

УДК 524.7-375:520.85; 520.627

БЛАЗАР S5 0716+714: ВАРИАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ© 2022 В. Р. Амирханян^{1,2*}¹Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва, 119234 Россия²Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 03 июня 2021 года; после доработки 08 ноября 2021 года; принята к публикации 08 ноября 2021 года

С января 2019 г. по февраль 2021 г. на телескопе САО РАН Цейсс-600 выполнялись наблюдения линейной поляризации объекта S5 0716 + 714. В качестве поляроида использована пластина Феликса Савара. В результате получен фурье-спектр мощности переменности линейной поляризации в диапазоне частот $f = 10\text{--}150$ дней⁻¹ без признаков гармонической компоненты, который пропорционален степенному закону распределения $F \sim f^{-0.55}$. Распределение значений поляризации за весь период наблюдений подчиняется распределению Релея, которое не показывает признаков периодической компоненты. Наблюдается гармоническая зависимость поляризации от блеска объекта с периодом 10 мЯн.

Ключевые слова: объекты *BL Lacertae*: отдельные: S5 0716 + 714 — техника: поляриметрия — инструменты: поляриметры

1. ВВЕДЕНИЕ

Объект S5 0716 + 714 был обнаружен в 1979 г. при проведении обзора на 100-м Боннском радиотелескопе (Kuehr et al. 1981). Авторы классифицировали объект как квазар, опираясь на его инверсный спектр и компактность. Интенсивное исследование объекта на протяжении более 40 лет показало, что мы его видим в широкой области спектра, от радио до гамма, и в этом диапазоне частот излучение объекта изменяется на временах от нескольких лет до десятков минут (Butuzova 2021, Liao et al. 2014, Raiteri et al. 2003, Wagner et al. 1996). Спектр кривой блеска близок к степенному спектру фликкер-шума $F \sim f^{-1}$ (Amirkhanyan 2006) и $F \sim f^{-1.8}$ (Bhatta et al. 2016). Уверенно выделить гармоническую компоненту излучения пока не удалось. Линейная поляризация оптического излучения демонстрирует быструю переменность и может превышать уровень 0.2 (Imrey et al. 2000, Larionov et al. 2013, Raiteri et al. 2003, Takalo et al. 1994). Красное смещение объекта остается на уровне оценок, так как его оптический спектр континуальный. Совокупность накопленной за многие годы информации позволяет определить объект как лацертид. Правда, картину нарушает отсутствие подстилающей галактики со светимостью около $M = -22^m9$ (Sbarufatti et al. 2005), которую не

удается обнаружить даже в наблюдениях телескопа им. Хаббла (Urry et al. 2000). Это порождает «крамольные» мысли о галактической природе объекта. Наименее исследованным параметром S5 0716 + 714 остается поляризация его излучения. Длинных наблюдательных рядов, которые позволяют оценить характер переменности поляризации и пролить свет на природу объекта, нет. Нет и публикаций об обнаружении круговой поляризации в оптическом диапазоне. Наши (неопубликованные) наблюдения на БТА также не выявили круговой поляризации объекта. Поэтому в дальнейшем сосредоточимся на линейной поляризации излучения S5 0716 + 714.

2. НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения проводились на телескопе Цейсс-600 САО РАН. Современное состояние телескопа представлено на странице обсерватории¹. На фланце телескопа установлен фотометр-поляриметр ТАЗ-18, разработанный в ЛСФВО САО РАН. Фотометр имеет затвор, турель на шесть позиций с *BVRI*-фильтрами, две подвижки для ввода в световой пучок поляроида и изменения его позиционного угла от 0° до 360°. К фотометру монтируется приемная камера Neo 5.5 sCMOS, матрица которой охлаждается блоком Пельтье до -40.91°C. Размер матрицы

*E-mail: amir@sao.ru

¹https://www.sao.ru/hq/lsvfo/z600_ru.html

2560 × 2160 пикселей. При размере пикселя по обеим координатам 0".182 получаем поле зрения 7'.76 × 6'.55. Двухминутная экспозиция в фильтре *R* в режиме фотометрии позволяет регистрировать объекты 18^m–18^m.5. Для измерения линейной поляризации в световой пучок вводится пластина Савара. В отличие от призмы Волластона она работает в сходящемся пучке, что существенно упрощает конструкцию прибора. Пластина делит изображение объекта на два компонента с ортогональными векторами линейной поляризации и разносит их на расстояние 29".5. Как следует из работы Shurcliff (1963), линейная поляризация электромагнитного излучения определяется тремя параметрами Стокса: *I*, *Q* и *U*. Следовательно, необходимо провести наблюдения как минимум в трех направлениях оси пропускания поляроида. Пластина Савара позволяет за одну экспозицию сделать одновременные измерения только в двух ортогональных направлениях оси, поэтому для определения параметров Стокса необходимо получить изображения при двух позиционных углах поляроида (рис. 1).

