

УДК 524.384, 524.386

## Бэ́та Лиры и магнитные поля двойных звезд

*М.Ю. Скульский*<sup>1</sup>, *И.И. Романюк*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный университет “Львовская политехника”, 79013, Львов, Украина  
*e-mail: mysuky@polymet.lviv.ua*

<sup>2</sup> Специальная астрофизическая обсерватория, 369167, Нижний Архыз, Россия  
*e-mail: roman@sao.ru*

Поступила в редакцию 2 октября 2008 г.

**Аннотация.** Кратко рассмотрены современные достижения в исследовании магнитного поля двойных звезд, а также некоторые результаты исследования магнитного поля Бэ́та Лиры и других объектов.

*$\beta$  LYRAE AND MAGNETIC FIELDS OF BINARY STARS, by M.Yu. Skulsky, I.I. Romanyuk.*  
A modern advances in the study of the magnetic field of binary stars are briefly discussed. A few interesting results of the magnetic field study of Beta Lyrae and other objects are described.

**Ключевые слова:** магнитное поле, двойные звезды, Бэ́та Лиры

---

Магнетизм как явление широко изучается в современной астрофизике. Исследованы магнитные поля порядка 400 звездных объектов, неплохо изучена структура магнитного поля Галактики. Их величины изменяются от микрогауссов в межзвездной среде до сотен мегагауссов в нейтронных звездах и магнетарах. Однако основной вопрос, который заключается в том, как возникло и эволюционирует магнитное поле звезд и Галактики, не выяснен.

Ответ на него мы ищем исходя из двух конкурирующих гипотез: магнитное поле реликтовое (оно возникло вместе со звездой из межзвездной среды) и магнитное поле сгенерировано внутри звезды. Исследуются магнитные поля невырожденных звезд разной массы, температуры, скорости осевых вращений, возраста, их пространственного распределения в Галактике и результаты работы этих двух механизмов. Все же уже имеются определенные связи между топологией и ориентацией магнитного поля отдельных звезд и структурой магнитного поля Галактики. Распределение поляризации электромагнитных волн в Галактике свидетельствует о том, что она возникает при рассеянии на пылинках межзвездной среды. Они ориентированы под действием магнитного поля, которое направлено вдоль рукавов. Пространственное распределение магнитных звезд в зависимости от типа пекулярности (как и для нормальных звезд) показывает, что их концентрация растет до галактической плоскости и центра Местной системы звезд (ее размеры составляют 200 x 500 пк, ее центр находится на расстоянии 100 пк от Солнца, а Солнце – 8 кпк от центра Галактики). Этот результат основан на измерениях магнитного поля звезд на оборудованных чувствительной аппаратурой мощных телескопах (включая 8-м телескоп в Чили) и прежде всего на измерениях прямого эффекта Зеемана в очень узких и сильных спектральных линиях химически пекулярных звезд (изучено

магнитное поле около 350 CP-звезд). Нет также различий в скоростях осевого вращения, в возрасте и массах магнитных и немагнитных звезд. Магнитные звезды не показывают и преимущественной ориентации углов наклона оси вращения и магнитной оси. Можно предположить, что эти звезды возникли вместе с местной системой звезд и эволюционируют вместе с ней. Аномальный химический состав на поверхности звезд создается не из межзвездной среды, а в процессе эволюции этих звезд (Романюк, 2005).

На общую картину исследования магнитного поля звезд нашей Галактики накладывается изучение магнитного поля двойных звезд. Это еще не столь многочисленные объекты и их исследования идут в нескольких направлениях. Прежде всего отметим, что активное исследование CP-звезд показало, что доля двойных среди них в два раза меньше, нежели для нормальных A-звезд. Доля двойных магнитных звезд среди CP-звезд еще меньше и вычисляется пока десятками, что недостаточно для статистических исследований. Тем не менее многие очень яркие и хорошо изученные CP-звезды являются оптически или спектрально-двойными. Большинство магнитных двойных CP-звезд включают один магнитный компонент. Только в нескольких парах оба компонента являются или предполагаются магнитными CP-звездами. Все эти объекты – широкие пары и никакого взаимодействия между их компонентами нет. Как правило, главный компонент является пекулярным, а вторичные более слабые компоненты – звездами Главной последовательности. Ни один из вторичных компонентов пока не изучен детально спектрально, и задача с целью построения их моделей и определения их физических параметров только ставится.

