

Переменные звезды **21**, № 5, 709–713, 1982
Variable Stars **21**, No 5, 709–713, 1982

Изменение периода 4.8 часа источника Лебедь X–3

Ю.И. Нешпор, Ю.Л. Зыскин

Проведен анализ данных наблюдений потока гамма-квантов с энергией $E < 2 \cdot 10^{12}$ эв от источника Cyg X–3, полученных в 1972–1979 годах в Крымской астрофизической обсерватории. Показано, что период ~ 4.8 часа возрастает со временем со скоростью $\dot{P} = (3.0 \pm 1.4) \cdot 10^{-9}$ с/с.

The Change of 4.8 Hour Period of Cygnus X–3

by Yu.I. Neshpor, Yu.L. Zyskin

The data of observations of gamma-ray quanta from Cyg X–3 with the energy $> 2 \cdot 10^{12}$ ev have been analysed, to search for possible variations of 4.8 hr period. The observations during 1972–1979 were made using Cerenkov detectors of the Crimean Astrophysical Observatory. The total number of scans used for flux measurements is equal to 1734, which corresponds to about 276 hr on the source Cyg X–3. The change with time of the phase peak in gamma-ray emission has been analysed. It is shown that the 4.8 hr period of Cyg X–3 is increasing at a rate $\dot{P} = (3.0 \pm 1.4) \cdot 10^{-9}$ s/s. The same rates of 4.8 hr period change obtained with X-ray observations by other authors given in the table are in good accordance with our γ -ray results.

Исследование источника Cyg X–3 в широком диапазоне частот позволило обнаружить ряд интересных его особенностей. Так, в радиодиапазоне была зарегистрирована сильная переменность, а в инфракрасном, рентгеновском и гамма-диапазонах обнаружена периодическая составляющая с периодом 4.8 часа.

Длительное время наблюдений источника Cyg X–3 позволило поставить вопрос о проверке гипотезы об изменении периода со временем. По данным, полученным в 1970–1975 гг., был найден (Парсино и др., 1976 г.) лишь верхний предел для величины скорости изменения периода: $\dot{P} \leq 8.7 \cdot 10^{-9}$ с/с. В дальнейшем на основании данных о рентгеновском излучении, полученных на различных спутниках в 1970–1977 гг., было найдено численное значение скорости изменения периода со временем $\dot{P} = (2.83 \pm 0.67) \cdot 10^{-9}$ с/с, (Мансо и др., 1978 г.), т.е. в три раза меньше полученного ранее верхнего предела. Кривая блеска для периодической составляющей в рентгеновском диапазоне имеет вид искаженной синусоиды (наблюдается относительно медленный подъем и более быстрый спад до минимальной интенсивности). Определение $\dot{P}$ проводилось на основании сопоставления данных о моментах минимумов, причем в разные интервалы времени использовались результаты наблюдений на различных спутни-

ках; были использованы данные следующих спутников: 1970–1972 годы – спутник UNURU, 1974–1975 годы спутник ANS, 1977 год спутник COS-B, т.е. очень неоднородный материал.

Анализ данных о рентгеновском излучении за 1970–1978 гг. (1970–1972 годы – спутник UNURU, 1974–1975 годы – спутник ANS, а в 1978 году – спутник SAS-3) приводит к аналогичным результатам: $\dot{P} = (2.8 \pm 0.7) \times 10^{-9}$ с/с (Лэмб и др. 1979).

В работе Мейсона и др. (1979) обработаны данные о рентгеновском излучении (3–8 кэв), полученные в период 1972–1978 г. только на спутнике "Коперник". Им удалось определить лишь верхний предел скорости изменения периода 4.8 часа $\dot{P} \leq 4.0 \cdot 10^{-10}$ с/с. Привлекая данные спутника HEAO-2 Элснер и др. (1979) по предварительным результатам получили $\dot{P} = (2.04 \pm 0.35) \cdot 10^{-9}$ с/с. Поскольку в гамма-излучении также обнаружена периодическая составляющая с периодом, совпадающим с рентгеновским, то, несомненно, представляет интерес рассмотреть вопрос об изменении периода 4.8 часа со временем, по данным в гамма-диапазоне на однородном материале, полученном на протяжении восьми лет. В Крымской астрофизической обсерватории наблюдения источника Суг X-3 проводятся в области гамма-излучения сверхвысоких энергий $E \geq 2 \cdot 10^{12}$ эв. методом регистрации черенковских вспышек (Степанян и др. 1975) с 1972 года по настоящее время. Аппаратура, методика наблюдений и отбора данных подробно описаны в работе Нешпора и др. (1979). Отметим, что наблюдения в 1978, 1979 годах проводились по той же методике, как и в 1977 году (Нешпор и др., 1979). Всего за время с 1972 года по 1979 год нами проведено 1734 сканирования, что составило 276 часов непрерывных наблюдений источника Суг X-3.

