

УДК 524.7-375-56

**БЛАЗАР S5 0716+714: ВАРИАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ. II**© 2024 В. Р. Амирханян<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 21 ноября 2023 года; после доработки 1 февраля 2024 года; принята к публикации 29 февраля 2024 года

Наблюдения линейной поляризации объекта S5 0716+714, проведенные автором в 2019–2021 годах, были продолжены с 8 декабря 2021 г. по 12 марта 2022 г. Эти наблюдения подтвердили утверждение автора, сделанное в 2022 г., о периодической зависимости степени линейной поляризации S5 0716+714 от его оптического потока. В диапазоне от 3 до 55 мЯн период гармоник изменяется от 3 до 8 мЯн.

Ключевые слова: *методы: поляриметрия — объекты BL Lacertae: отдельные: S5 0716+714*

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Объект S5 0716+714 астрономы исследуют уже более 40 лет. Пристальное внимание он привлек к себе быстрой переменностью излучения и его линейной поляризации. Переменность зафиксирована в широком диапазоне, от радио до гамма, на временах от нескольких лет до десятка минут. Спектр мощности переменной составляющей излучения S5 0716+714 близок к фликкер-шуму без признаков гармонической компоненты. Несомненно, переменность несет скрытую информацию о механизмах излучения и структуре магнитных полей джета. Именно джет, обращенный к наблюдателю, по мнению большинства исследователей, является основным поставщиком излучения S5 0716+714.

Этот блазар является достаточно ярким объектом, незаходящим на наших широтах, что позволяет проводить длинные серии наблюдений. Отметим также, что наблюдения можно выполнять с хорошей точностью на небольших инструментах, наблюдательное время которых менее регламентировано.

Статья является продолжением работы Amirkhanyan (2022), в которой автор показал результаты наблюдений линейной поляризации оптического излучения S5 0716+714 и высказал предположение, что степень линейной поляризации объекта находится в гармонической зависимости от его звездной величины. Чтобы опровергнуть или подтвердить это утверждение, наблюдения объекта были продолжены.

**2. НАБЛЮДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

Наблюдения S5 0716+714 выполнялись в период с 8 декабря 2021 г. по 12 марта 2022 г. на

том же телескопе Цейсс-600 САО РАН, с тем же навесным оборудованием ТА3-18, что и ранее. В качестве поляроида используется пластина Савара. Для определения трех параметров Стокса ( $I$ ,  $Q$  и  $U$ ) достаточно выполнить две экспозиции в двух позиционных углах поляроида, оптимальная разность которых равна 45 градусам. Поляриметр автоматически выполняет необходимую последовательность действий и повторяет эту последовательность заданное число раз. Сохранены методики наблюдений и обработки наблюдательного материала (подробнее см. работу Amirkhanyan (2022)). С 17 января 2019 г. по 12 марта 2022 г. на телескопе Цейсс-600 было сделано 4419 экспозиций. В начальный период наблюдений, с 17 по 20 января 2019 г., время экспозиций составляло 60 секунд. В дальнейшем все наблюдения выполнялись с экспозициями 120 с. Журнал наблюдений представлен в таблице 1.

Дополнительно были использованы данные наблюдений S5 0716+714 сотрудниками ЛСФВО САО РАН на телескопах Цейсс-1000 (Afanasiev et al., 2021) и БТА САО РАН (Shablovinskaya and Afanasiev, 2019).

Полученные кривые блеска S5 0716+714 и стандарта 5 за весь период наблюдений показаны на рис. 1. Для оценки ошибок фотометрии и поляриметрии использованы ряды наблюдений стандарта 5 (см. рис. 1 в работе Amirkhanyan, 2022), которые не отягощены переменностью. Стандарт показывает стабильную фотометрию (Villata et al., 1998) и нулевую поляризацию. Среднеквадратичная ошибка кривой блеска стандарта, как и в первой работе (Amirkhanyan, 2022), равна  $0^m006$ . Средняя ошибка определения уровня поляризации нулевого стандарта сохранилась на