Обратим внимание на другое направление – выявление механизмов генерации и закономерностей в поведении магнитного поля и детальное изучение других физических параметров определенных объектов на основании длительных рядов наблюдений с одной и той же аппаратурой на мощных телескопах с точными светоприемниками. Мы приведем основные результаты современных исследований двух объектов, которые выполнены в основном в Крымской астрофизической обсерватории.

Одним из них является система Бэ́та Ли́ры – активно взаимодействующая двойная с развитыми околосредными газовыми структурами. В свете вышесказанного существенным прогрессом стали спектральные ПЗС-наблюдения 1990–1992 гг. этой взаимодействующей системы на 2.6-м телескопе Крымской астрофизической обсерватории. Они, например, позволили окончательно решить задачу прямого определения масс обоих компонентов – 3.0 и 13.5 солнечных масс соответственно для яркого донора класса VШ и недосветимого аккректора. Из этих же наблюдений выявлено также, что газовое образование вокруг аккректора можно разделить на две составляющие: массивный балдж, камуфлирующий аккректор и отражающий его орбитальное движение, и внешний аккреционный диск, простирающийся от балджа до границ поверхности Роша аккректора. Внешний диск явно показывает ротационный эффект в спектральных линиях, меняя свои параметры от сезона к сезону и выявляя признаки прецессии. Эти и другие данные явно указывают на то, что система Бэ́та Ли́ры находится в конце первичного обмена веществом между донором (потеря его вещества составляет примерно 2 солнечных массы за 100 тысяч лет) и аккректором (Скульский, 2007).

С точки зрения исследования звездного магнетизма интересным и даже проблематичным оказалось обнаружение (Скульский, 1982) и дальнейшее исследование магнитного поля Бэ́та Ли́ры. Это первая и до сих пор единственная взаимодействующая двойная система с выявленным магнитным полем горячего донора, который достигает своей поверхности Роша и активно теряет вещество. Магнитное поле в 1200 Гс, усредненное за орбитальный период длительностью около 13 дней, было открыто и первично исследовано классическим методом измерения зеемановского расщепления спектральных линий на фотопластинках по наблюдениям в 1980–1988 гг. на 6-м телескопе Специальной астрофизической обсерватории. Несмотря на переменчивость измеренных значений поля вдоль фаз орбитального периода они сформировали квазисинусоидальную кривую с амплитудой в 475 Гс и максимумами в фазах орбитального периода 0.355P и 0.855P. Это могло свидетельствовать о дипольном характере магнитного поля донора. Оно отслеживается и в некоторых других параметрах спектральных линий, формирующихся как на поверхности донора, так и в ближайших околосредных структурах, особенно вблизи магнитного полюса, обращенного к аккректору. Поведение с фазой доплеровских скоростей, например, узкой линии He I 3889, имеющей нижний метастабильный уровень и образующейся в общей расширяющейся оболочке, также коррелирует

с магнитным полем донора, предполагая наличие магнитосферы вокруг двойной системы. Однако характер переменности магнитного поля донора явно видоизменился в результате его изучения с помощью ПЗС-наблюдений Бэта Лиры на 2.6-м телескопе КраО за несколько сезонов наблюдений в 1991–2004 гг. Хотя наличие поля было подтверждено, однако оно оказалось значительно меньшей амплитуды и более сложного характера переменности (Скульский и Плачинда, 1993). Нельзя однозначно сказать, что поле изменяется синхронно фазам орбитального периода. Это позволило предположить асинхронность осевого вращения донора, вычисленный период которого на 2.3 % больше орбитального. При таком асинхронизме простое физическое толкование, например, получила природа недавно выявленного из фотометрических наблюдений вторичного неорбитального периода в 282.425 дня. Его длительность точно равна половине периода биения орбитального периода и осевого периода донора. Исходя из физики приливных явлений этот период является периодом приливной волны на поверхности донора. С другой стороны, вычисленный период прецессии внешнего края аккреционного диска, близкого к поверхности Роша аккретора, также равен неорбитальному периоду. Оба периода могут быть реальными и засинхронизованными. Можно заключить: системе Бэта Лиры присущи резонансные взаимодействия между прецессионным вращением диска аккретора, возмущенного донором, и бегущей приливной волной на поверхности донора, вызванной вращением аккретора вокруг донора (Скульский, 2007). На частотном спектре мощности магнитного поля выявлены и другие периоды, которые также могут свидетельствовать о резонансах в системе Бэта Лиры. Однако эти данные требуют более надежного статистического наполнения на основе более детального изучения как магнитного поля, так и других физических параметров, в которых оно может отражаться. А это требует большого количества наблюдательного времени на крупных телескопах при сложной специфике наблюдений в рамках длительного и почти кратного суткам орбитального периода.

