



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
Iyun
June 2005
Июнь

№5
səhifə
page 31-34
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ РАДИОПУЛЬСАРЫ ПРАРОДИТЕЛЯМИ АХР И SGR?

АЛЛАХВЕРДИЕВ А.О., АСВАРОВ А.И., КАСУМОВ Ф.К.

*Институт Физики НАН Азербайджана, Баку 143, Г.Джавида, 33
e-mail astro@physics.ab.az*

Проанализирована возможность реализации сценария происхождения АХР и SGR из радиопульсаров, подверженных значительным и длительным скачкам периода (глитчам). Показано, что наблюдаемые характеристики таких пульсаров, их связь с остатками сверхновых и эволюция на диаграмме $P - \dot{P}$ с учетом реального возраста возможных прародителей АХР и SGR, противоречит предложенному сценарию.

I. ВВЕДЕНИЕ

Недавно Лин и Занг [1] предложили сценарий происхождения магнетаров, согласно которому их прародителями являются обычные радиопульсары, подверженные частым (раз в несколько лет) и довольно значительным глитчам (внезапным скачкам периода). В отличие от стандартных моделей, рассматриваемых существующих различие в начальных параметрах пульсаров, они предположили, что PSR рождается с очень близкими значениями параметров (период вращения, магнитное поле и др.), но подвержены глитчам различной величины. Эти глитчи постепенно в течение жизни пульсара приводят к росту P и \dot{P} , а, следовательно (по известной формуле $B \sim (P\dot{P})^{1/2}$ определяемой стандартной моделью магнитодипольного излучения пульсаров) и к увеличению магнитного поля пульсаров.

Такой сценарий обеспечивает как рост периода P обычных пульсаров, так и достижение ими при незначительных начальных значениях напряженности магнитного поля $B \approx 3 \cdot 10^{10} \div 10^{11} G$, величин характерных для АХР и SGR ($B \approx 10^{14} \div 10^{15} G$) - нового класса НЗ называемых магнетарами. По оценкам [1], характерное время, (при разумных начальных параметрах пульсаров) выхода на параметры АХР и SGR, порядка и более $2 \cdot 10^5$ лет, причем характерное время выхода пульсаров в область расположения АХР и SGR на диаграмме $B - P \sim 1.5 \cdot 10^4$ лет. Таким образом, чтобы реализовался этот сценарий необходимо:

1. Наличие у группы PSR с однородными или очень близкими начальными параметрами (P, B, M и др.) перманентно действующего механизма звездотрясения, приводящих к скачкам периода,

величина и частота которых довольно значительны $\Delta\dot{P}/\dot{P} \geq 0.0028$, и $\tau \sim 0.3$ в год.

2. Не должна наблюдаться генетическая связь магнетаров и их возможных прародителей с остатками сверхновых, особенно с возрастными меньше 10^5 лет, ибо характерное время выхода пульсара с приемлемыми начальными параметрами и отмеченных выше величинах и частоте глитча на эти объекты, $t \geq 2 \cdot 10^5$ лет.

3. Радиопульсары, являющиеся возможными прародителями магнетаров (АХР и SGR) до окончательного входа в область расположения этих объектов, должны показывать тенденцию роста магнитного поля с увеличением периода, т.е. это должны быть в основном пульсары с большими периодами ($P > 0.5$ сек) и уже увеличившимися магнитными полями. ($B > 5 \cdot 10^{12} G$ см. ниже).

4. На диаграмме $P - \dot{P}$ группа таких пульсаров должна эволюционировать в верхний угол диаграммы, т.е. показывать положительную корреляцию друг с другом, а также с возрастом пульсаров.

Ниже мы, по имеющимся на сегодня данным, проанализируем ответы на поставленные вопросы и покажем, что для реализации такого сценария эволюции радиопульсаров в АХР и SGR нет серьезных оснований.