Так как единообразие наблюдательных данных достигается при формализации наблюдательного процесса, автор переложил рутинную часть работ на управляющую ЭВМ и микропроцессоры фотометра. Перед началом поляризационных наблюдений достаточно задать системе начальные параметры, выполнив следующие действия:

1. Поставить нужный фильтр.
2. Ввести в световой пучок пластину Савара.
3. Задать время экспозиции, которое обычно не превышает 120 с.
4. Развернуть пластину Савара в начальное положение.
5. Указать угол поворота пластины Савара.
6. Задать число экспозиций.

После запуска наблюдений все необходимые операции выполняются автоматически. По завершении экспозиции пластина Савара разворачивается на заданный угол, запускается следующая экспозиция, после ее окончания пластина Савара возвращается в исходное положение. Операция повторяется до тех пор, пока не будет выполнено заданное число экспозиций. Время между экспозициями определяется длительностью самой экспозиции и временем поворота поляроида на заданный угол. В данном случае это 124 секунды: 120 с — экспозиция и 4 с — поворот пластины Савара на 45°. Необходимые для обработки кадры с шумами считывания (*bias*) и темновыми токами (*dark*) получаются попиксельным усреднением медианой не менее девяти кадров каждого вида. Время экспозиции последних задается равным экспозициям, использованными в наблюдениях. Это позволяет

Таблица 1. Журнал наблюдений поля S5 0716 + 714. Приведены даты наблюдений и число сделанных в эту дату экспозиций N_{exp}

Date	N_{exp}	Date	N_{exp}
Jan. 17, 2019	57	Dec. 18, 2019	20
Jan. 18, 2019	82	Dec. 20, 2019	102
Jan. 20, 2019	98	Dec. 29, 2019	24
Jan. 31, 2019	60	Dec. 31, 2019	80
Feb. 03, 2019	90	Jan. 05, 2020	120
Feb. 04, 2019	64	Jan. 13, 2020	52
Feb. 05, 2019	76	Jan. 14, 2020	120
Nov. 09, 2019	34	Jan. 15, 2020	112
Nov. 10, 2019	96	Jan. 18, 2020	183
Nov. 23, 2019	60	Jan. 20, 2020	6
Nov. 24, 2019	100	Jan. 24, 2020	68
Nov. 25, 2019	90	Jan. 25, 2020	162
Nov. 26, 2019	78	Feb. 01, 2020	30
Nov. 29, 2019	100	Feb. 19, 2020	18
Dec. 05, 2019	97	Feb. 20, 2020	36
Dec. 07, 2019	120	Feb. 21, 2020	120
Dec. 08, 2019	118	Nov. 20, 2020	77
Dec. 09, 2019	116	Jan. 04, 2021	19
Dec. 10, 2019	114	Feb. 20, 2021	93
Dec. 11, 2019	102		

удалить с изображений большинство «горячих точек» (накапливаемых пикселями тепловых шумов), которыми изобилует матрица. Для коррекции на изображении неоднородностей коэффициента передачи системы «телескоп–фотометр–приемник» снимаются плоские поля (*flat*) в тех же позиционных углах поляроида и с теми же фильтрами, с которыми проводились наблюдения объекта. За время 3–5 с получаем кадры утреннего или вечернего неба с уровнем 30 000–40 000 отсчетов, что не выходит за диапазон линейности матрицы (максимум 65 536). Вклад фоновых звезд при столь коротких экспозициях незначительный. С января 2019 г. по январь 2021 г. за 39 ночей сделано 3194 экспозиции поля S5 0716 + 714 в режиме измерения линейной поляризации.

3. ОБРАБОТКА

Пусть Θ — позиционный угол линии, соединяющей центры тяжести двух компонентов объекта.