\*E-mail: amir@sao.ru

Таблица 1. Журнал наблюдений объекта S5 0716+714

| Начало наблюдений |            | Завершение наблюдений |            | $N_{\text{exp}}$ | Начало наблюдений |            | Завершение наблюдений |            | $N_{\text{exp}}$ |
|-------------------|------------|-----------------------|------------|------------------|-------------------|------------|-----------------------|------------|------------------|
| Дата              | JD+2450000 | Дата                  | JD+2450000 |                  | Дата              | JD+2450000 | Дата                  | JD+2450000 |                  |
| 17/01/2019        | 8501.4760  | 18/01/2019            | 8501.5428  | 57               | 20/01/2020        | 8869.4771  | 20/01/2020            | 8869.4878  | 6                |
| 18/01/2019        | 8502.4294  | 19/01/2019            | 8502.5598  | 90               | 24/01/2020        | 8873.3777  | 24/01/2020            | 8873.4938  | 68               |
| 20/01/2019        | 8504.4451  | 21/01/2019            | 8504.5569  | 126              | 25/01/2020        | 8874.3654  | 26/01/2020            | 8874.6468  | 162              |
| 31/01/2019        | 8515.4184  | 01/02/2019            | 8515.5100  | 60               | 1/02/2020         | 8881.3617  | 1/02/2020             | 8881.4048  | 30               |
| 3/02/2019         | 8518.3889  | 4/02/2019             | 8518.5233  | 90               | 19/02/2020        | 8899.3891  | 19/02/2020            | 8899.4143  | 18               |
| 4/02/2019         | 8519.3861  | 4/02/2019             | 8519.4847  | 64               | 20/02/2020        | 8900.3689  | 20/02/2020            | 8900.4568  | 36               |
| 5/02/2019         | 8520.4081  | 6/02/2019             | 8520.5253  | 76               | 21/02/2020        | 8901.3712  | 20/02/2020            | 8901.5502  | 120              |
| 9/11/2019         | 8796.6103  | 9/11/2019             | 8796.7212  | 67               | 20/11/2020        | 9173.5586  | 20/11/2020            | 9173.7011  | 77               |
| 10/11/2019        | 8797.5987  | 10/11/2019            | 8797.7555  | 96               | 4/01/2021         | 9218.5005  | 4/01/2021             | 9218.5391  | 19               |
| 23/11/2019        | 8810.6179  | 23/11/2019            | 8810.7187  | 61               | 20/02/2021        | 9266.3250  | 20/02/2021            | 9266.4816  | 93               |
| 24/11/2019        | 8811.5691  | 24/11/2019            | 8811.7279  | 100              | 2/03/2021         | 9276.3207  | 2/03/2021             | 9276.4386  | 73               |
| 25/11/2019        | 8812.5603  | 25/11/2019            | 8812.7189  | 90               | 8/12/2021         | 9556.5498  | 8/12/2021             | 9556.5906  | 29               |
| 26/11/2019        | 8813.5974  | 26/11/2019            | 8813.7135  | 78               | 12/12/2021        | 9560.5209  | 12/12/2021            | 9560.6842  | 101              |
| 29/11/2019        | 8816.5438  | 29/11/2019            | 8816.6995  | 100              | 29/12/2021        | 9578.4529  | 30/12/2021            | 9578.5045  | 36               |
| 5/12/2019         | 8822.5405  | 5/12/2019             | 8822.6998  | 97               | 30/12/2021        | 9579.4356  | 31/12/2021            | 9579.5810  | 88               |
| 7/12/2019         | 8824.5112  | 7/12/2019             | 8824.6966  | 120              | 10/01/2022        | 9589.5011  | 10/01/2022            | 9589.5989  | 61               |
| 8/12/2019         | 8825.5060  | 8/12/2019             | 8825.7013  | 118              | 17/01/2022        | 9597.3745  | 17/01/2022            | 9597.4153  | 19               |
| 8/12/2019         | 8826.4976  | 9/12/2019             | 8826.6862  | 116              | 20/01/2022        | 9600.3781  | 20/01/2022            | 9600.3994  | 8                |
| 9/12/2019         | 8827.4983  | 10/12/2019            | 8827.6895  | 114              | 28/01/2022        | 9608.4493  | 29/01/2022            | 9608.5063  | 39               |
| 11/12/2019        | 8828.5072  | 11/12/2019            | 8828.6739  | 102              | 3/02/2022         | 9614.3484  | 4/02/2022             | 9614.5027  | 57               |
| 18/12/2019        | 8836.4806  | 19/12/2019            | 8836.5078  | 20               | 5/02/2022         | 9616.4160  | 6/02/2022             | 9616.5166  | 65               |
| 20/12/2019        | 8838.4845  | 21/12/2019            | 8838.6556  | 102              | 10/02/2022        | 9621.3041  | 10/02/2022            | 9621.3489  | 32               |
| 29/12/2019        | 8846.5173  | 29/12/2019            | 8846.5549  | 24               | 11/02/2022        | 9622.3067  | 12/02/2022            | 9622.5179  | 140              |
| 31/12/2019        | 8849.4575  | 1/01/2020             | 8849.5828  | 80               | 15/02/2022        | 9626.2969  | 16/02/2022            | 9626.5353  | 156              |
| 5/01/2020         | 8854.4341  | 6/01/2020             | 8854.6168  | 120              | 19/02/2022        | 9630.4648  | 20/02/2022            | 9630.5340  | 48               |
| 13/01/2020        | 8862.4518  | 14/01/2020            | 8862.5357  | 52               | 28/02/2022        | 9639.3760  | 28/02/2022            | 9639.4721  | 47               |
| 14/01/2020        | 8863.4224  | 15/01/2020            | 8863.6046  | 120              | 6/03/2022         | 9645.3852  | 6/03/2022             | 9645.4578  | 43               |
| 15/01/2020        | 8864.3942  | 16/01/2020            | 8864.5753  | 112              | 7/03/2022         | 9646.2905  | 07/03/2022            | 9646.3635  | 50               |
| 18/01/2020        | 8867.3833  | 19/01/2020            | 8867.6949  | 183              | 12/03/2022        | 9651.3321  | 12/03/2022            | 9651.4249  | 63               |