Наблюдения в течение каждого года проводились с июля по октябрь месяц (благоприятное время наблюдений объекта Суг X-3 для широты КраО), данные были приведены к барицентру Солнечной системы. Методика обработки данных с целью выяснения вопроса об изменении периода 4.8 часа заключалась в следующем. На основании предыдущих результатов (Нешпор и др., 1970) известно, что излучение периодической составляющей в гамма-диапазоне ($E \geq 2 \cdot 10^{12}$ эв) сосредоточено в довольно узком интервале фаз $\sim 20^\circ$ периода 4.8 часа (весь период 360°) и что на фазовой гистограмме имеют место два статистически достоверных отклонения, причем вероятность случайного отклонения первого пика составляет $3 \cdot 10^{-7}$ (этот интервал фаз в дальнейшем будем называть благоприятным). С учетом этого, методом, предложенным в работе Нешпора и др. (1979) находилась для каждого года в отдельности гистограмма распределения амплитуды эффекта в зависимости от фазы для постоянного периода $P = 0^d.1996825$. Весь период разбивался на 18 равных интервалов. Из рассмотрения гистограмм распределения амплитуды эффекта (или величины A/σ) за каждый год в отдельности видно, что в момент благоприятной фазы имеет место узкий пик (шириной 20°) излучения периодической составляющей. Далее для каждого года на средний момент времени наблюдений определялись фаза ϕ и время этого пика. (Регистрация гамма-квантов в момент излучения периодической состав-

ляющей в 1973 году не проводилась, так как этот момент приходился на неблагоприятное для наблюдений время). Результаты такой обработки представлены на рис. 1(а). Плавная кривая проведена методом наименьших квадратов с учетом ошибки (веса) каждой точки (аппроксимация полиномом второй степени). Из рис. 1(а) видно, что экспериментальные точки в пределах ошибок хорошо ложатся на плавную кривую, и что значение фазы сначала со временем падает, а потом растет по нелинейному закону.

Нами была проведена также линейная аппроксимация данных. Сопоставляя результаты линейной аппроксимации с результатами квадратичной, можно отметить, что данные лучше описываются квадратичной зависимостью фазы от времени (дисперсия отклонений точек от плавной кривой (прямой) в 2.25 меньше при квадратичной аппроксимации, чем при линейной). Такое изменение фазы со временем легко объясняется увеличением периода со временем. Предположим, что значение периода 4.8 часа изменяется по линейному закону:

$$P(t) = P_0 + \dot{P} \cdot (t - t_0), \tag{1}$$

где t_0 — момент нулевой эпохи, P_0 — значение периода в момент нулевой эпохи, $\dot{P}$ — скорость изменения периода (со временем не изменяется); Причем $\dot{P} \cdot (t - t_0) \ll P_0$ при любых значениях t рассматриваемого интервала времени. Выражение зависимости фазы от времени в этом случае будет иметь вид:

$$\phi(t) = \frac{t - t_0}{P_0} - \frac{\dot{P}}{2P_0^2} (t - t_0)^2. \tag{2}$$

Используя соотношение (2), а также результаты аппроксимации экспериментальных данных, мы получили, что $\dot{P} = (3.0 \pm 1.4) \cdot 10^{-9}$ с/с. Затем, в предположении о том, что период 4.8 часа увеличивается со временем линейно со скоростью $\dot{P} = 3.0 \cdot 10^{-9}$ с/с, нами вновь были определены значения фазы для моментов узкого пика кривой блеска на каждый год. Результаты представлены на рис. 1(б). На рис. 1(б) видно, что точки хорошо ложатся на горизонтальную прямую в пределах ошибок. Следовательно, фаза узкого пика не зависит от времени, что свидетельствует в пользу правильности гипотезы о том, что период гамма-излучения сверхвысокой энергии изменяется со временем со скоростью:

$$\dot{P} = (3.0 \pm 1.4) \cdot 10^{-9} \text{ с/с.}$$

В таблице представлены значения скорости изменения периода, определенные различными авторами.