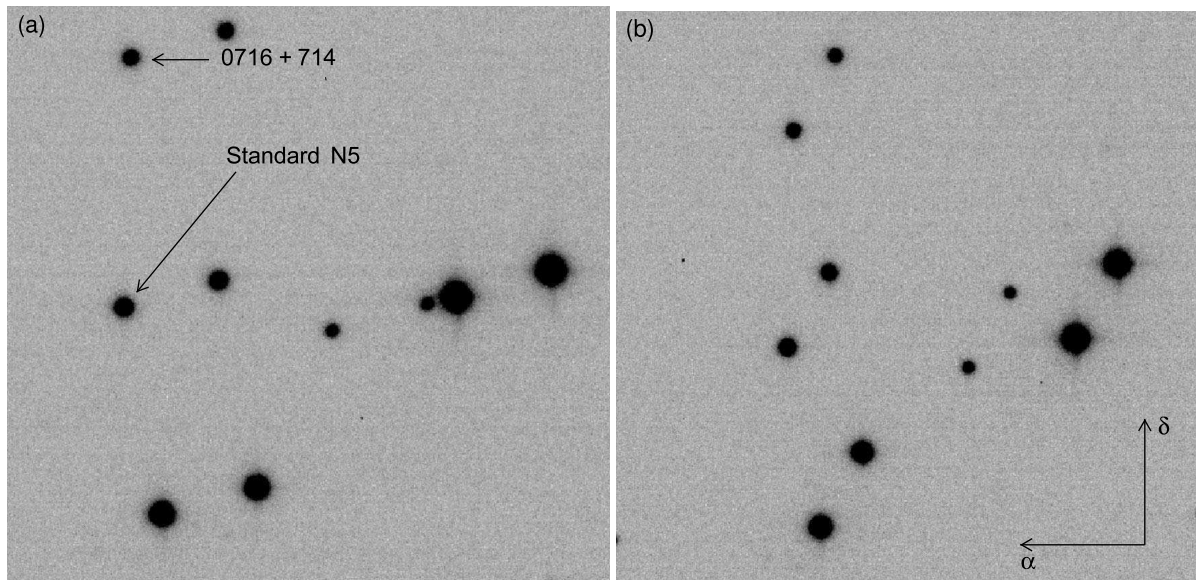


Рис. 1. Изображения, полученные в двух позициях поляроида.

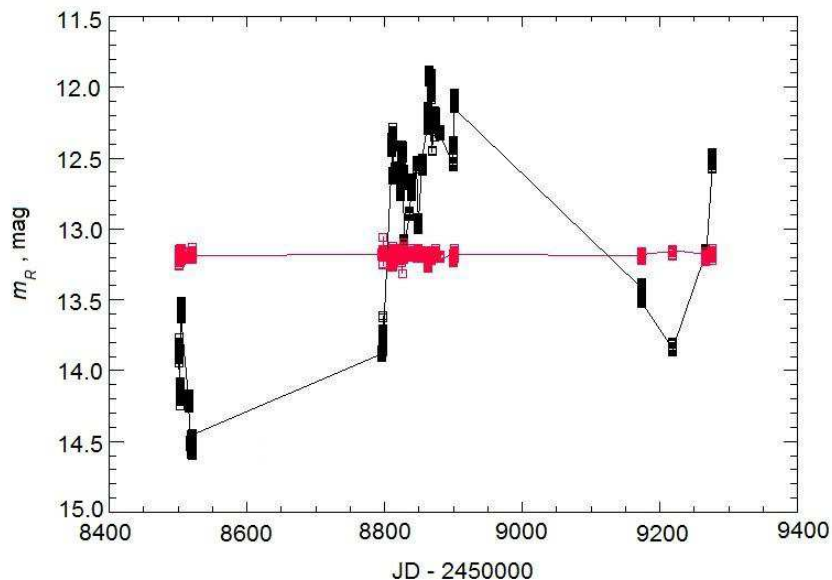


Рис. 2. Кривые блеска S5 0716 + 714 (черная линия) и нулевого стандарта N5 (красная линия). Наблюдения проводились в период с 17 января 2019 г. по 20 февраля 2021 г. Звездная величина стандарта N5 в R -фильтре равна $13^m 18$ (Sagar et al. 1999, Takalo et al. 1994). Средняя точность наших измерений блеска N5 — 0.0059.

Векторы поляризации компонентов развернуты относительно этого угла на $\pm\pi/4$ (рис. 1).

Измерительный прибор может зафиксировать только потоки компонентов, которые, как следует из матрицы Мюллера, равны

$$I_1 = 0.5[I + Q \cos(2\Theta + \pi/2) + U \sin(2\Theta + \pi/2)],$$

$$I_2 = 0.5[I + Q \cos(2\Theta - \pi/2) + U \sin(2\Theta - \pi/2)]. \quad (1)$$

После поворота поляроида на $\Delta\Theta$ (рис. 1) потоки компонентов

$$I_3 = 0.5[I + Q \cos(2(\Theta + \Delta\Theta) + \pi/2) + U \sin(2(\Theta + \Delta\Theta) + \pi/2)],$$

$$I_4 = 0.5[I + Q \cos(2(\Theta + \Delta\Theta) - \pi/2) + U \sin(2(\Theta + \Delta\Theta) - \pi/2)]. \quad (2)$$