уровне 0.0077, что оказалось лучше расчетных 0.0095.

На рис. 2 показана зависимость уровня линейной поляризации S5 0716+714 от его потока в фильтре  $R$ . При переходе от звездной величины к потоку использована калибровка, приведенная в интернет-источнике<sup>1)</sup>. Черными квадратами на

<sup>1)</sup><https://lweb.cfa.harvard.edu/~dfabricant/huchra/ay145/mags.html>

рис. 2 обозначены наблюдения с 17 января 2019 г. по 2 марта 2021 г., красными крестами — с 18 декабря 2021 г. по 12 марта 2022 г. Совпадающие потоки в двух сериях наблюдений находятся в диапазоне 10–35 мЯн. На рис. 2 видно, что поляризация в двух сериях для близких потоков совпадает. В первой работе (Amirkhanyan, 2022) совпадение поляризации, измеренной в разные эпохи, попало в область потоков более 40 мЯн (см. рис. 7 в работе Amirkhanyan, 2022). Таким образом, связь потока

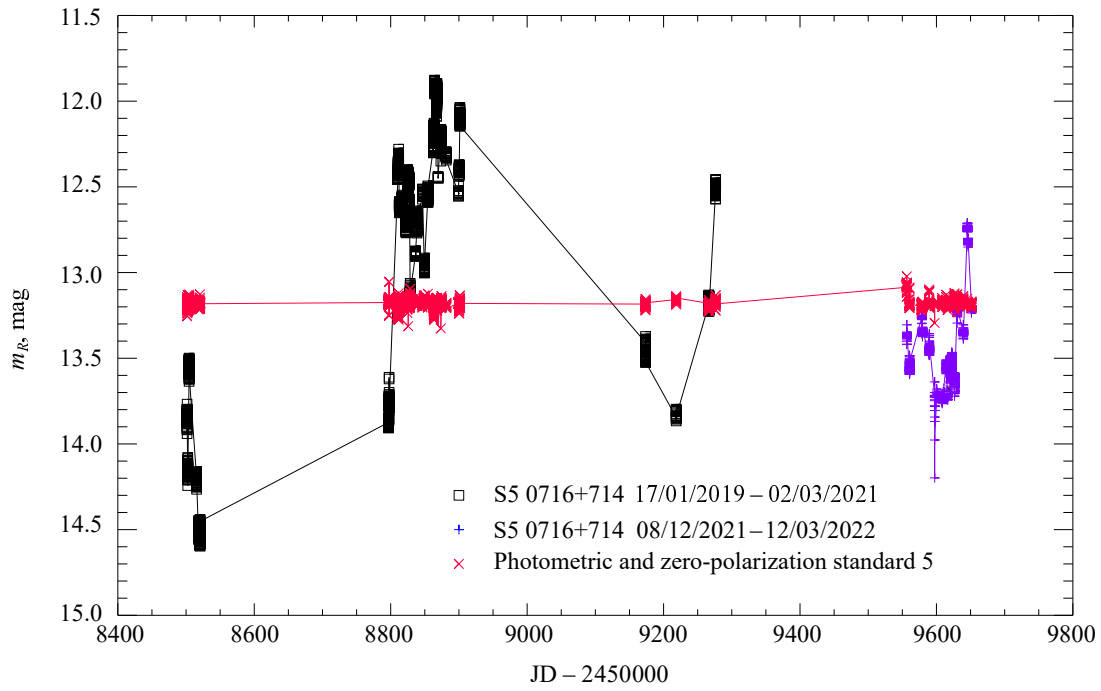


Рис. 1. Кривые блеска S5 0716+714 и ближайшего стандарта (красная линия) за весь период наблюдений с 17 января 2019 г. по 12 марта 2022 г. Вторая серия наблюдений показана синим цветом.

