

*Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 507 – 510*

*5 ноября 1971 г.*

**ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЦИРКУЛЯРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ  
В ОПТИЧЕСКОМ ИЗЛУЧЕНИИ  
РЕНТГЕНОВСКОГО ИСТОЧНИКА Sco X – 1**

*Ю. Н. Гнедин, О. С. Шулов*

В работе [ 1 ] была оценена величина ожидаемой циркулярной поляризации оптического излучения космического рентгеновского источника Sco X – 1 в предположении, что областью непрерывного оптического излучения является магнитоактивная плазменная оболочка.

Циркулярная поляризация Sco X – 1 наблюдалась в течение 14 ночей в период с 23 июня по 29 июля 1971 года с помощью одноканального фотозлектрического поляриметра, установленного в кассегреновс-

ком фокусе 48-см рефлектора АЗТ-14 Бюраканской станции АО ЛГУ. Наблюдения делались преимущественно в длинноволновой цветовой полосе ДФ ( $\lambda_{эфф} = 0,639 \text{ мк}$ , границы по 50%-му уровню реакции 0,54 и 0,71 мк), где наблюдаемый эффект был найден проявляющимся более четко. Первые 5 наблюдений были сделаны в коротковолновой цветовой полосе КФ ( $\lambda_{эфф} = 0,396 \text{ мк}$ , границы по 50%-му уровню реакции 0,35 и 0,44 мк), где статистически значимой поляризации не было обнаружено. В этих двух цветовых полосах применялись слюдяные фазовые 90-градусные пластинки, подобранные и установленные так, что систематические ошибки, происходящие от монохроматичности пластинок и от ошибок в их ориентации, были пренебрежимо малы по сравнению со случайной ошибкой наблюдений, что и было подтверждено последующими специальными исследованиями инструмента.

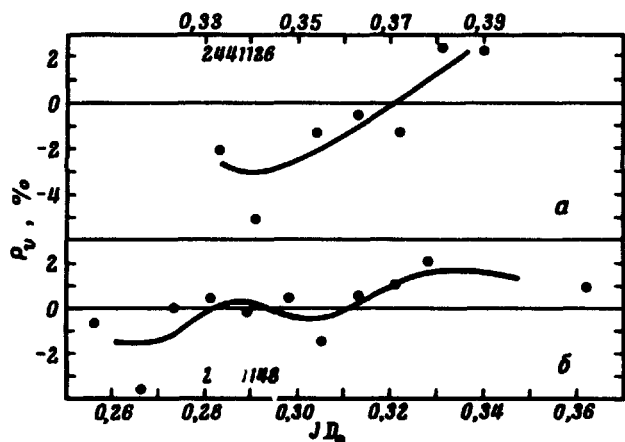


Рис. 1. Наблюдавшаяся зависимость степени циркулярной поляризации от времени (время в юлианских днях): а - 23 - 24 июня, блеск  $V = 13^m,8$ ; б - 15 - 16 июля,  $V = 12^m,4$

Калибровка знака наблюдаемой поляризации (и одновременно проверка правильности показаний нашей аппаратуры) была сделана по наблюдениям циркулярной поляризации белого карлика Gw 70° 8247, для которого из работ [2, 3] известны факт постоянства поляризации во времени направление вращения электрического вектора и величина поляризации как функция длины волны. Наши наблюдения дали  $p_v = -3,12 \pm 0,44\%$  в КФ и  $p_v = -3,00 \pm 0,41\%$  в ДФ в хорошем согласии с данными [3]. Знак "минус" в наших наблюдениях соответствует вращению электрического вектора по часовой стрелке для наблюдателя, смотрящего на звезду. Всего за 14 наблюдательных ночей было сделано 5 наблюдений в КФ и 122 наблюдения в ДФ. Случайная ошибка одного поляризационного наблюдения, по нашей оценке, составляла в среднем примерно 1% и несколько варьировала вокруг этого значения в зависимости от блеска объекта и условий наблюдений. Время одного наблюдения составляло 10 - 15 мин.

Полный список результатов наших наблюдений будет опубликован в *Астрономическом Циркуляре*. Здесь же мы приведем только основные заключения, полученные по этому наблюдательному материалу: 1) в подавляющем большинстве случаев на фоне значительных случайных ошибок отчетливо прослеживаются регулярные изменения степени циркулярной поляризации  $p_v$ , имеющие синусоидальную форму (рис. 1).

2) Постоянная составляющая в  $p_v$  отсутствует. 3) Амплитуда колебаний  $p_v$  составляет в среднем величину 1 – 1,5%, но она, вероятно, не постоянна и проявляет тенденцию уменьшаться с возрастанием блеска Sco X – 1. 4) Строгая периодичность в колебаниях  $p_v$ , по-видимому, отсутствует; можно говорить только о преобладающих одном или нескольких периодах. 5) Средний блеск объекта постепенно возрастал от  $V = 13,^m8$  в начале наблюдательного периода до  $V = 12,^m2$  в конце июля.

