

Внутрисуточная переменность вектора поляризации блазара S5 0716+714

Е. С. Шабловинская, В. Л. Афанасьев (САО РАН)

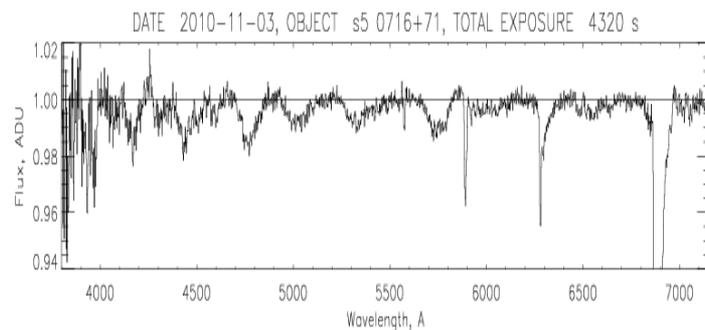
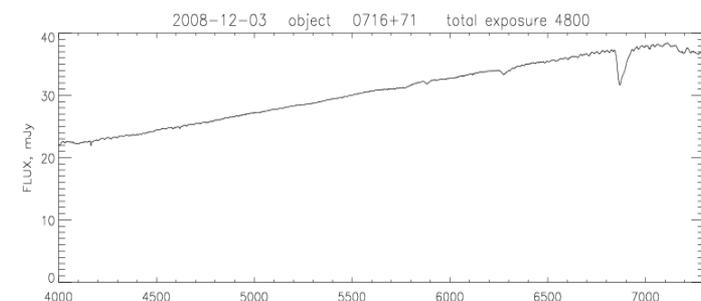


Особенный S5 0716+714

Красное смещение z - ?

- Не обнаружено спектральных деталей (кроме межзвёздных) на уровне 0.3% (10^{-3} \AA).

- Поиск подстилающей галактики не дал результатов.

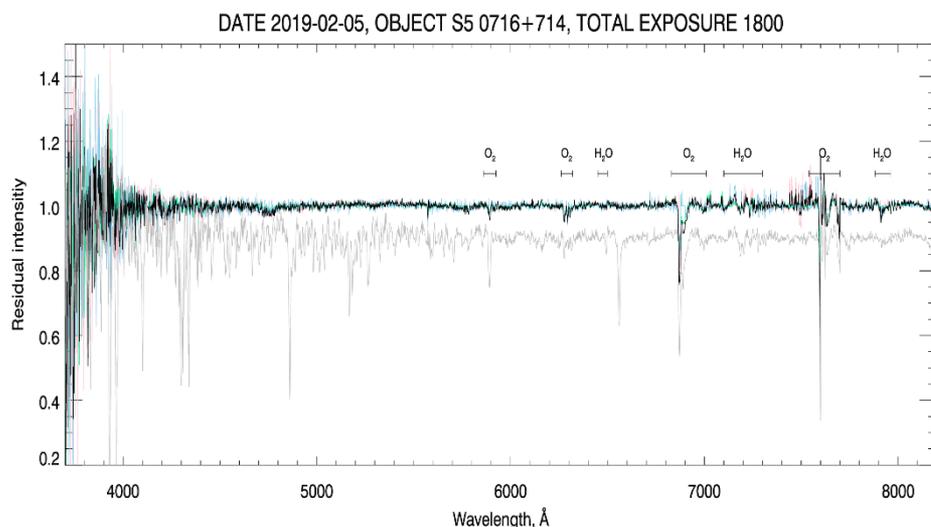


- » (Urry et al. 2000) – обзор *HST* → $m > 20.0^m \rightarrow z > 0.5$
- » (Stickel et al. 1993) → $z \approx 0.26$
- » (Bychkova et al. 2006) → $z = 0.3$
- » (Nilsson et al. 2008) → $z = 0.3$
- » (Stadnik & Romani) → $z = 0.127$

