

# Мониторинг выборки блазаров в обзорах неба на Западном секторе РАТАН-600

А. А. Кудряшова\*, Н. Н. Бурсов, С. А. Трушкин

\*e-mail: akudryasov@ayandex.ru

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

## Введение

С 2017 года на Западном секторе РАТАН-600 проводятся круглосуточные обзоры неба с помощью четырехлучевого комплекса радиометров на центральной частоте 4.7 ГГц. В данной работе представлены результаты исследований трех наиболее ярких блазаров наблюдавшихся в разных обзорах: на склонении Крабовидной туманности (июнь 2018 – май 2019), на склонении SS 433 (июнь 2019 – июнь 2020) и на склонении 3C 138 (май 2021 – июнь 2022). В результате обработки были получены кривые блеска блазаров за каждый день наблюдений и выполнен их анализ с помощью метода структурной функции (СФ) и периодограммы Ломба-Скаргла (ЛС).

## АО 0235+164

Блазар класса BL Lac АО 0235+164 ( $z=0.94$  [4]) является объектом многочисленных исследований, проявляет сильную переменность во всем электромагнитном диапазоне спектра, демонстрирует признаки квазипериодичности. На РСДБ-изображениях АО 0235+164 имеет экстремальную компактность и широкий угол раскрыва джета [8].

На Рис.1 представлены изображения, полученные по программе Бостонского университета VLBA-BU-BLAZAR<sup>1</sup> во время проведения наблюдений на Западном секторе РАТАН-600. Если первое изображение с яркими деталями по времени попадает на склон основной вспышки в начале цикла наблюдений и, предположительно, является ее причиной, то второе изображение источника с деталью на противоположной стороне от джета приходится на одну из вспышек, зафиксированной на РАТАН-600 (MJD = 59651).