Формулы (2) принимают наиболее простой вид,

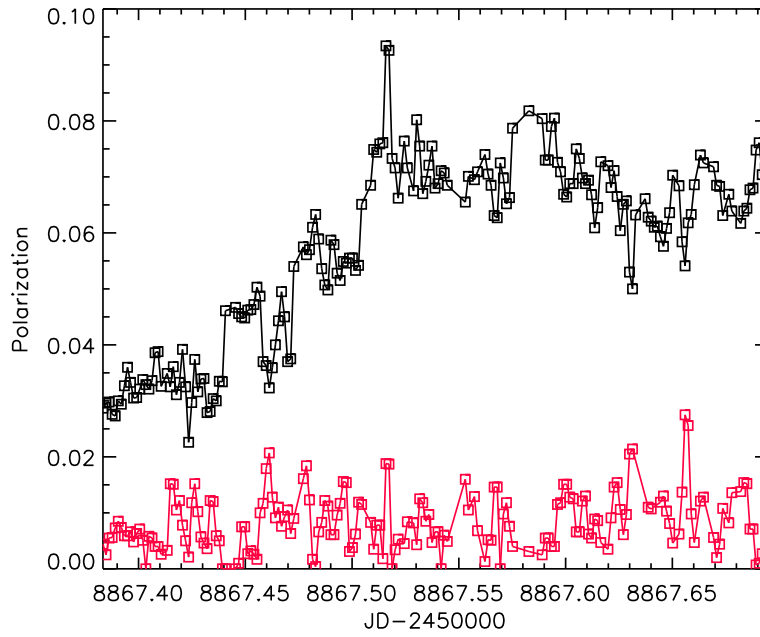


Рис. 3. Вариации линейной поляризации S5 0716 + 714 и N5 (красная линия) 25–26 января 2020 г. Средняя оценка поляризации нулевого стандарта $\langle P \rangle = 0.0075 \pm 0.0052$.

если $\Delta\Theta = \pm\pi/4$. Однако в реальных наблюдениях небольшие ошибки механизма поворота поляроида приводят к разбросу $\Delta\Theta$ относительно заданного. Кроме того, расположение объектов на исследуемом участке небесной сферы требует иногда задать угол разворота, отличный от оптимального. После простых преобразований получим систему уравнений:

$$\frac{Q}{I} \sin(2\Theta) - \frac{U}{I} \cos(2\Theta) - \frac{1 - I_1/I_2}{1 + I_1/I_2} = 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{Q}{I} \sin(2(\Theta + \Delta\Theta)) - \frac{U}{I} \cos(2(\Theta + \Delta\Theta)) \\ - \frac{1 - I_3/I_4}{1 + I_3/I_4} = 0, \end{aligned}$$

которую решаем относительно нормированных параметров Стокса Q/I и U/I . Остается рассчитать степень линейной поляризации

$$p = \sqrt{\left(\frac{Q}{I}\right)^2 + \left(\frac{U}{I}\right)^2} \quad (4)$$

и ориентацию ее электрического вектора

$$\phi = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left(\frac{U/I}{Q/I} \right). \quad (5)$$

Методика обработки близка к описанной Amirkhanyan (2006). Все программы обработки написаны автором на языках FORTRAN и IDL. Сначала выполняем стандартные процедуры:

вычитаем из изображения поля темновой ток, экспозиция которого равна экспозиции поля, и делим полученное изображение на плоское поле. Обязательное условие: ориентация пластины Савара и фильтр, в котором получены изображения объекта и плоского поля, должны совпадать. Далее программа ищет на изображениях объекты, отсчеты которых превышают порог обнаружения, вычисляет их координаты, потоки и ошибки потоков (Hudson 1963, Shestov 1967). Как следует из выражения (3), для вычисления степени поляризации необходимо знать отношение потоков компонентов и ориентацию поляроида. Программа анализирует список объектов изображения, определяет пары компонентов всех объектов поля, вычисляет отношение потоков компонентов (I_1/I_2 или I_3/I_4) и их позиционные углы. Средний позиционный угол Θ , который используется в дальнейших вычислениях, есть истинная ориентация поляроида для данного кадра. В идеале, если объекты поля имеют нулевую поляризацию, среднее отношение потоков должно равняться единице. Несовершенство поляроида и оптики телескопа, неизбежная поляризация фона неба нарушают этот идеал. Чтобы убрать смещение и ослабить паразитную поляризацию, для каждого изображения вычисляется (медианой) среднее отношение потоков компонентов и на него делятся отношения потоков каждой пары. При построении зависимости потока и поляризации объекта от времени автор, как и в работе Amirkhanyan (2006), в качестве опорных использовал все найденные объекты изображения. Программа ищет список

с наибольшим числом обнаруженных объектов (присвоим ему номер « k ») и отождествляет с ним списки объектов остальных изображений (Amirkhanyan 1991). Для астрометрической привязки мы используем каталоги USNO-B1 (Monet et al. 2003).

Если I_{ij} — поток i -го объекта на j -м изображении, то изменение коэффициента передачи атмосферы, телескопа, аппаратуры между j -м и k -м изображениями равно

$$r_{jk} = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{I_{ij}}{I_{ik}} \right). \quad (6)$$

Здесь N_j — количество отождествленных объектов между j -м и k -м изображениями. Обычно N_j лежит в диапазоне 10–100 и определяется реальной чувствительностью, размерами кадра и распределением объектов по небесной сфере. Приведем поток i -го объекта на j -м изображении к уровню изображения k :

$$I_{ij}^k = \frac{I_{ij}}{r_{jk}}. \quad (7)$$

Здесь I_{ij}^k — поток i -го объекта как функция j (кривая блеска, «привязанная» к уровню изображения k). Таким образом, мы привязываем уровни всех изображений к уровню изображения k и ослабляем влияние нестабильности атмосферы и аппаратуры.