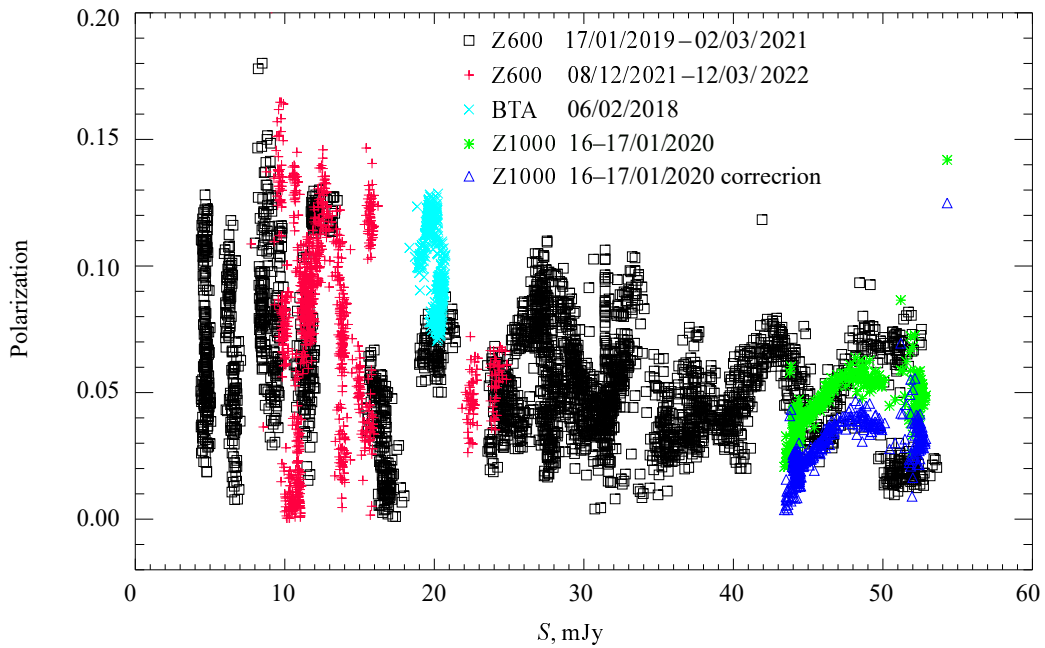


Рис. 2. Зависимость «поток – поляризация» S5 0716+714. Черный цвет — наблюдения с 17 января 2019 г. по 2 марта 2021 г. Красный — с 8 декабря 2021 г. по 12 марта 2022 г. Голубой — наблюдения на БТА 6 февраля 2018 г. Зеленый — наблюдения на Цейсс-1000 16–17 января 2020 г. без коррекции, синий — с коррекцией.

с уровнем поляризации объекта прослеживается в широком диапазоне наблюдаемых потоков.

Кроме наблюдений на Цейсс-600 на график нанесены наблюдения этого объекта на телескопах САО РАН: БТА, 6 февраля 2018 года (Shablovinskaya and Afanasiev, 2019), и Цейсс-1000,

16–17 января 2020 года (Afanasiev et al., 2021). Указанные наблюдения велись непрерывно более восьми часов с экспозициями 60 с. В результате получено 491 и 461 измерение потока и линейной поляризации на Цейсс-1000 и БТА соответственно. Эти данные были обработаны автором

и показаны на рис. 2 голубым (БТА), зеленым и синим (Цейсс-1000) цветами. Необходимо пояснить, как сделана привязка потоков объекта, полученных на разных телескопах. Если наблюдения на Цейсс-600 проводились в  $R$ -фильтре, то на Цейсс-1000 наблюдали без фильтра. Приемная система работала в диапазоне длин волн 4000–8500 Å. Ранним утром 16 января 2020 г. наблюдения на Цейсс-600 и Цейсс-1000 частично пересеклись, что позволило привязать потоки объекта. Отношение потока объекта к потоку стандарта 5 на участке одновременных наблюдений в 1.073 больше на Цейсс-1000, чем на Цейсс-600. На эту величину фотометрия Цейсс-1000 была скорректирована. Оценки степени поляризации в этих же точках равны 0.045 на Цейсс-1000 и 0.028 на Цейсс-600. Возможно, это расхождение в поляризации определяется тем, что полоса приема аппаратуры Цейсс-1000 в три раза шире полосы на Цейсс-600. На рис. 2 зеленым цветом показаны результаты без коррекции поляризации и синим с коррекцией на  $-0.017$ . По мнению автора, данные с Цейсс-600 и Цейсс-1000 неплохо согласуются в диапазоне потоков 45–55 мЯн. На БТА наблюдения проведены в  $g$ -SDSS-фильтре. Для того, чтобы поместить результат этих наблюдений на рис. 2, необходимо пересчитать поток в полосу приема  $R$ -фильтра. Это можно сделать, если известен спектральный индекс  $\alpha$  излучения S5 0716+714 между средними длинами волн  $g$ -SDSS- и  $R$ -фильтров ( $S \sim \lambda^{-\alpha}$ ).