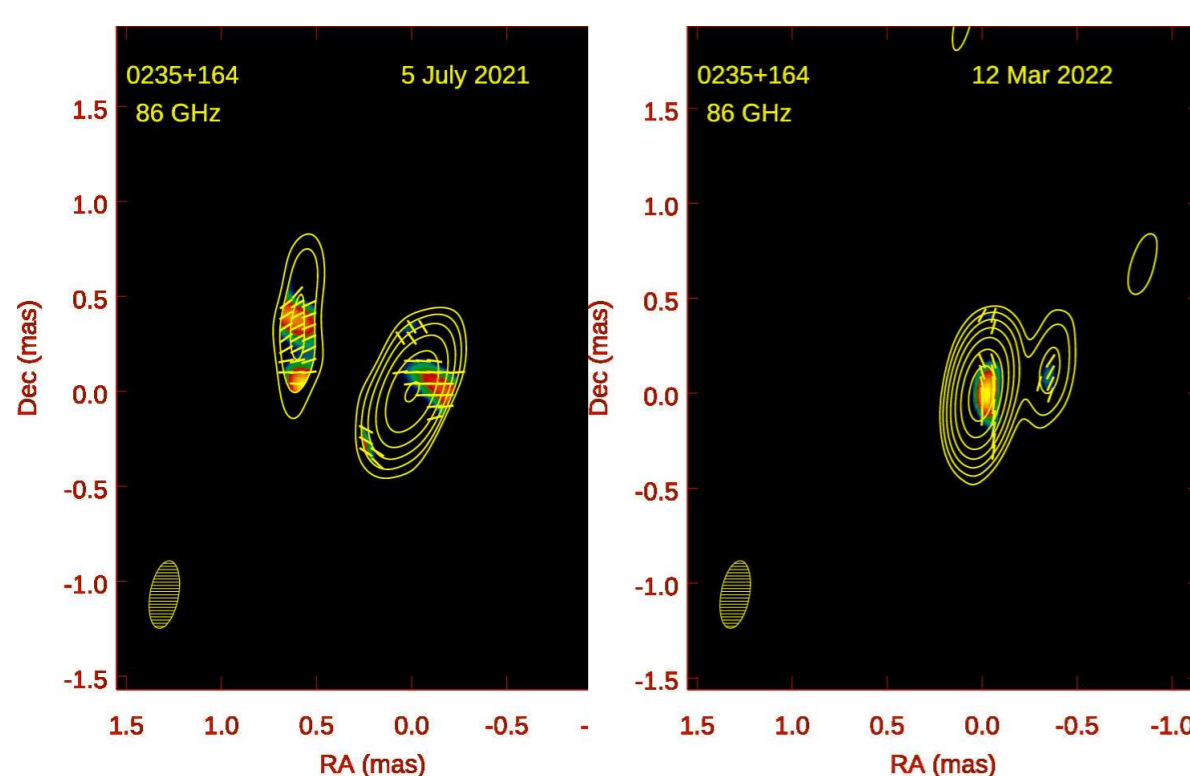


Рис. 1: VLBA изображения АО 0235+164, полученные на частоте 86 ГГц во время проведения обзора на Западном секторе РАТАН-600.

Кривые блеска на частоте 2.25 и 4.7 ГГц, полученные в результате наблюдений в 2021–2022 гг., показаны на Рис.2. Пунктирными линиями выделены три небольшие вспышки, зарегистрированные на обеих частотах, с запаздыванием излучения на длинной волне около 10 дней. На основе этих данных был рассчитан спектральный индекс ( $\alpha_{2-5}$ ,  $S_\nu \sim \nu^\alpha$ ). Его изменение в течение года коррелирует с плотностью потока, изменяясь за время наблюдений от +0.20 до +0.75 во время вспышек, что указывает на оптически

<sup>1</sup><https://www.bu.edu/blazars/BEAM-ME.html>

толстую область излучения в течение всего периода наблюдений.

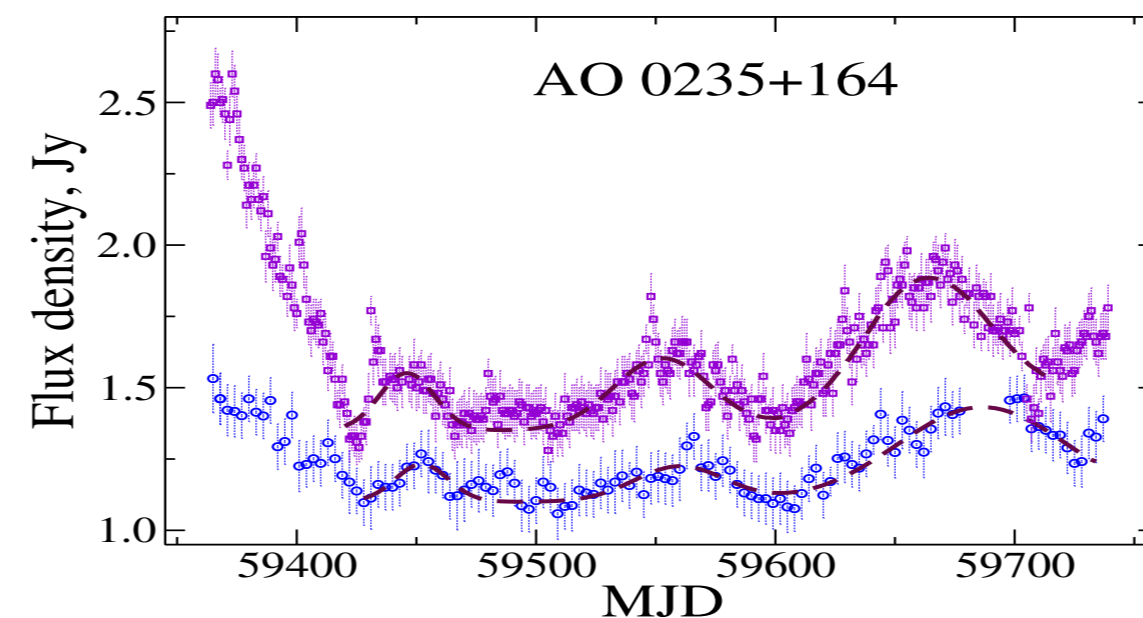


Рис. 2: Кривые блеска блазара АО 0235+164 на частотах 4.7 и 2.25 ГГц за 2021–2022 гг.