II. ВЕЛИЧИНА И ЧАСТОТА ГЛИТЧЕВ ДЛЯ ВОЗМОЖНЫХ ПРАРОДИТЕЛЕЙ АХР И SGR.

При построении своего сценария, Лин и Занг опирались на PSR J1757-24 с параметрами $P = 0.25$ сек, $\dot{P} = 1.28 \cdot 10^{-13}$ и $B_0 = 2.6 \cdot 10^{11} G$. Возможная

генетическая связь этого пульсара с остатком сверхновой G 5.4-1.2 с возрастом $\sim 10^5$ лет и крайне малая величина собственного движения пульсара, по мнению авторов работы [1], свидетельствует о росте магнитного поля за период его истории. У этого пульсара действительно наблюдался гигантский глитч $\Delta\dot{P}/\dot{P} \geq 0.0037$ [2]. Следует однако отметить, что в ряде работ расхождение между возрастными пульсара и остатка снимается или более точной оценкой возраста остатка с учетом особенности среды, в котором он расширяется [3] или же с привлечением аккреционной fall-back модели при оценке возраста пульсара [4].

Известно, что глитчи наблюдаются у многих радиопульсаров, в основном, у молодых, как, например, пульсары в Вела и Краб, причем различной величины. На сегодня у более чем нескольких сот пульсаров наблюдались глитчи, причем среди 18 из них они довольно значительные $\Delta P/P \leq 10^{-6}$, $\Delta\dot{P}/\dot{P} \leq 10^{-5} - 10^{-2}$ [5]. В нашей выборке потенциальных прародителей, включающих ~ 100 объектов (см. далее), только у четырех наблюдались глитчи. Это пульсары PSR J1740-301 (с величиной глитча $\Delta\dot{P}/\dot{P} = 0,0002-0,003$), PSR J 0528+2200 (0,00046), PSR J 1341-6220 (0,00015-0,003), PSR J 1801-2304 (0,00001). Как видно величина скачков периода сравнимы с глитчем базового объекта PSR J 1757-24 модели [1], причем частота глитчей у этих пульсаров изменяются в пределах от 1 до 0,2 в год. Таким образом, параметры глитчей, возможных прародителей AXP SGR включенных нами в список соответствуют принятым в модели [1]. Отметим также, что глитчи также наблюдались у магнетаров [6,7].

III. СВЯЗЬ ВОЗМОЖНЫХ ПРАРОДИТЕЛЕЙ AXP И SGR С ОСТАТКАМИ СВЕРХНОВЫХ.

Известная на сегодня связь AXP 1E 2259+586, AX J1846-0258, 1E1841-045 и остатков сверхновых G109.1-1.0, G 29.6-0.1, G 274+0.0, соответственно, у большинства исследователей не вызывает сомнений [8]. Кроме того, согласно [9] количество таких возможных связей может достигать и 6, причем возрасты остатков в этих парах, за исключением одного (AXP 1E 2259+58 $t \approx 2 \cdot 10^5$ лет), порядка $10^3 - 10^4$ лет. Кроме того, в списке радиопульсаров, возможных прародителей AXP и SGR (это должны быть пульсары с $P \geq 0.5$ сек и $B \geq 5 \cdot 10^{12}$ G, см. ниже) имеются также семь объектов генетически связанных с остатками сверхновых. Это пары PSR J1734-33 и G354.8-0.8, PSR J1119-61 и G229.2-0.5, PSR J1726-35 и G 352.2-0.1, PSR J1632-48 и G336.1-0.2, PSR J1524-57 и G 322.5-0.1, PSR J1124-59 и G229.0-1.8, PSR J1413-61 и G 312.4-0.4 [10]. Возрасты всех этих остатков не превышают 10^5 лет. Кстати заметим, что существенного расхождения в оценке характеристических возрастов этих пульсаров с возрастными остатков нет, что в принципе было бы в пользу предложенного сценария (подобно базовой паре PSR J1757-24 и G 5.4 -1.2).