Определим поток объекта в  $g$ -SDSS-фильтре (мЯн), как это описано на сайте<sup>1)</sup>:

$$S_g = 3.73 \times 10^{6.57-0.4m_g}. \quad (1)$$

В работе Amirkhanyan (2006) получена зависимость спектрального индекса S5 0716+714 от потока  $S$  в фильтрах  $B$ ,  $V$  и  $I$ . Используем уравнение для фильтра  $V$ , как ближайшего к  $g$ -SDSS:

$$\alpha = -1.6 + 0.0168S_V. \quad (2)$$

Для того чтобы проверить эту зависимость, автор использовал фотометрические ряды в  $V$ - и  $R$ -фильтрах из работы Raiteri et al. (2003) для построения спектрального индекса, как функции потока в  $V$ -фильтре:

$$\alpha = -1.55 + 0.0184S_V. \quad (3)$$

Оба варианта дают близкие значения спектрального индекса, который изменяется в диапазоне от  $-1.3$  до  $-1.35$  в зависимости от потока. Учитывая, что средние длины волн  $g$ -SDSS- и  $V$ -фильтров отличаются незначительно (5200 Å и 5500 Å соответственно), заменим в выражениях (2) и (3) потоки

$S_V$  на  $S_g$ , полученные на БТА, и вычислим поток объекта в фильтре  $R$ :

$$S_R = S_g(\lambda_R/\lambda_g)^{-\alpha}. \quad (4)$$

Здесь  $\lambda_g = 5200$  Å и  $\lambda_R = 6400$  Å взяты из интернет-источника<sup>1)</sup>. Результат этих вычислений показан на рис. 2 голубым цветом. Значения поляризации не корректировались. Автор допускает, что положение голубого фрагмента может быть смещено по оси потоков на несколько мЯн от реального значения. Верхний предел уровня поляризации с ростом потока снижается, что можно описать простым выражением:

$$P_{\max} = 0.2(1 - 0.011S_R). \quad (5)$$

При этом граница потока поляризованной части излучения растет с увеличением суммарного потока объекта:

$$S_{P_{\max}} = 0.2(1 - 0.011S_R)S_R. \quad (6)$$

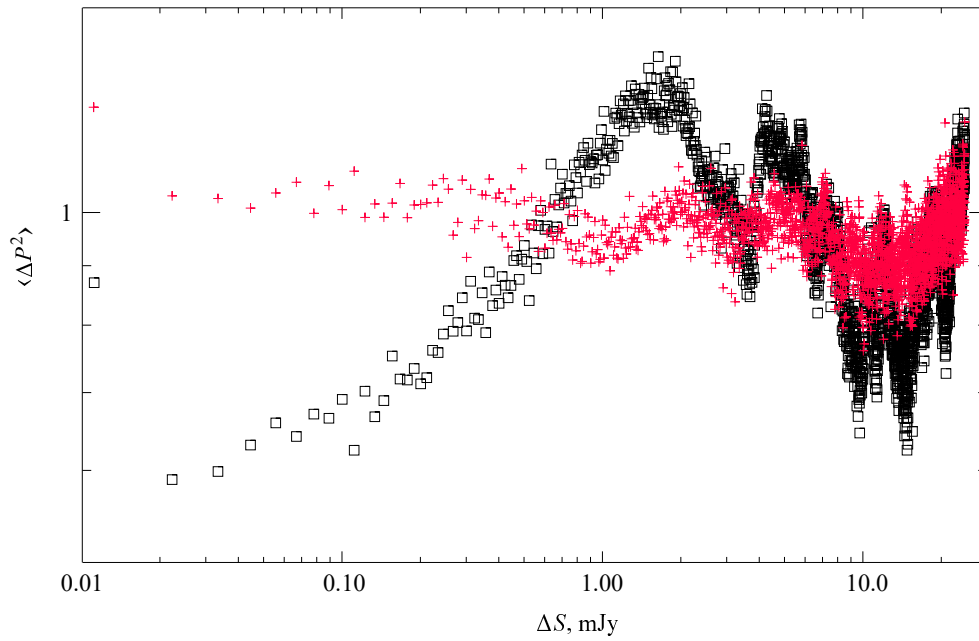
Кроме монотонного падения верхнего предела уровня поляризации с ростом потока, очевидна немонотонная периодическая компонента, которая повторяется как в наблюдениях на Цейсс-600, так и в наблюдениях на Цейсс-1000 и БТА.