$\dot{P}$ с/с $\cdot 10^9$	Интервал наблюдений	Литература
≤ 8.7	1970—1975 гг.	Парсино и др. 1976 г.
2.83 ± 0.63	1970—1977 гг.	Мансо и др. 1978 г.
2.8 ± 0.7	1970—1978 гг.	Лэжб и др. 1979 г.
≤ 0.4	1972—1978 гг.	Мэйсон и др. 1979 г.
3.0 ± 1.4	1972—1979 гг.	Настоящая работа.
2.04 ± 0.35	1970—1978 гг.	Элснер и др. 1979 г.

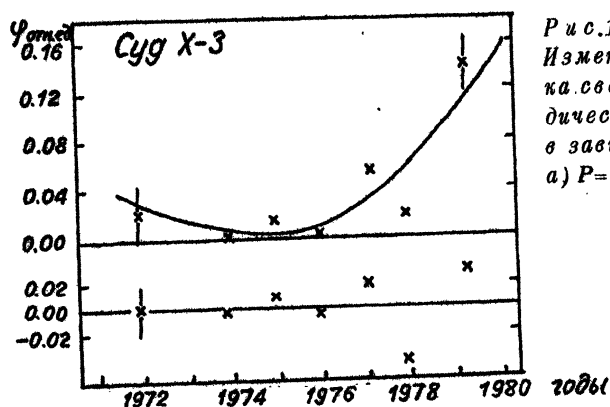


Рис. 1.
Изменение фазы узкого пика световой кривой периодического гамма-излучения в зависимости от времени
а) $P = \text{const}$, б) $P = P_0 + \dot{P}(t - t_0)$

Здесь следует отметить, что определение величины изменения периода в сильной степени зависит от формы и длительности импульса периодической составляющей. В рентгеновском диапазоне световая кривая имеет вид искаженной синусоиды с полушириной импульса, примерно равной половине периода. Кроме того, измерения рентгеновского излучения проводились на разных приборах и в разных энергетических диапазонах. Поэтому, как нам кажется, величины скорости изменения периода, определенные в различных работах, могут отличаться одна от другой.

В диапазоне гамма-излучения сверхвысокой энергии измерения на протяжении восьми лет проводились на одной и той же аппаратуре. Световая кривая периодической составляющей излучения Cyg X-3 имеет форму узкого пика шириной $\sim 20^\circ$. Поэтому определение величины $\dot{P}$ по результатам наблюдений в гамма-диапазоне и сравнение ее со значением, полученным по рентгеновским данным, представляет значительный интерес.

Как видно из таблицы, наши результаты хорошо согласуются с результатами, полученными в работах Лэмба и др. (1979), Мансо и др. (1978) и имеют некоторое расхождение с результатами, полученными в работе Мейсона и др. (1979).

Проведение более длительных наблюдений (свыше 9 лет) даст возможность уточнить значение скорости изменения периода 4.8 часа Cyg X-3 и определить, в чем причина противоречия между результатами работы Мейсона и др. (1979) и результатами, полученными в остальных приведенных в таблице работах.

Но, по-видимому, можно определенно заключить, что период 4.8 часа излучения источника Cyg X-3 по данным гамма-излучения сверхвысоких энергий, как и по результатам, полученным в рентгеновском диапазоне, увеличивается со временем.

Авторы выражают искреннюю благодарность А.Б. Северному и А.А. Степаняну за постоянное внимание к работе и ряд ценных замечаний.

Литература:

- Лэмб и др., 1979 — Lamb R.C., Dower R.G., Fickle R.K., *Astrophys. J.* **229**, L 19–L 22.
- Мансо и др., 1978 — Manzo G., Molteni D and Robba N.R., *Astron. Astrophys.* **70**, 317–318.
- Мейсон и др., 1979 — Mason K.O., Sanford P.W., *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **189**, 9p–14 p.
- Нешпор и др., 1979 — Neshpor Yu.J., Stepanian A.A., Fomin V.P., Gerasimov S.A., Vladimirovsky B.M. and Zyskin Yu.L., *Astrophys. and Space Sci.* **61**, 349.
- Парсино и др., 1976 — Parsignault D.K., Schreier E., Grindlay J. and Gursky H., *Astrophys. J.* **209**, L 73.
- Элснер и др., 1979 — Elsner R.F., Chosh I.P., Darbro J.W., Weiskops M.C., Sutherland P.G., and Grindlay I., *Bull. Amer. Astron. Soc.* **11**, 794.

Крымская астрофизическая
обсерватория

*Поступила в редакцию
29 апреля 1980 г.*