IV. Выборка радиопульсаров потенциальных прародителей AXP и SGR, диаграмма В-Р

Как уже отмечалось, малое число AXP и SGR (порядка 10 объектов, на рис.1 и 2 они обозначены знаком «+») свидетельствует о том, что даже при одинаковой частоте рождения радиопульсаров и AXP и SGR число последних примерно в 1.5 раза меньше. Действительно, отношение числа радиопульсаров $N_{PSR} = R_{PSR} \cdot t_{PSR}$ к числу магнетаров $N_M = R_M \cdot t_m$ при $R_{PSR} = R_M$ пропорционально $\sim t_{PSR}/t_M$, где R и t частота рождения и предельные возрасты этих объектов. Поскольку $t_{PSR}/t_M \approx 10^7/10^5 = 100$, а наблюдаемое отношение равно $\sim 1400/10=140$, следовательно, число AXP и SGR в 1.5 раза меньше числа радиопульсаров. Учитывая долю радиопульсаров, подверженных глитчам, среди известных пульсаров равной $\sim 1/10$, то число возможных прародителей AXP и SGR примерно 15 раз меньше всех наблюдаемых пульсаров, т.е. их количество должно составлять примерно 100 объектов.

С другой стороны, при канонических параметрах НЗ и наблюдаемых P и \dot{P} значения магнитного поля $B = 3.2 \cdot 10^{19} (P\dot{P})^{1/2} \sim 10^{11} - 10^{13}$ G. Учитывая также затухания магнитного поля с характерным временем $\tau_m \sim 3 \cdot 10^6$ лет [11], их начальные значения могут быть ~ 3 раза выше. Так как возможными прародителями магнетаров могут быть наблюдаемые пульсары, уже подверженные действию глитчей, то таковыми могут быть объекты со значениями $B \sim (3 - 8) 10^{12}$ G.

Наконец, по оценкам [1] для полного выхода пульсара в состояние AXP и SGR, при выбранных величинах параметров глитча, необходимо $\sim 2 \cdot 10^5$ лет, причем время выхода в область AXP и SGR $\sim 1.5 \cdot 10^4$ лет, то есть, объекты подверженные предварительному усилению магнитного поля, примерно 1/10 времени проводят в домагнетарной стадии. При начальных $P_0 \sim 10$ мсек, за это время периоды пульсаров могут возрасти до ~ 0.5 сек.

Учитывая совместное действие всех этих факторов, мы ограничимся пульсарами со значениями $B \geq 5 \cdot 10^{12}$ G и $P \geq 0.5$ сек, число которых по данным каталога [12] равно ~ 90 .

На рисунке 1 приведено изменение B с периодом P для данной выборки объектов. На нем знаком «х» обозначены относительно молодые PSR (с $|z| < 100$ пк), знаком «о» - старые PSR с $|z| > 300$ пк (подробно см. §V). Чтобы исключить возможную селекцию далеких объектов и неточность определения расстояния на рисунке 1 пульсары с d меньше 5 кпк и с учетом возможного отклонения места рождения пульсаров от геометрической плоскости Галактики, (детали см. [13]) у которых $|z| < 100$ пк, взяты в квадратики, а PSR с $|z| > 300$ пк обозначены черными кружками.

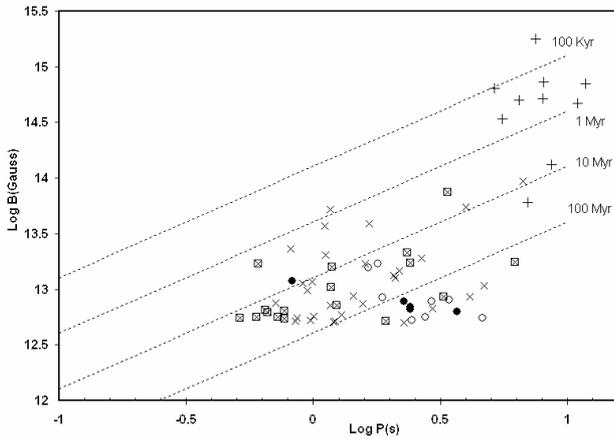


Рис. 1. Зависимость магнитного поля B от периода вращения P для пульсаров с $B > 5 \cdot 10^{12}$ G и $P > 0.5$ sec. Прямые линии постоянного характеристического возраста τ . Обозначения см. в тексте.