Для проверки последнего утверждения построим структурную функцию — изменение среднего квадрата разности поляризации  $\langle \Delta P^2 \rangle$  от приращения потока  $\Delta S_R$ , которая позволяет оценить характер переменности поляризации при неравноточных отсчетах потока:

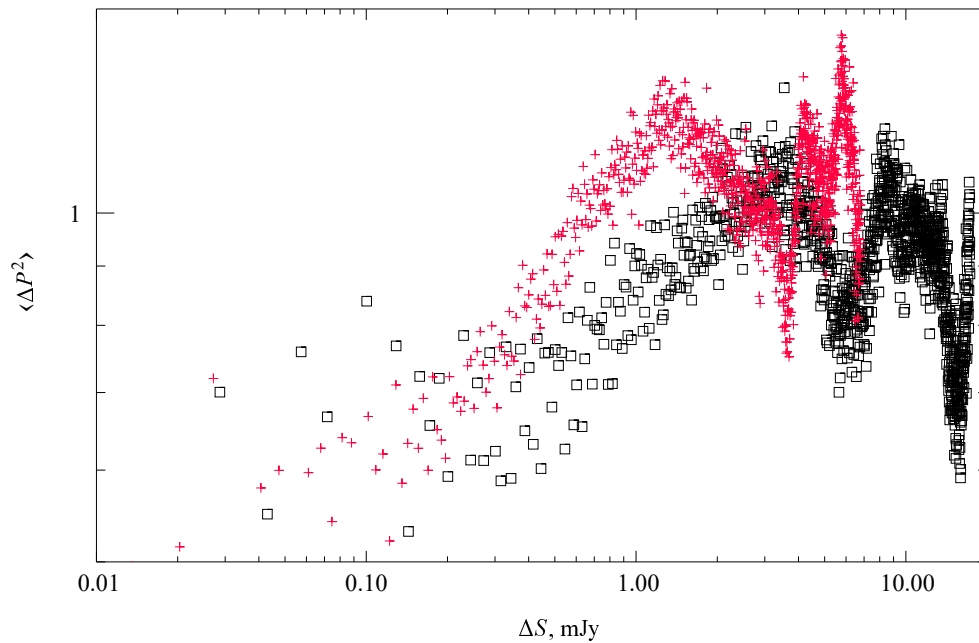
$$\Delta P^2(\Delta S_R) = \langle [P(S_R + \Delta S_R) - P(S_R)]^2 \rangle. \quad (7)$$

Для построения структурной функции использованы данные только с телескопа Цейсс-600, как наиболее единообразные. График структурной функции (рис. 3, черные квадраты) показывает, что зависимость поляризации от потока имеет гармоническую компоненту. Ее период есть удвоенная позиция первого максимума, амплитуда которого, в идеале, стремится к двум. Период также можно оценить как удвоенную разность позиций максимума и минимума графика.

Для сравнения на этом же рисунке красным цветом показан результат численного эксперимента, в котором реальные значения поляризации заменены на случайные, распределенные по закону Релея. Верхняя граница распределения, как и на рис. 2, задана выражением (5). Если отсчеты поляризации  $P(S_R)$  есть случайный процесс, то разность  $P(S_R + \Delta S_R) - P(S_R)$  близка к стационарному (Rytov et al., 1976). Следовательно,  $\langle \Delta P^2(\Delta S_R) \rangle$  зависит только от приращения потока  $\Delta S_R$  и изменяется слабо, а его ошибка растет с увеличением приращения за счет уменьшения



**Рис. 3.** Черные квадраты: структурная функция измерений «поток — поляризация», полученных на Цейсс-600. Красные кресты: структурная функция после замены отсчетов поляризации на случайные.



**Рис. 4.** Структурные функции двух участков массива «поток — поляризация»: черные квадраты — поток больше 18 мЯн, красные кресты — менее 18 мЯн.

числа усредняемых отсчетов. Именно это демонстрирует красный график. Такая же структурная функция стандарта 5, поляризация которого определяется только ошибками измерения, сохраняет постоянное среднее значение на уровне единицы во всем диапазоне смещения потока 0.01–3 мЯн, как и модельная функция на рис. 3. Отметим важное обстоятельство: количество усредняемых отсчетов

при построении структурной функции изменяется (в нашем случае) от 2500 до 1000. Следовательно, в силу центральной предельной теоремы, распределение выборочного среднего случайных чисел, каковым является отсчет структурной функции, вырождается в нормальное распределение. Теорема имеет силу при любом распределении исходного ряда, дисперсия которого конечна. Вышеизложен-

