and Astrophys 591, A80 (2016).
V. G. Shtol, G. G. Valyavin, S. N. Fabrika, et al., Astronomy Letters 23 (1), 48 (1997).
G. Valyavin, K. Antonyuk, S. Plachinda, et al., Astrophys. J. 734, id. 17 (2011).
G. Valyavin, S. Bagnulo, D. Monin, et al., Astron. and Astrophys. 439, 1099 (2005a).
G. Valyavin, S. Bagnulo, S. Fabrika, et al., Odessa Astronomical Publications 18, 135 (2005b).
G. Valyavin, S. Bagnulo, S. Fabrika, et al., Astrophys. J. 648, 559 (2006).
G. G. Valyavin, T. E. Burlakova, S. N. Fabrika, and D. N. Monin, Astronomy Reports 47 (7), 587 (2003).
G. G. Valyavin and S. N. Fabrika, Bulletin of the Special Astrophysics Observatory 45, 69 (1998).
G. Valyavin and S. Fabrika, ASP Conf. Ser. 169, 206 (1999).
G. Valyavin, D. Shulyak, G. A. Wade, et al., Nature 515, 88 (2014)
G. Valyavin, G. A. Wade, S. Bagnulo, et al., Astrophys. J. 683, 466 (2008).
C. E. Wendell, H. M. van Horn, and D. Sargent, Astrophys. J. 313, 284 (1987).