V. ДИАГРАММА $P - \dot{P}$ И ВОЗМОЖНЫЙ ХОД ЭВОЛЮЦИИ ПРАРОДИТЕЛЕЙ AXP И SGR

На рис. 2, опираясь на сделанную нами выборку (см. § IV), построена $P - \dot{P}$ диаграмма радиопульсаров, возможных прародителей AXP и SGR. Обозначения на этом рисунке те же что и на рисунке 1. Предположим, что эти пульсары или часть из них действительно подвержены предварительному усилению магнитного поля B под действием глитчей и достигли сегодняшних значений B и P за время 10^4 лет. В последующие $10^5 - 10^6$ лет они должны выйти в область расположения AXP и SGR на диаграмме $P - \dot{P}$. В таком случае распределение на диаграмме должно показывать тенденцию роста их реального возраста. Реальный возраст пульсаров это их кинематический возраст, который должен показывать линейный рост с увеличением расстояния от галактической плоскости (z) с учетом места рождения пульсаров в различных частях Галактики и их отклонения от геометрической плоскости Галактики (см. в [14,15]).

Как видно из рис. 2 тенденция роста плотности старых объектов с увеличением P не наблюдается, как с учетом селекции, так и без него. Картина скорее обратная: молодые пульсары $|z| < 100$ пк почти равномерно распределены до значения периода $P \geq 5$ сек. Более того, как видно из рисунков 1 и 2 не наблюдается роста магнитного поля B с увеличением периода P и реального возраста пульсаров. Среди пульсаров с $|z| > 300$ пк имеется только три объекта без ограничения на расстояние и один при $d < 5$ кпк с магнитным полем выше 10^{13} G. В то же время при $|z| < 100$ пк число объектов с $B > 10^{13}$ G и $P \geq 2$ сек равно 11 без ограничения на расстояние и 4 с учетом $d < 5$ кпк. Конечно, необходимо иметь в виду, что большинство высокомагнитных радиопульсаров обнаружены в последнем низкоширотном обзоре в Парксе, и это обстоятельство может привести к определенной селекции высокоширотных пульсаров.

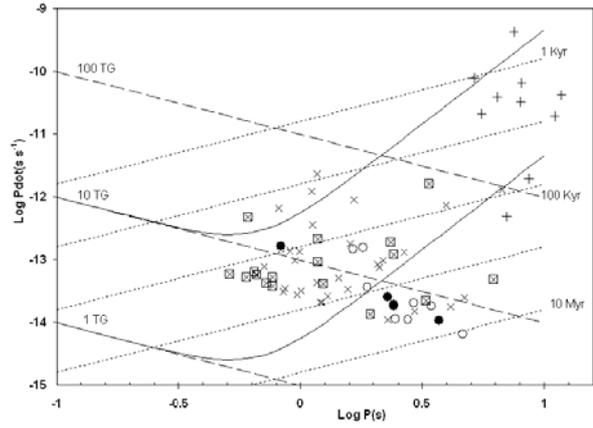


Рис. 2. Диаграмма $P - \dot{P}$ для пульсаров с $B > 5 \cdot 10^{12}$ G и $P > 0.5$ sec. Точечные линии соответствуют линиям постоянного характеристического возраста τ , пунктирные линии – постоянного магнитного поля B . Сплошные линии обозначает эволюционные треки комбинированной модели [16]. Остальные обозначения см. в тексте.

Тем не менее, имеющиеся на сегодняшний день данные не подтверждают необходимую картину эволюции предложенного сценария происхождения AXP и SGR.

На рисунке 2 сплошные кривые описывают эволюцию пульсаров в комбинированной модели «диполь+ пропеллер», предложенной в [16], при разных значениях начального магнитного поля B и скорости аккреции. Как видим, эта модель, также как и в случае для всех пульсаров, не описывает хода эволюции вдоль пропеллер- доминантной ветви и этих высокомагнитных объектов.