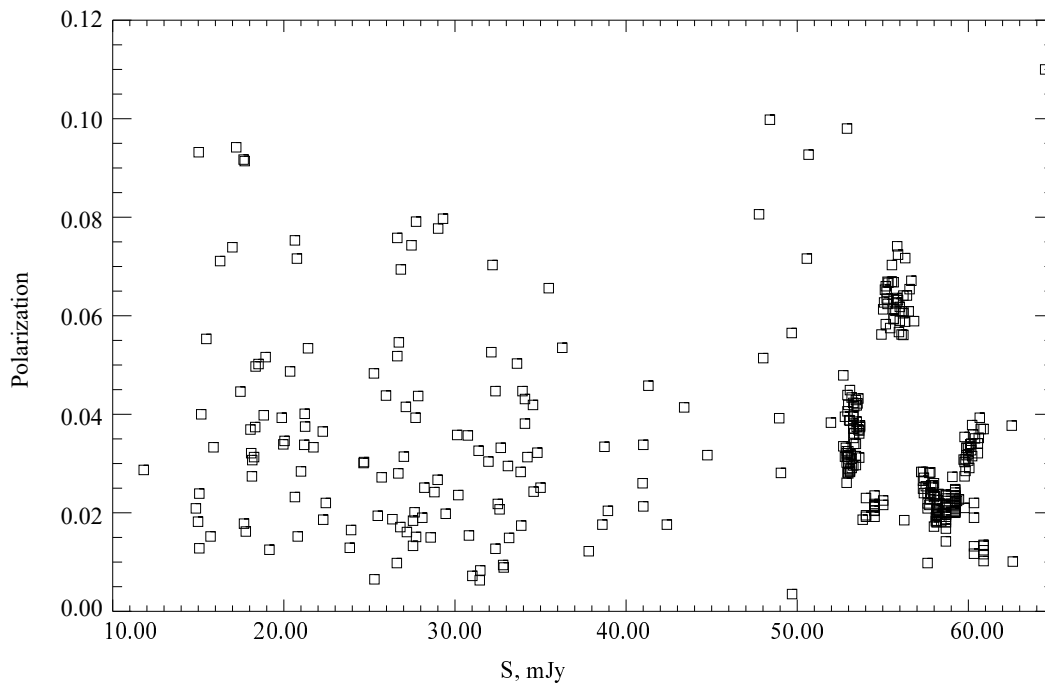


Рис. 5. Зависимость «поток — поляризация» по данным Fraija et al. (2017).

ное позволяет утверждать, что кроме монотонной составляющей экспериментальный ряд «поток — поляризация» S5 0716+714 содержит переменную компоненту с периодом около 3.5 мЯн.

Автор разделил наблюдения, представленные на рис. 2, на два участка — от 0 до 18 мЯн (2001 отсчет) и от 18 до 55 мЯн (2418 отсчетов). Для каждого участка была построена структурная функция. На рис. 4 они показаны черными квадратами (18–55 мЯн) и красными крестами (0–18 мЯн). Отчетливо видно, что на «слабом» участке преобладает гармоника с периодом 2.5–3.5 мЯн, а на «сильном» — с периодом 7–9 мЯн.

Изучение многочисленных публикаций по этому объекту позволило найти работы, в которых либо построена зависимость «поток — степень поляризации», либо доступны наблюдательные ряды с потоком и поляризацией (Smith et al., 2009; Ikejiri et al., 2011; Larionov et al., 2013; Doroshenko et al., 2017; Ahnen et al., 2018). Ни в одной из этих работ наш результат не подтверждается. Правда, структурная функция, построенная по материалам последней работы, показывает (если очень хочется) присутствие слабой гармоник в зависимости «поток — поляризация». Оптические наблюдения велись обширной группой телескопов, в том числе на Крымском АЗТ-8 и Санкт-Петербургском LX-200. На этих телескопах, в отличие от остальных, каждую наблюдательную ночь фотометрические и поляризационные измерения велись длинными сериями экспозиций. Автор не исключает, что

именно эти наблюдения оставили свои следы на структурной функции.

Далее автор ознакомился с результатами наблюдений известных объектов класса лацертид: BL Lac (Hagen-Thorn et al., 2002; Smith et al., 2009), 3C 279 (Kiehlmann et al., 2016), OJ287 (Villforth et al., 2010), S4 0954+65 (Morozova et al., 2014), Mkr 421 (Fraija et al., 2017). В некоторых из этих работ обсуждается положительная или отрицательная корреляция между потоком объекта и степенью поляризации. Быстрые изменения потока и поляризации обычно связывают с суперпозицией синхротронного излучения нескольких ансамблей релятивистских электронов либо с их движением через запутанные и регулярные магнитные поля. Переменной составляющей в зависимости «поток — поляризация» не отмечается. Правда, на графике, построенном по данным Fraija et al. (2017), автор увидел любопытную картину (см. рис. 5). В той части, где поток превышает 50 мЯн, характер графика близок к рис. 2 и резко контрастирует с областью более слабых потоков. Это может быть связано с тем, что в области сильных потоков наблюдения велись каждую ночь с 13 по 19 апреля 2013 г. длинными сериями с 60-секундными экспозициями, в то время как в части слабых потоков за ночь выполнялись 1–2 экспозиции.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Независимые наблюдения на трех телескопах САО РАН линейной поляризации S5 0716+714 показывают, что связь «поток — поляризация» имеет