Как показали недавние исследования, выполненные в Крымской астрофизической обсерватории (Бутковская и Плачинда, 2007), другим интересным и необычным объектом с точки зрения магнетизма двойных звезд стала Гамма Пегаса. Это горячая звезда (класс B2 IV) типа Бэта Цефея, пульсирующая в чисто радиальной моде с периодом в 0.15 дня. Они подтвердили и уточнили орбитальный период двойной системы Гамма Пегаса в 6.816 дня. В отличие от Бэта Лиры яркий компонент в системе Гамма Пегаса более массивный (8.3 солнечных масс) и на порядок интенсивней вторичного. Не отмечены особенности, которые свидетельствуют о переносе масс в системе Гамма Пегаса. Точные методы ПЗС-наблюдений и исследования слабого магнитного поля, развитые в КраО одним из авторов, позволили впервые выявить и изучить эффективное магнитное поле яркого пульсирующего компонента. При этом поле меняется не с орбитальным, а с другим, на 2.4 % меньшим периодом, то есть с осевым периодом вращения пульсирующего компонента. Несмотря на небольшую амплитуду в 20 Гс (поле меняется от  $-10$  до  $+30$  Гс), кривая переменности магнитного поля с осевым периодом явно синусоидальна, поле дипольное и яркий компонент – наклоненный ротатор. Моделирование методом “распределения магнитных зарядов” показало, что глобальное магнитное поле на полюсе равно 570 Гс при угле наклона оси вращения к лучу зрения в 9 градусов и угле 85 градусов между осью вращения и осью диполя. Впервые надежно определена и переменность магнитного поля с амплитудой 7 Гс с периодом радиальной пульсации. Это значит, что в Гамма Пегаса зафиксирована пульсационная модуляция магнитного поля: на кривую переменности общего магнитного поля яркого первичного компонента двойной системы больше сорока раз за орбитальный период накладывается пульсационная составляющая магнитного поля.

Ясно, что Гамма Пегаса и Бэта Лиры – уникальные объекты среди двойных магнитных звезд, которые в подавляющем большинстве являются SR-звездами. Однако отметим, что исследование магнитного поля позволило выявить в обеих системах наличие резонансных явлений при примерно одинаковом различии между осевым и орбитальными периодами для яркого компонента. Обратное соотношение между этими периодами может быть отражением различного эволюционного статуса этих двойных систем.

Важное направление – исследование магнитных полей катаклизмических двойных объектов. Как правило, один из компонентов – магнитный белый карлик. Имеются двойные пульсары и другие экзотические объекты с очень сильными магнитными полями. Здесь мы их не рассматриваем.

## Литература

- Бутковская, Плачинда (Butkovskaya V., Plachinda S.) // *Astron. Astrophys.* 2007. V. 469. P. 1069.  
Романюк И.И. // *Бюлл. Спец. Астрофиз. Обсерв.* 2005. Т. 58. С. 64.  
Скульский М.Ю. // *Письма в Астрон. журн.* 1982. Т. 8. С. 238.  
Скульский (Skulsky M.Yu.) // “Physics of magnetic stars”. *Proceed of Intern. Conference/ Eds Kudryavtsev D.O. and Romanyuk I.I.* 2007. Nizhnij Arkhyz. P. 223.  
Скульский М.Ю. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2007. Т. 103. №. 3. С. 127.  
Скульский, Плачинда (Skulsky M.Yu., Plachinda S.I.) // *Astron. Lett.* 1993. V. 19. P. 203.