VI. ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ показал, что ни одно из вышеуказанных основных условий реализации предложенного сценария не подтверждается наблюдательными данными. Данные наблюдений свидетельствует в пользу стандартных общепринятых представлений о ходе эволюции пульсаров на диаграмме $P - \dot{P}$ [17,18].

Особенный, отличный от стандартной картины эволюционный путь AXP и SGR продолжает сохранять свой статус [19]. В этой связи следует отметить, что альтернативная пропеллеровская или fall-back модель [16], также объясняет расхождение между характеристическим и реальным (кинематическим) возрастами пульсаров ([20,21]). Однако и эта модель, предложенная для объяснения эволюционных треков всех пульсаров совместным действием магнитодипольного и пропеллеровского механизмов, сталкивается с серьезными трудностями [22,13]. Повидимому, в свете обнаружения рентгеновского излучения от одного из высокомагнитного пульсара PSR J1718 -37 ($B \sim 7.4 \cdot 10^{14}$ [23]), а также анализа влияния параметров НЗ и их возможного изменения во времени, на эволюционные треки пульсаров на диаграмме $P - \dot{P}$, необходимо учитывать другие скрытые параметры НЗ (например, масса [23,24]) в стандартных эволюционных сценариях.

-
- [1]. Lin J.R. and Zhang S. N. astro-ph/0405131, 2004
- [2]. Lyne A.G., Shemar S.L. and Smith F.G., MNRAS, 1996, 315, 534.
- [3]. Gvaramadze, V.V., Astron.Astrophys., 2004, 415, 1073.
- [4]. Marsden D., Lingenfelter R.E. and Rothschild R.E., Mem. Soc.Astron.Ital., 2002, 73, 566
- [5]. Lyne A.G., Shemar S.L. and Smith F.G., MNRAS, 2000, 315, 534
- [6]. Osso, S.D., Izrael G.L., Stella L., Possenti A. and Perozzi E. Astrophys.J., 2003, 599, 485.
- [7]. Kaspi V.M., Gavriil F.P., Woods P.M., Jensen J.B., Roberts M.S., Chakrabarty D., Astrophys.J., 2003, 588, L93.
- [8]. Gaensler B.M., AdSpR, 2004, 33, 645
- [9]. Tagieva S.O. and Ankay A., Astron.Astrophys.Trans., 2003, 22, 59.
- [10]. Manchester R.N., Bell J.F. and Camillo F. et.al., Neutron Stars in Supernova Remnants, ASP Conference Series 271, eds. Slane P.O. and Gaensler B.M., 2002, p.31.
- [11]. Guseinov O.H., Ankay A. and Tagieva S.O., Int.J.Mod. Phys.D, 2004, 13, 1805.
- [12]. Guseinov O.H., Yerli S.K., Ozkan S., Sezer A. and Tagieva S.O. 2002, astro-ph/0206050
- [13]. Аллахвердиев А.О., Касумов Ф.К., Тагиева С.О., Материалы международной конференции, Физика-2005, Баку, 2005
- [14]. Hansen B.M.S. and Pinney E.S., MNRAS, 1997, 291, 569
- [15]. Berdnikov L.N., Astron. Lett., 1987, 13, 110
- [16]. Alpar M.A., Ankay A. and Yazgan E., Astrophys. J., 2001, 557, 61
- [17]. Guseinov O.H., Ankay A. and Tagieva S.O., Int.J.Mod. Phys.D, in press, 2004
- [18]. Ruderman M., astro-ph/0109353
- [19]. Thompson C. and Duncan R.C., MNRAS, 1995, 275, 255.
- [20]. Marsden D., Lingenfelter R.E. and Rotshild R., Astrophys.J., 2001, 547, L45
- [21]. Shi Y. and Xu R.X., Astrophys.J., 2003, 596, L75.
- [22]. Guseinov O.H., Ankay A. and Tagieva S.O., astro-ph/0309241, 2003
- [23]. Kaspi V.M., McLaughlin M.A. Astrophys.J., 2004, 618, L41.
- [24]. Guseinov O.H., Ankay A. and Tagieva S.O., 2005, in press.