

вращательного момента приходит в направлении вращения двойной системы, а потеря — в направлении вращения звезды. Аккрецирующая звезда "забывает" начальное направление вращения. Имеются аргументы в пользу того, что выравниваются и магнитная ось с осью вращения. Как мы видели (см. с. 136), внутренние области диска при очень медленном начальном вращении могут выравниваться вдоль магнитного экватора — в результате натекания вращательного момента звезда будет раскручиваться вокруг магнитной оси. Понятно, что когда магнитная ось и ось вращения совпадают, не будет эффекта рентгеновского пульсара.

Изменение направления магнитной оси, оси вращения под действием магнитных сил рассматривалась в следующих работах: Ванг и Робник, 1982; Голдрайх, 1970; Лэмб и др., 1975. Результаты их, правда, противоречивы. Здесь необходимы дополнительные исследования.

#### § 14. Маломассивные рентгеновские источники. "Шумовики"

Много общего с рентгеновскими барстерами у источников галактического балджа, которые, однако, не проявляют вспышечной активности. В первую очередь это относится к таким источникам, как Sco X-1, Cyg X-2 и др. Как и барстеры, эти источники обладают относительно мягким спектром. Как и у барстеров, у этих источников есть яркие оптические двойники и нет строго периодических пульсаций рентгеновского излучения. Так же обстоит дело и с рентгеновскими затмениями. Вообще двойственность этих источников устанавливается с огромным трудом. Достаточно сказать, что двойственность самого яркого рентгеновского источника, Sco X-1, была установлена лишь через 10 лет после его открытия. Как и ожидалось, Sco X-1 оказался тесной двойной системой, с периодом 0,818<sup>d</sup>.

Интересное явление наблюдается у Sco X-1 в радиодиапазоне. На радиочастотах Sco X-1 больше похож на квазар, чем на обычную двойную систему. Кроме того, что он сам является радиоисточником, возле него симметрично на расстояниях  $\sim 1'$  наблюдаются два "радиоуха" (Хелминг, 1972, 1975). Поток боковых компонентов равен 20 мЯн, имеет степенной спектр  $I_\nu \sim \nu^{-\alpha}$  ( $\alpha \approx 1$ ). Это уникальное явление известно уже более 15 лет, тем не менее, никакого удовлетворительного объяснения ему не дано. Недавно с помощью радиотелескопа VLA была произведена попытка измерить собственное движение боковых компонентов (Фомалонт и др., 1983). Оказалось, что их скорость меньше  $\sim 20d$  км/с, где  $d$  (кпк) — расстояние до Sco X-1. Вообще, это явление не особенно афишируется теоретиками (достаточно сравнить с "бумом" вокруг SS 433), тем не менее, в нем проявляется связь с активными ядрами галактик не менее сильно.

Недавно открыто новое явление, которое, по-видимому, характерно для балджевых источников. Ван дер Клуисс и др. (1985) обнаружили квазипериодические осцилляции рентгеновского потока у источника GX 5-1 (4U1758-25), принадлежащего к классу маломассивных рентгеновских систем. Поиск переменности был начат из-за уверенности в том, что слабо-замагниченные звезды должны быстро вращаться. Следует отметить, что попытки поиска периодичности до сих пор были неудачными (Льюин и др., 1979; Садах и др., 1982; Лехи и др., 1983; Лангмейер и др., 1984).

Наблюдения проводились с борта специализированного рентгеновского спутника EXOSAT в диапазоне 1–18 кэВ. Спутник обладает высокой чувствительностью ( $\sim 9,2 \cdot 10^{-12}$  эрг  $\cdot$  см $^{-2}$   $\cdot$  с $^{-1}$ ) в диапазоне 1–18 кэВ (или 0,3 мЯн в диапазоне 2–11 кэВ). Рентгеновский поток колеблется от 700 до 1100 мЯн.

Исследования переменности GX 5–1 для времени от 0,5 мс до 2 с показали, что спектр мощности состоит из трех компонентов:

- 1) низкочастотного  $\nu < 15$  Гц (мощность падает с ростом частоты);
- 2) широкого пика, центрированного на частоте вблизи 30 Гц;
- 3) плоского спектра выше 100 Гц, соответствующего пуассоновскому распределению.

Положение центра пика  $\nu_c$  коррелирует с интенсивностью:  $20 \text{ Гц} < \nu < 40 \text{ Гц}$ . В то же время не удалось обнаружить периодических пульсаций в диапазоне частот от 0,5 Гц до 2 кГц.

Надежной модели явления "нойзара" пока нет (noisar, от noise (англ.) – "шумовик"; этот удачный русский перевод предложен Н.И. Шакуркой). Ван дер Клис и др. (1985) рассматривают ряд возможных механизмов, приводящих к переменности для  $\sim 20$ –40 Гц.

Глядя на табл. 10 механизмов, приводящих к переменности аккрецирующих звезд, мы видим, что лучше всего по характерной частоте подходит время свободного падения с альвеновской поверхности. Соответствующая частота

$$\nu_{ff} \approx \frac{v_{ff}}{R_A} \approx 4 \mu_{30}^{-6/7} L_{37}^{3/7} \text{ Гц}$$

и частота, соответствующая кеплеровскому вращению в альвеновской зоне:

$$\nu_k = \frac{v_{ff}}{2\pi \sqrt{2}} \approx 0,11 \nu_{ff}.$$

Для простоты примем  $M_x = 1 M_\odot$ ,  $R_x = 10$  км. Для частоты  $\nu_c = 30$  Гц и светимости  $L_{37} \approx 10$  (наблюдательная оценка для GX 5–1) необходимо поле  $\mu = 10^{29}$  ( $B \approx 10^{11}$  Э) для  $\nu_{ff} \approx 30$  Гц и  $\mu = 10^{28}$  ( $B \approx 10^{10}$  Э) для  $\nu_k = 30$  Гц.

Отсутствие пульсирующей компоненты можно объяснить тем, что либо ось вращения и магнитная ось совпадают друг с другом, либо эти оси близки (расхождение  $\leq 10^\circ$ ), но мы не видим излучения поверхности нейтронной звезды из-за большой оптической толщи вещества, текущего по магнитосфере нейтронной звезды (см. формулу (114.V)).

Альпар и Шахам (1985а) предположили, что хаотические пульсации GX 5–1 возникают на частоте биения вращения магнитосферы и кеплеровского движения вещества в диске. В этом случае

$$\nu_c = 0,37 \mu_{30}^{-6/7} L_{37}^{3/7} \text{ Гц} - \nu.$$

При этом частота вращения нейтронной звезды  $\nu \approx 100$  Гц.

Недавно аналогичные явления были открыты у Sco X-1 (Мидледич и Предгорски, 1985) и Суг X-2. Характерные частоты соответственно равны  $\sim 6$  Гц и  $\sim 20$  Гц.