Для сравнения построена кривая блеска с калибровкой по объекту поля — стандарту N5. Поляризация этого объекта близка к нулевой и звездная величина в R -фильтре равна 13^m18 (Sagar et al. 1999, Takalo et al. 1994). Значимой разницы между кривыми нет, но первая версия остается основной, так как позволяет строить кривую блеска любого объекта поля, включая опорный. Отметим, что полученные временные ряды не подвергались какой-либо фильтрации, включая медианную, которая имеет гребенчатую частотную характеристику.

Для проверки корректности работы в качестве стандартов поляризации мы наблюдали объекты HD 251204 и HD 25443. Линейная поляризация и позиционный угол электрического вектора HD 251204 (по различным источникам, см., например, интернет-ресурс <http://www.sal.wisc.edu/WUPPE/polcats/wuppo1.html> или работу Turnshek et al. (1990)) находятся в диапазоне 0.0404 – 0.0476 и 147° – 153° . Измерения показали 0.042 и 142° соответственно. Для HD 25443 получено соответственно 0.052 и 140° при табличных 0.0513 и 134° . Результат близок к табличным значениям стандартов и вполне согласуется с ошибками наших измерений.

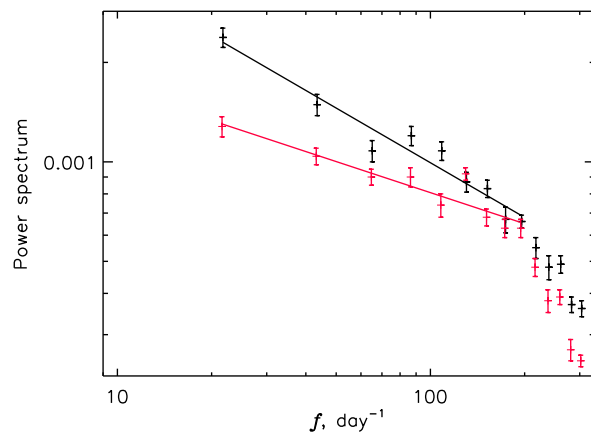


Рис. 4. Спектр вариаций поляризации S5 0716 + 714 ($f^{-0.550}$) и N5 (красная линия, $f^{-0.312}$).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

За период наблюдений кривая блеска стандарта N5 показывает среднее квадратичное отклонение от табличной величины $\sigma = 0^m006$ (рис. 2).

При такой фотометрической ошибке средняя поляризация «нулевого» стандарта ожидается на уровне 0.0095 . В эксперименте мы получили среднюю поляризацию нулевого стандарта в одном измерении $p = 0.0076$.

На рис. 3 в качестве примера приведены результаты наблюдений поляризации 18–19 января 2020 г. продолжительностью 7 часов 40 минут. Средняя поляризация «нулевого» стандарта N5 (красный цвет) равна 0.0075 . За 2.5 часа наблюдений поляризация излучения S5 0716 + 714 выросла с 0.03 до 0.07 .

Воспользуемся равноотстоящими во времени наблюдениями и вычислим спектр мощности вариаций поляризации S5 0716 + 714 на шкале 66 минут — это 32 отсчета через 124 секунды. В массиве наблюдательных данных был найден 91 участок заданной длины, получены их фурье-преобразования и вычислен средний спектр мощности. Ошибка на каждой частоте определялась по разбросу 91 независимого отсчета. Такая же операция выполнена для нулевого стандарта N5, спектр мощности которого определяется шумами неба и аппаратуры, а также процессом обработки. Оба спектра приводятся на рис. 4.

Видно, что спектр вариаций поляризации S5 0716 + 714 начинает проявляться над шумами на частотах ниже 150 дней^{-1} , что соответствует временам более 10 минут. В этом диапазоне частот спектр не демонстрирует периодической составляющей и подчиняется степенному закону $F \sim f^{-0.55}$. Такие же вычисления были повторены для 64 отсчетов (132 минуты) усреднением 38 спектров.

