

УДК: 524.35—337

О ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД ОТ ПЕРИОДА ВРАЩЕНИЯ

Ю. В. ГЛАГОЛЕВСКИЙ

Поступила 1 сентября 1984

Принята к печати 11 января 1985

Найдена зависимость среднего поверхностного магнитного поля B_s химически пекулярных звезд от периода вращения P . Эта зависимость имеет в области $P < 8^d$ прямую корреляцию и при $P > 8^d$ — обратную.

1. Можно ожидать, что в зависимости от механизмов происхождения и распада магнитного поля соотношение между средним поверхностным полем B_s звезд и периодом вращения P будет иметь характерный вид. В соответствии с предсказаниями теории генерации магнитного поля с помощью динамо-механизма, величина поля должна быть пропорциональна угловой скорости вращения, $B \propto \Omega$ [1]. При этом угол β наклона оси диполя к оси вращения звезды должен быть близким к 90° . Если поле магнитных звезд имеет реликтовую природу, т. е. оно образовалось в стадии рождения звезды при сжатии намагниченных протозвездных облаков, то B не будет зависеть от P . В этом случае распределение углов β будет произвольным.

В работе [2] приводятся данные о том, что быстро вращающиеся SR-звезды в среднем имеют меньшее поле, чем медленно вращающиеся, причем некоторые звезды с быстрым вращением вообще не имеют поля, вернее, его значения, превышающего 1000 Гс, т. к. в [2] ошибка измерений в среднем была около 500 Гс. По мнению авторов работы [2] линия раздела между быстро вращающимися и медленно вращающимися звездами лежит где-то в диапазоне $P = 3^d - 5^d$. Таким образом, они нашли антикорреляцию величины поля и скорости вращения, что не соответствует выводам гипотезы динамо. В нашей работе и работе Диделона [3, 4] приводятся данные о произвольности распределения углов β , что тоже противоречит механизму динамо.

2. Анализ соотношения между величиной поля и скоростью вращения в работе [2] имеет весьма приближенный характер, так как авторы использовали значения продольного эффективного поля B_z , а вместо угловой скорости Ω или периода вращения P взяли $v \sin i$, которые, во-первых, зависят от не известного заранее угла наклона оси вращения звезды и, во-вторых, связаны с Ω или P через радиус. В этой задаче следующим, более точным приближением было бы использование поверхностных магнитных полей B_s , и периодов вращения P . Значения B_s были определены нами для значительного числа звезд в работе [3] на основании известных кривых изменения поля B_s с фазой периода при предположении о дипольной структуре поля (метод описан в [5]). Анализ, сделанный в работе [3], показал, что из-за неточности приведенных в литературе параметров, в частности $v \sin i$, в отдельных случаях ошибка B_s может достигнуть 100%, однако при поисках и построении зависимости $B_s(P)$ разброс можно уменьшить усреднением значений B_s для достаточно большого количества звезд. Для этого величины B_s (с привлечением данных из [6]) были усреднены в пределах интервалов $\Delta P = 1^d$ и найдено среднее квадратическое значение разброса точек. Когда усреднялось только два значения, вместо σ вычислено отклонение усредняемых величин от среднего значения. Результаты приведены в табл. 1. Так как ожидаемая зависимость

Таблица 1

Период (дни)	B_s , Гс	σ , Гс	n
0—1	2200	500	5
1—2	2900	600	8
2—3	3600	1500	5
3—4	7600	2300	7
5—6	7200	3400	5
6—7	11600	4000	3
9—10	11900	4500	4
12—13	2700	100*	2
16—17	3500	200*	2
18—19	5100	1300	6
19—20	1900	100*	2
20—21	1500	100*	2
36	2200	—	1

* — Разница между средним значением поля и каждым из усредняемых.