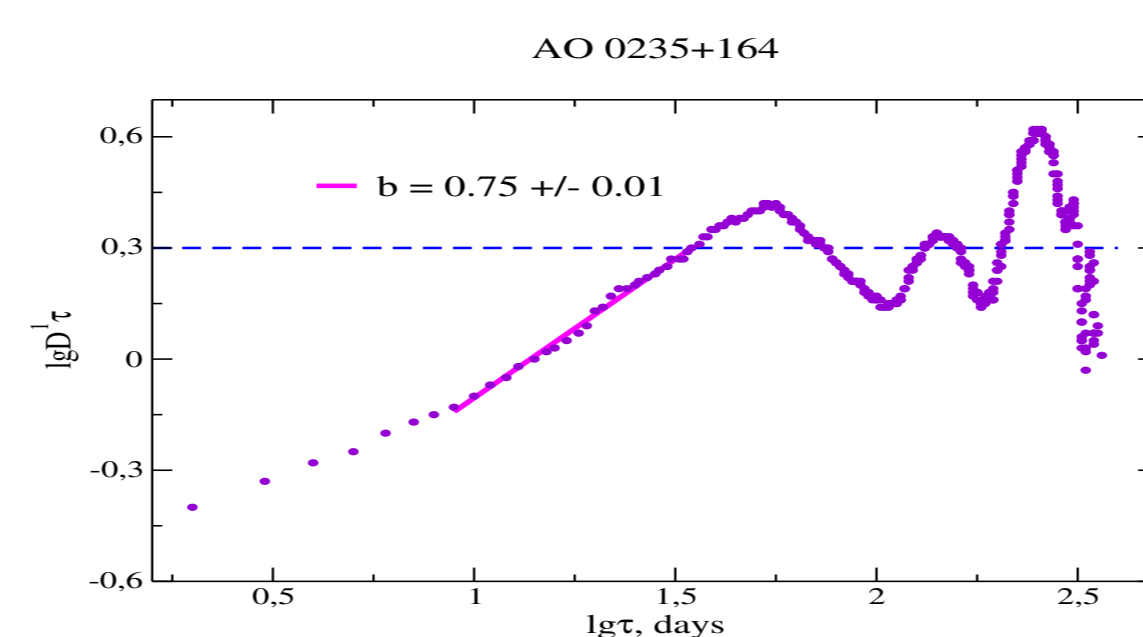


Рис. 3: Структурная функция блазара АО 0235+164 на частоте 4.7 ГГц за 2021–2022 гг.

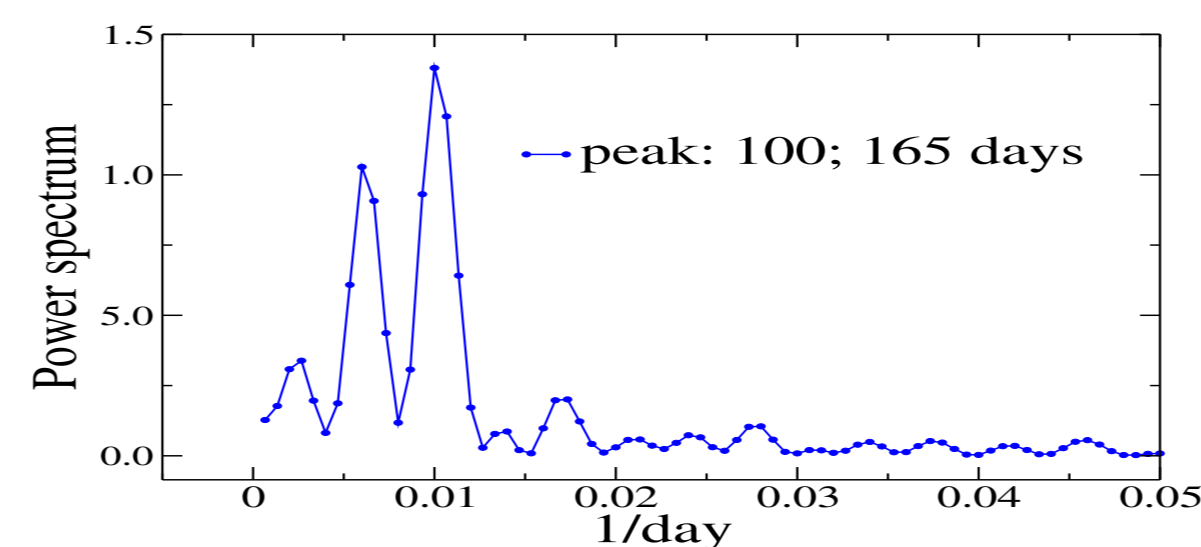


Рис. 4: Периодограмма Ломба-Скаргла для кривой блеска АО 0235+164. Два максимума: 100 и 165 дней.