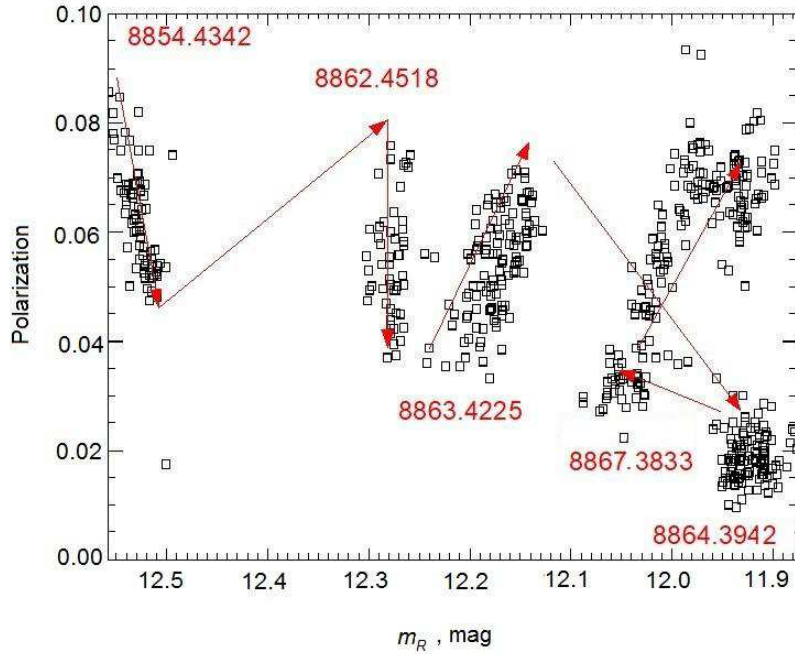


Рис. 5. Зависимость линейной поляризации от яркости S5 0716 + 714 с 05 по 19 января 2020 г. Красными цифрами показано время начала наблюдения каждой ночи JD–2450000. Красные стрелки — течение времени.

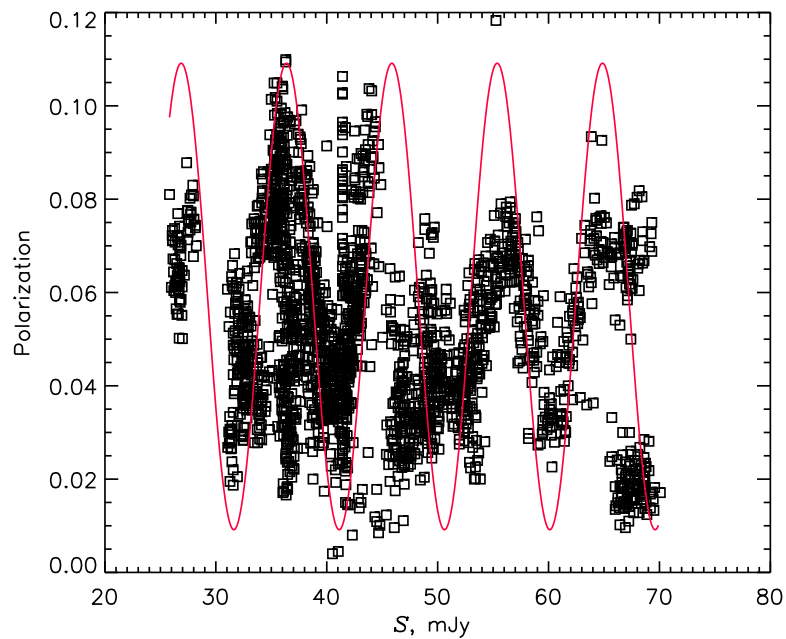


Рис. 6. Вариация поляризации S5 0716 + 714 как функция потока. Красная линия — вписанная гармоника.

Таким образом, в диапазоне частот 10–150 дней⁻¹ видна только случайная составляющая вариаций поляризации с тем же наклоном спектра. Автор не нашел работ с анализом спектра вариаций поляризации. Допуская возможную связь между

блеском объекта и степенью его линейной поляризации, автор обратился к статьям, где построены спектры кривой блеска. Периодограмма, полученная в работе Raiteri et al. (2003), имеет верхнюю частоту 0.01 день⁻¹ и не пересекается

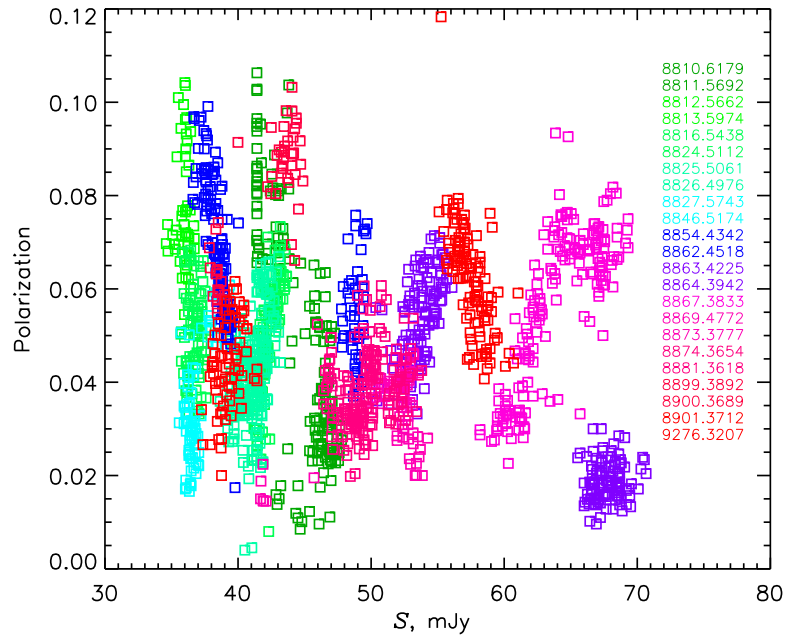


Рис. 7. Вариация линейной поляризации S5 0716 + 714 как функция потока. Цветная маркировка определяет эпоху наблюдения (см. таблицу на данном рисунке).