гармоническую компоненту. Каждую наблюдательную ночь на Цейсс-600 велись многочасовые серии регулярных экспозиций. При хороших погодных условиях выполнялось до 100–150 экспозиций. На 6-м (БТА) и 1-м (ЦЕЙСС-1000) телескопах выполнено более 450 экспозиций за ночь. Получены подробные кривые блеска и поляризации, что позволило проследить переменность этих параметров на часовых масштабах. Удалось зафиксировать гармоническую связь линейной поляризации с потоком объекта на масштабе 3–8 мЯн. Отсутствие этого эффекта как у S5 0716+714, так и у нескольких объектов такого класса в работах других авторов, по-видимому, связано с ограниченным числом экспозиций и усреднением результатов за наблюдательную ночь. Мы продолжим наблюдения блазаров в том же регулярном многочасовом режиме. Если эффект подтвердится, то предстоит найти его объяснение, не противоречащее отсутствию гармонической компоненты потока, которую мы ищем у этих объектов не одно десятилетие.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарен сотрудникам ЛСФВО за техническую и финансовую поддержку данной работы.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа финансировалась за счет средств бюджета институтов.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор данной работы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. L. Afanasiev, E. S. Shablovinskaya, R. I. Uklein, and E. A. Malygin, *Astrophysical Bulletin* **76** (1), 102 (2021). DOI:10.1134/S1990341321010028

2. M. L. Ahnen et al. (MAGIC Collab.), *Astron. and Astrophys.* **619**, A45 (2018). DOI:10.1051/0004-6361/201832677
3. V. R. Amirkhanyan, *Astronomy Reports* **50** (4), 273 (2006). DOI:10.1134/S1063772906040020
4. V. R. Amirkhanyan, *Astrophysical Bulletin* **77** (1), 31 (2022). DOI:10.1134/S1990341322010023
5. V. T. Doroshenko and N. N. Kiselev, *Astronomy Letters* **43** (6), 365 (2017). DOI:10.1134/S1063773717060032
6. N. Fraija, E. Benítez, D. Hiriart, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **232** (1), 7 (2017). DOI:10.3847/1538-4365/aa82cc
7. V. A. Hagen-Thorn, E. G. Larionova, S. G. Jorstad, et al., *Astron. and Astrophys.* **385**, 55 (2002). DOI:10.1051/0004-6361:20020145
8. Y. Ikejiri, M. Uemura, M. Sasada, et al., *Publ. Astron. Soc. Japan* **63**, 639 (2011). DOI:10.1093/pasj/63.3.327
9. S. Kiehlmann, T. Savolainen, S. G. Jorstad, et al., *Astron. and Astrophys.* **590**, A10 (2016). DOI:10.1051/0004-6361/201527725
10. V. M. Larionov, S. G. Jorstad, A. P. Marscher, et al., *Astrophys. J.* **768** (1), 40 (2013). DOI:10.1088/0004-637X/768/1/40
11. D. A. Morozova, V. M. Larionov, I. S. Troitsky, et al., *Astron. J.* **148** (3), 42 (2014). DOI:10.1088/0004-6256/148/3/42
12. C. M. Raiteri, M. Villata, G. Tosti, et al., *Astron. and Astrophys.* **402**, 151 (2003). DOI:10.1051/0004-6361:20030256
13. C. M. Rytov, *Introduction to statistical radiophysics*, 2nd ed. (Nauka, Moskva, 1976).
14. E. S. Shablovinskaya and V. L. Afanasiev, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **482** (4), 4322 (2019). DOI:10.1093/mnras/sty2943
15. P. S. Smith, E. Montiel, S. Rightley, et al., *arXiv e-prints arXiv:0912.3621* (2009). DOI:10.48550/arXiv.0912.3621
16. M. Villata, C. M. Raiteri, L. Lanteri, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **130**, 305 (1998). DOI:10.1134/S1990341322010023
17. C. Villforth, K. Nilsson, J. Heidt, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **402** (3), 2087 (2010). DOI:10.1111/j.1365-2966.2009.16133.x

## Blazar S5 0716+714: Linear Polarization Variation. II

V. R. Amirkhanyan

<sup>1</sup>Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

The linear polarization observations of S5 0716+714 carried out by the author in 2019–2021 were continued from December 8, 2021 to March 12, 2022. These observations confirm the author's argument made in 2022 about a periodic dependence of the degree of linear polarization of S5 0716+714 on its optical flux. The harmonic period varies from 3 to 8 mJy in the 3 to 55 mJy interval.

Keywords: *techniques: polarimetric—BL Lacertae objects: individual: S5 0716+714*