$$I_{\text{var}} = \frac{(S_{\text{max}} - \sigma_{S_{\text{max}}}) - (S_{\text{min}} + \sigma_{S_{\text{min}}})}{(S_{\text{max}} - \sigma_{S_{\text{max}}}) + (S_{\text{min}} + \sigma_{S_{\text{min}}})}, \quad (1)$$

Индекс переменности [3] (формула 1) для этого блазара  $I_{\text{var}} = 0.3$ , что соответствует изменению плотности потока в два раза. Методом анализа СФ (формула 2) обнаружены вспышки на масштабах 100–120 дней (Рис. 3) с периодом  $\sim 100$  дней.

$$D^1(\tau) = \langle [S(t) - S(t + \tau)]^2 \rangle, \quad (2)$$

где  $S(t)$  - плотность потока в зависимости от времени  $t$ ,  $\tau$  - задержка во времени между двумя измерениями.

Периодограмма ЛС (Рис. 4) демонстрирует два периода: 100 и 160 дней, что согласуется с результатами СФ.

## B2 1324+224

B2 1324+22 ( $z=1.4$  [2]) является FSRQ блазаром с пиком на низкой частоте (LSP) [1]. На РСДБ-изображениях B2 1324+22 на частотах от 1.4 до 43 ГГц присутствует джет со средним направлением  $-15^\circ \pm 15^\circ$  на расстоянии  $0.5 \pm 0.2$  mas от ядра. [5]

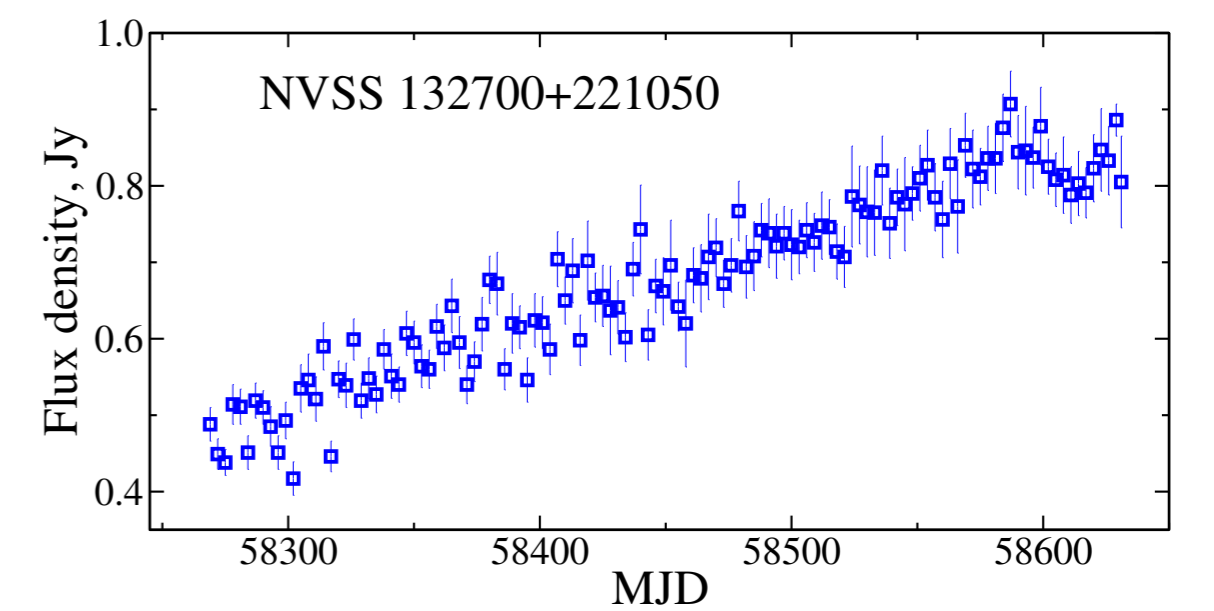


Рис. 5: Кривая блеска блазара B2 1324+22 на частоте 4.7 ГГц за 2018–2019 гг.