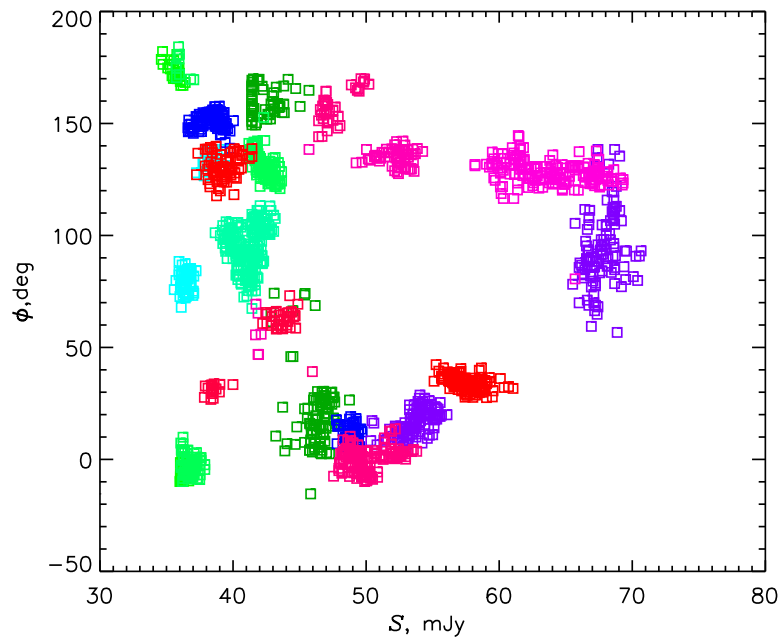


Рис. 8. Позиционный угол поляризации S5 0716 + 714 как функция потока. Цветная маркировка определяет эпоху наблюдения (см. таблицу на рис. 7).

с нашим диапазоном. Периодограмма из работы Amirkhanyan (2006) перекрывает диапазон частот от 0.01 до 1000 дней⁻¹. Значимой периодичности на ней не видно, возможно, из-за больших ошибок. В работе Bhatta et al. (2016) периодограмма перекрывает диапазон частот от 0.4 до 48 дней⁻¹. Она также отягощена значительными шумами и ее

авторы осторожно говорят о возможных трех- и пятичасовых осцилляциях.

Распределения поляризации стандарта N5 и S5 0716 + 714 прекрасно согласуются с распределением Релея со среднеквадратичными отклонениями 0.0062 и 0.042 соответственно. Поляризация нулевого стандарта определяется шумами при-

емной системы, которые могут «замаскировать» только очень слабые вариации S5 0716 + 714. Это дополнительный, но, конечно, недостаточный аргумент в пользу отсутствия периодической вариации поляризации S5 0716 + 714 не только на «коротких» временах, но и за весь период наблюдений.

В поисках гипотетической связи между блеском объекта m_R и уровнем линейной поляризации P был построен график « m_R-P ». На рис. 5 приведена небольшая часть массива наблюдений: пять ночей с 05 по 19 января 2020 г. Красными стрелками отмечено течение времени, а красными цифрами показана юлианская дата начала наблюдений каждой ночи JD–2450000. На графике видно, что поляризация не является монотонной функцией звездной величины S5 0716 + 714. На рис. 6 представлены изменения P как функции потока S в диапазоне 25–70 мЯн. По субъективному впечатлению автора, на графике видна периодическая зависимость уровня поляризации от потока S5 0716 + 714. Также субъективно, на глаз, добавлена гармоника с периодом 10 мЯн. Наиболее отчетливо переменность видна в диапазоне потоков 45–70 мЯн (рис. 7 и 8). Каждая наблюдательная ночь показана на этих рисунках одним цветом. Таблица на рис. 7 связывает юлианскую дату (JD–2450000) и «цвет» ночи. Видно, что разбросанные по временной оси наблюдения образуют связанную переменность вдоль оси потоков: разнесенные на десятки суток наблюдения демонстрируют (при совпадении потоков) близкие значения поляризации и позиционного угла.

Автор не нашел исследований этой связи в опубликованных работах. Наиболее длинный ряд — 385 наблюдений потока и линейной поляризации лацерида Mrk 421 — получен в работе Fraija et al. (2017). График «блеск–поляризация», построенный по этим данным автором, показывает в диапазоне потоков 50–65 мЯн картину, схожую с представленной на рис. 6. Кроме того, был проведен численный эксперимент. Измеренные значения поляризации были заменены на случайные, сгенерированные согласно распределению Релея со среднеквадратичным отклонением 0.042, а моменты экспозиций и потоки взяты из эксперимента. Полученный результат признаков периодической связи потока и поляризации не показал. Далее к случайным отсчетам поляризации была добавлена синусоида с периодом 10 мЯн и амплитудой 0.04 как функция потока. Вариации оказались подобными приведенным на рис. 6. При этом на временной шкале осцилляции не проявились, а распределение поляризации весьма близко к экспериментальному. Можно предположить, что мы наблюдаем результат движения ансамбля релятивистских электронов по спиральной траектории в регулярном магнитном поле джета. Узкая