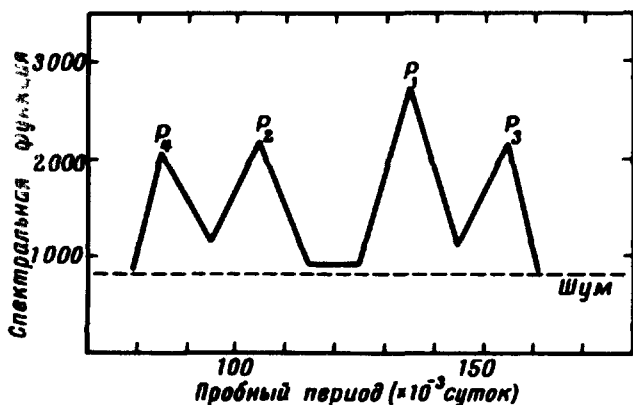


Рис. 2. Периодограмма, вычисленная по данным наблюдениям. Уровень шума соответствует удвоенной среднеквадратичной ошибке

С целью определения периодов в изменениях поляризации был проведен фурье-анализ данных наблюдений методом, детально описанным в работе [4]. Исследовалась зависимость спектральной функции  $H$  от пробного периода  $\mathcal{P}$ :

$$H(\mathcal{P}) = \left[ \sum_n p_v(n) \cos \frac{2\pi}{\mathcal{P}} t_n \right]^2 + \left[ \sum_n p_v(n) \sin \frac{2\pi}{\mathcal{P}} t_n \right]^2.$$

Анализ периодограммы подтверждает, что в изменениях поляризации отсутствует строгая периодичность, но существует несколько значимых преобладающих периодов, которые проявляются либо по-отдельности, либо накладываясь друг на друга. На рис. 2 показана периодограмма, усредненная с интервалом  $0^d,01$ , из которой получены следующие преобладающие периоды  $\mathcal{P}_1 = 3^h 14^m \pm 7^m$ ;  $\mathcal{P}_2 = 2^h 31^m \pm 7^m$ ;  $\mathcal{P}_3 = 3^h 43^m \pm 7^m$ ;  $\mathcal{P}_4 = 2^h 02^m \pm 7^m$ . Кроме того наши наблюдательные данные не исключают существование преобладающего периода  $\sim 1^h$ . Интересно отметить, что полученные нами периоды хорошо согласуются со значениями периодов, оцененных из анализа вариации блеска Sco X – 1 [5]. Они согласуются также с ожидаемыми характерными временами активности Sco X – 1, предсказанными в [6]. Если модель предложенная в [1] справедлива, то наши наблюдения позволяют оценить величину магнитного поля и объяснить изменение поляризации изменением его структуры. По-видимому, изменением структуры магнитного поля можно также объяснить наблюдающиеся вариации блеска Sco X – 1 с характерными периодами, найденными в [5]. Согласно [1] средней амплитуде  $\sim 1\%$  соответствует величина магнитно-

го поля  $\sim 2 \cdot 10^6$  гс. Вычисленное значение магнитного поля хорошо согласуется с моделью, развитой в [7], в которой предполагается, что Sco X-1 состоит из нейтронной звезды с магнитным полем  $\sim 10^{12}$  гс, окруженной толстой оболочкой горячей плазмы.

Наблюдаемая нестрогая периодичность не противоречит следующей качественной картине. В нелинейной среде, в том числе и в плазме, при наложении на нее периодического по времени магнитного поля развивается неустойчивость, при которой будут параметрически возбуждаться связанные попарно волны (магнитная накачка) [8]. Взаимодействие волн друг с другом, обратное воздействие их на поле накачки, а также наличие случайной составляющей магнитного поля могут привести к "размытию" периодического режима. Для Sco X-1 такая накачка могла бы осуществляться путем вращения нейтронной звезды, однако при этом необходимо принимать во внимание эффект дифференциального вращения. Если предположить, что период накачки с учетом дифференциального вращения составляет величину  $\sim 3^h$ , то остальные периоды можно объяснить как результат взаимодействия в оги, возбуждаемых при магнитной накачке.

Следует подчеркнуть, что в такой плазме будут эффективно ускоряться электроны [9]. При этом спектр ускоренных электронов не противоречит результатам наблюдений жесткого рентгеновского излучения Sco X-1 [10], если предполагать, что оно возникает в результате синхротронного излучения этих электронов. Отметим также, что полученные нами характерные времена изменения поляризации по порядку величины сравнимы с временем медленной вариации рентгеновского излучения Sco X-1 [6].

Авторы благодарят В.А.Домбровского за поддержку данной работы, Е.Т.Белоконь, В.Н.Гуман и Н.А.Воробьеву за вычисление периодограммы на ЭВМ.

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
6 октября 1971 г.

### Литература

- [1] Ю.Н.Гнедин, А.З.Долгинов, Н.А.Силантьев. ЖЭТФ, 59, 865, 1970.
- [2] J.C.Kemp, J.B.Swedlund, J.D.Landstreet, J.R.P.Angel. Astrophys. J., 161, L77, 1970.
- [3] J.R.P.Angel, J.D.Landstreet. Astrophys. J., 162, L61, 1970.
- [4] F.J.M.Barning. BAN, 17, 22, 1963.
- [5] U.R.Rao, A.S.P.Rao, U.B.Jayanthi. Nature, 222, 864, 1969.
- [6] K.Davidson, F.Pacini, E.E.Salpeter. Preprint CRSR, 425, 1971.
- [7] B. Coppi, A.Treves. Astrophys. J., 167, L9, 1971.
- [8] В.Е.Захаров, В.С.Львов. ЖЭТФ, 60, 2066, 1971.
- [9] М.Ф.Бахарева, В.Н.Ломоносов, Б.А.Тверской. ЖЭТФ, 59, 2003, 1970.
- [10] L.E.Peterson, A.S.Jacobson. Astrophys. J. Lett., 145, 965, 1966.