$B_s(P)$ в случае динамо—степенная, то удобнее ее построить в логарифмическом масштабе. В таком виде она приведена на рис. 1. Здесь хорошо видно, что B_s сначала растет, затем проходит максимум на $P \sim 8^d$ и потом уменьшается. Можно предположить, что левая часть рис. 1. ($P < 8^d$) представляет собой степенную зависимость. Прямые, проведенные методом наименьших квадратов с весами, пропорциональными количеству звезд, описываются следующими уравнениями. Для левой части графика:

$$\lg B_s = 0.70 \lg P + 3.40, \quad r = 0.95,$$

для правой части:

$$\lg B_s = -1.52 \lg P + 5.42, \quad r = 0.86,$$

где r — коэффициент корреляции. Таким образом, показатели степени $k = -1.52$ и 0.70 для правой и левой частей соответственно.

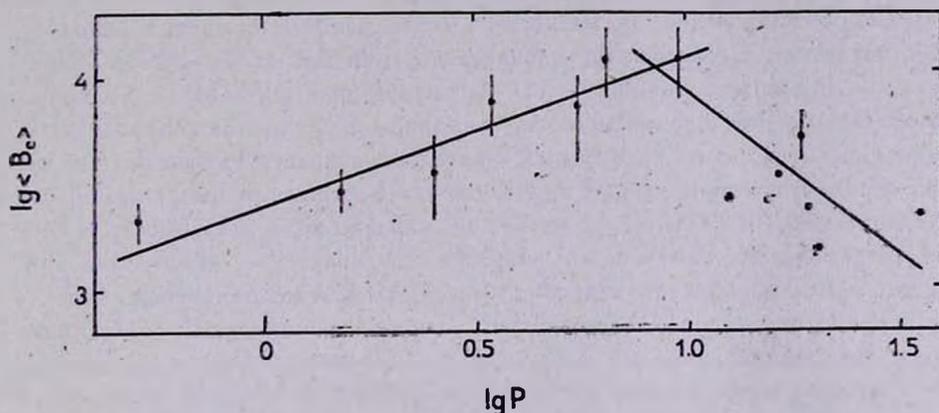


Рис. 1. Зависимость поверхностного поля звезд от периода их вращения.

Возможно, что полученная зависимость отражает действие какого-то одного механизма, который имеет наибольшую эффективность на $P \sim 8^d$. Ход левой части соответствует тому, что нашли авторы работы [2], а правую часть они не могли заметить с их методикой. К сожалению, эта часть зависимости не может считаться достаточно достоверной из-за малого числа звезд, имеющих $P > 8^d$, и нуждается в дальнейшем подтверждении. Ход этой части зависимости соответствует пропорциональности величины поля скоростям вращения в степени $k = 1.52$, что соответствует гипотезе динамо. Левую часть объяснить труднее. На основании данных, полученных в работе [2], Местель и Мосс развили идею [7] о разрушении поля меридиональной циркуляцией, причем скорость циркуляции должна быть пропорциональной Ω . Левая часть обсуждаемой зависимо-

сти может быть объяснена влиянием меридиональной циркуляции. Обратную же корреляцию может усилить такое известное явление, как магнитное торможение. Очевидно, что если оно имело место, то должна возникнуть зависимость $B \propto 1/\Omega$, потому что, чем сильнее поле, тем сильнее торможение. Однако перелом на $P \sim 8^d$ необъясним с этой точки зрения. Надо искать механизм, разрушающий поле или препятствующий работе динамо, который «включается» при скоростях вращения, соответствующих $P < 8^d$ и действие которого сильно зависит от скорости вращения.

Таким образом, можно предположить, что характерный вид зависимости $B_s(P)$ несет на себе следы генерации магнитного поля с помощью динамо. В таком случае такие признаки должны быть заметны в распределении углов β , т. е. должен наблюдаться избыток звезд с $\beta \sim 90^\circ$. Следовательно, или неточны выводы теории [8], или из-за недостаточной надежности использованных данных зависимость распределения углов размывается, искажая ожидаемый избыток.