диаграмма излучения ансамбля, направленная по его движению, попадает на луч зрения наблюдателя в дискретных точках траектории. При удалении ансамбля от центральной машины напряженность магнитного поля уменьшается, энергия электронов падает и их излучение ослабевает. Но эта простая модель вступает в противоречие с наблюдениями, не выявляющими периодических изменений потока и поляризации объекта на временной шкале, которые в этом случае неизбежны. Возможно, ситуацию «спасет» предположение о широком коллективе таких ансамблей релятивистских электронов, разбросанных вдоль траектории. Однако автор предпочитает осторожно относиться к подобным качественным моделям до тех пор, пока не будет собрано достаточно экспериментальных данных.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из вышеизложенного, автору не удалось на двухчасовой шкале выделить из наблюдений периодическую компоненту вариаций линейной поляризации объекта. Релеевское распределение отсчетов поляризации за весь период наблюдений является косвенным показателем того, что «длинных» осцилляций поляризации тоже нет. Обнаружена периодическая связь линейной поляризации в R -фильтре с оптическим потоком S5 0716 + 714. Очевидно, что наблюдения необходимо продолжить, для того чтобы подтвердить или опровергнуть этот удивительный результат.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках гос. задания САО РАН, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Автор благодарен сотрудникам ЛСФВО за техническую и финансовую поддержку данной работы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликт интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. R. Amirkhanyan, Preprint No. 77, SAO RAS (Spec. Astrophys. Obs. RAS, Nizhnij Arkhyz, 1991).
2. V. R. Amirkhanyan, *Astronomy Reports* **50** (4), 273 (2006).
3. G. Bhatta, Ł. Stawarz, M. Ostrowski, et al., *Astrophys. J.* **831** (1), 92 (2016).
4. M. S. Butuzova, *Astroparticle Physics* **129**, id. 102577 (2021).

5. N. Fraija, E. Benítez, D. Hiriart, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **232** (1), 7 (2017).
6. D. J. Hudson, *Lectures on elementary statistics and probability* (CERN, Geneva, 1963).
7. C. D. Impey, V. Bychkov, S. Tapia, et al., *Astron. J.* **119** (4), 1542 (2000).
8. H. Kuehr, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, and J. Schmidt, *Astron. J.* **86**, 854 (1981).
9. V. M. Larionov, S. G. Jorstad, A. P. Marscher, et al., *Astrophys. J.* **768** (1), 40 (2013).
10. N. H. Liao, J. M. Bai, H. T. Liu, et al., *Astrophys. J.* **783** (2), 83 (2014).
11. D. G. Monet, S. E. Levine, B. Canzian, et al., *Astron. J.* **125** (2), 984 (2003).
12. C. M. Raiteri, M. Villata, G. Tosti, et al., *Astron. and Astrophys.* **402**, 151 (2003).
13. R. Sagar, Gopal-Krishna, V. Mohan, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **134**, 453 (1999).
14. B. Sbarufatti, A. Treves, and R. Falomo, *Astrophys. J.* **635** (1), 173 (2005).
15. N. S. Shestov, *Vydelenie opticheskikh signalov na fone sluchajnykh pomekh* (Sovetskoe radio, Moskva, 1967) [in Russian].
16. W. A. Shurcliff, *Polarized light* (Harvard University Press, Cambridge, 1963).
17. L. O. Takalo, A. Sillanpaeae, and K. Nilsson, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **107**, 497 (1994).
18. D. A. Turnshek, R. C. Bohlin, R. L. Williamson, II, et al., *Astron. J.* **99**, 1243 (1990).
19. C. M. Urry, R. Scarpa, M. O'Dowd, et al., *Astrophys. J.* **532** (2), 816 (2000).
20. S. J. Wagner, A. Witzel, J. Heidt, et al., *Astron. J.* **111**, 2187 (1996).

BLAZAR S5 0716+714: Variation of Linear Polarization

V. R. Amirkhanyan^{1,2}

¹Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, 119234 Russia

²Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

From January 2019 to February 2021, observations of the linear polarization of the object S5 0716 + 714 were carried out with the Zeiss-600 telescope of SAO RAS. A Felix Savart plate was used as a polaroid. The result is a Fourier power spectrum of the linear polarization variation in the frequency range of $f = 10\text{--}150 \text{ days}^{-1}$ without any harmonic component evidence; the spectrum is proportional to the power law $F \sim f^{-0.55}$. The distribution of polarization values over the entire observation period is subject to the Relay distribution which does not demonstrate any signs of a periodic component. There is a harmonic dependence of the polarization on the brightness of an object with a period of 10 mJy.

Keywords: *BL Lacertae*: individual: S5 0716 + 714—techniques: polarimetry—
instruments: polarimeters