Для источника B2 1324+224 анализ методом СФ показал масштаб больший, чем время наблюдений. Во время цикла наблюдений происходил постоянный рост плотности потока источника, от 0.4 до 1 Ян ( $I_{\text{var}} = 0.3$ ).

## PKS 1614+051

FSRQ блазар PKS 1614+051 ( $z=3.21$  [7]) является далеким и радиогромким радиоисточником с пиком на высокой частоте (HFP). Такие источники являются кандидатами в молодые и компактные объекты [9, 6]. Данный источник обладает переменностью плотности потока на масштабах нескольких лет.

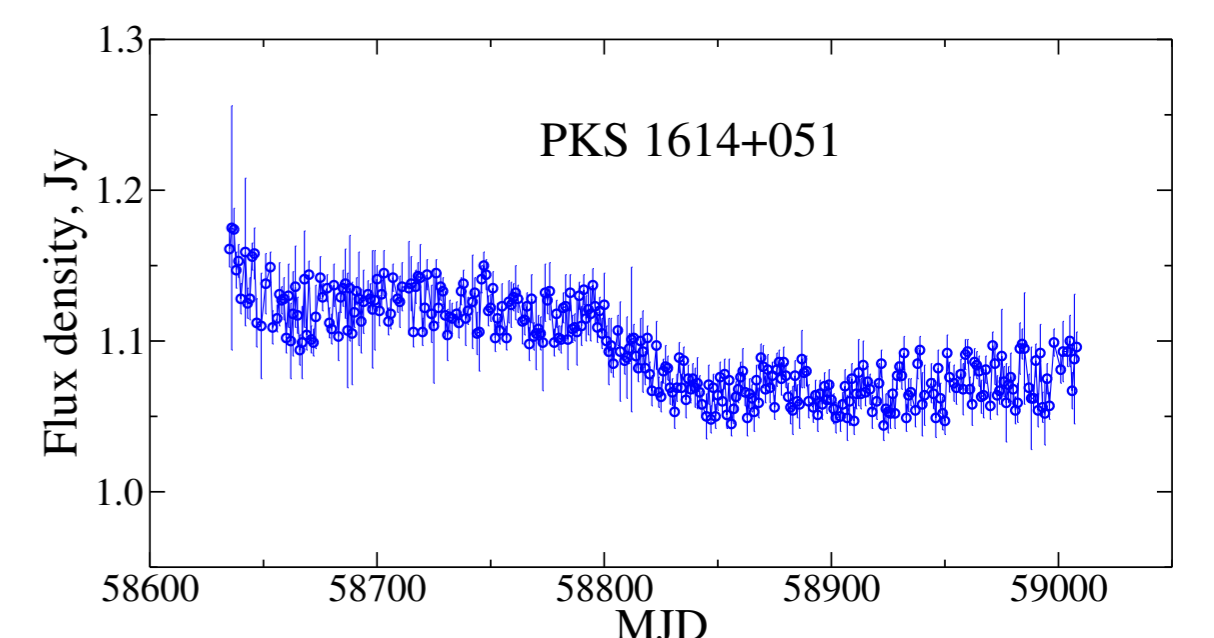


Рис. 6: Кривая блеска блазара PKS 1614+051 на 4.7 ГГц за 2019–2020 гг.

За время наблюдений не происходило заметного изменения плотности потока ( $I_{\text{var}} = 0.02$ ). Для источника PKS 1614+051 анализ методом СФ показал масштаб вспышек больший, чем время наблюдений. Аналогичный результат получен методом периодограммы ЛС.

## Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания САО РАН, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

## Список литературы

- [1] Ackermann M. et al. ApJ, 743(2), 2011.
- [2] Ahumada Romina et al. ApJS, 249, 2020.
- [3] Aller M. F. et al. ApJ, 399, 1992.
- [4] Cohen Ross D. et al. ApJ, 318, July 1987.
- [5] Plavin A. V. et al. ApJS, 260(1), 2022.
- [6] Sotnikova Yu et al. , 508(2), 2021.
- [7] Wilkes B. J. et al. PASA, 5, 1983.
- [8] Svetlana G. et al. Jorstad. ApJS, 134(2), 2001.
- [9] O'Dea C. P. MNRAS, 245, 1990.