В проблеме эволюции магнитных звезд важным является вопрос о том, когда могли возникнуть условия генерации магнитного поля. В соответствии с данными работ [9—11] магнитное поле SP -звезд, находящихся на главной последовательности, возможно, разрушается. Исследования зависимости скорости вращения SP -звезд от возраста указывают на то, что скорее всего торможение произошло до достижения ими главной последовательности [12]. В работе [4] не найдено хода зависимости частоты встречаемости SP -звезд от возраста, следовательно, химические аномалии могли возникнуть только до главной последовательности. Вероятно, именно этот период обеспечивает условия возникновения магнитного поля, химических аномалий и торможения SP -звезд. Может оказаться, что основная часть магнитного потока генерируется во время нахождения звезды в конвективной фазе Хаяши. Паркер [13] отмечает, что в каждом вращающемся конвективном теле характер движений газа таков, что в нем легко обеспечиваются условия для эффективной генерации магнитного поля. В то же время известно [14], что такие механизмы, как плавучесть, неустойчивость Релея—Тейлора и желобковая неустойчивость, должны сильно уменьшить магнитный поток в газе во время образования звезды, остальная часть потока рассеется во время конвективной фазы Хаяши. Таким образом, с этой точки зрения трудно предполагать, что в магнитном потоке звезды, находящейся на главной последовательности, существенная часть принадлежит «реликту». С другой стороны, следует помнить точку зрения Пиддингтона [15], который считает, что турбуленция не разрушает крупномасштабный магнитный лоток звезды, следовательно, та часть потока, которая достигла фазы Хаяши, может остаться в звезде и дополнить ту часть, которая возникла в результате действия динамо.

3. Из приведенных весьма противоречивых данных вытекает ряд задач, решение которых подтвердит или опровергнет выводы этой работы:

1. Правая часть зависимости $B_{s1}(P)$ должна быть подтверждена дополнительными наблюдательными данными.

2. Распределение углов β следует изучить на основании более точных данных для того, чтобы выяснить, действительно ли оно произвольно и нет ли в нем избытка $\beta \sim 90^\circ$.

3. Необходимы поиски механизмов, разрушающих поле (или препятствующих генерации поля) у звезд с $P < 8^d$.

Мы продолжаем работу в этом направлении.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

ON DEPENDENCE OF THE MAGNETIC FIELD OF CHEMICALLY PECULIAR STARS ON THE ROTATION PERIOD

YU. V. GLAGOLEVSKI

The dependence of the main surface magnetic field B_s of the chemically peculiar stars on the period of rotation P was revealed. This dependence in the range $P < 8^d$ has direct correlation while in $P > 8^d$ it is reverse.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Mestel, IAU Coll. N 32, "Physics of Ap-stars", Eds. W. Weiss, H. Jenker, C. Jaschek, Vienna, 1975, p. 1.
2. J. D. Landstreet, E. F. Borra, J. R. D. Angel, R. M. E. Illing. Ap. J., 201, 624, 1975.
3. Ю. В. Глаголевский, Изв. САО АН СССР, 20 (в печати).
4. P. Didelon, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 55, 69, 1984.
5. G. Preston, P. A. S. P., 83, 571, 1971.
6. G. Preston, Ap. J., 164, 309, 1971.
7. L. Mestel, D. L. Moss, M. N. RAS, 178, 27, 1977.
8. F. Krause, L. Oetken, IAU Coll. N 32 "Physics of Ap-stars", Eds. W. Weiss, H. Jenker, C. Jaschek, Vienna, 1975, p. 29.
9. E. F. Borra, Ap. J. Lett., 249, L 39, 1981.
10. D. N. Brown, J. D. Landstreet, I. Thompson, Upper Main Sequence CP-stars, 23-d Liege Astrophys. Coll. Universite de Liege, 1981, p. 195.

11. Ю. В. Глаголевский, В. Г. Клочкова, И. М. Копылов, Тезисы докладов на VI совещании по магнитным звездам, Саласпилс, 1984, стр. 82.
12. В. Г. Клочкова, И. М. Копылов, Тезисы докладов на VI совещании по магнитным звездам, Саласпилс, 1984, стр. 80.
13. Е. Паркер, Космические магнитные поля, Мир, М., 1982.
14. L. Mestel. Quart. J. Roy. Astron. Soc., 6, 151, 1965.
15. J. H. Piddington. Astrophys. Space Sci., 87, 89, 1982.