Особенный S5 0716+714

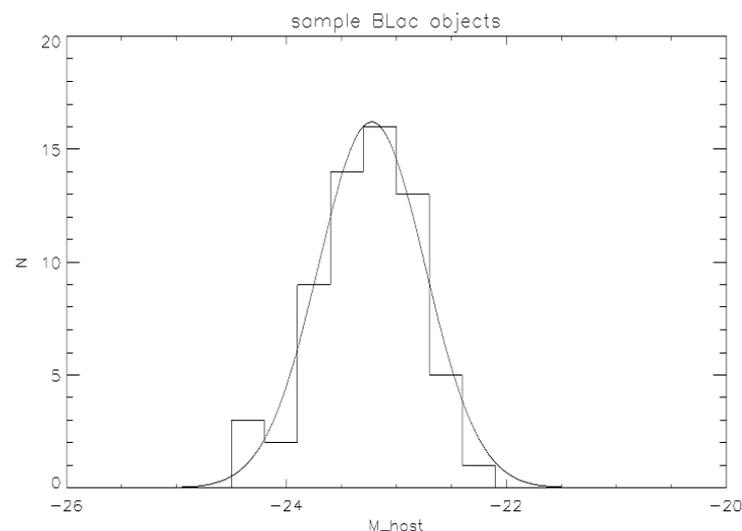
Красное смещение z - ?

- Не обнаружено спектральных деталей (кроме межзвёздных) на уровне 0.3% (10^{-3} \AA).
- Поиск подстилающей галактики не дал результатов.

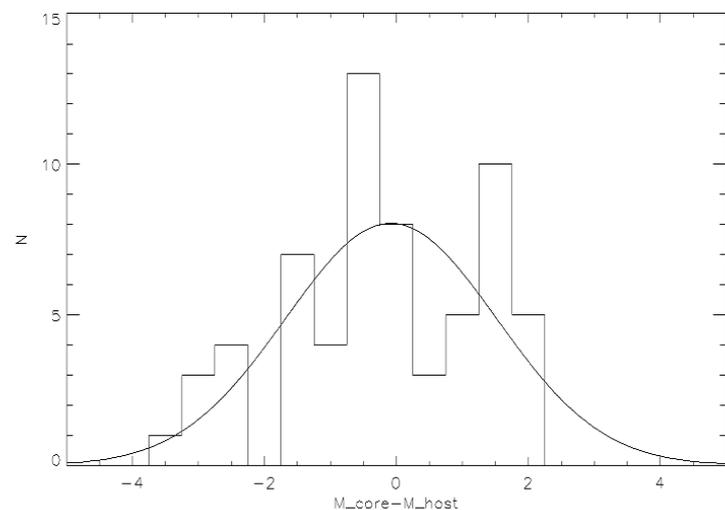


- » (Urry et al. 2000) – обзор *HST* → $m > 20.0^m \rightarrow z > 0.5$
- » (Stickel et al. 1993) → $z \approx 0.26$
- » (Bychkova et al. 2006) → $z = 0.3$
- » (Nilsson et al. 2008) → $z = 0.3$
- » (Stadnik & Romani) → $z = 0.127$

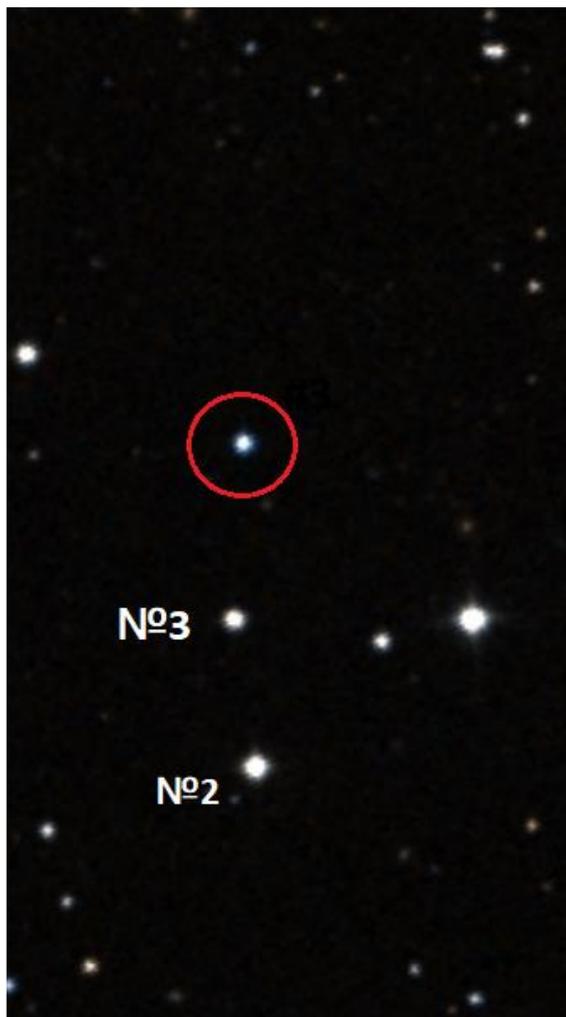
Особенный S5 0716+714



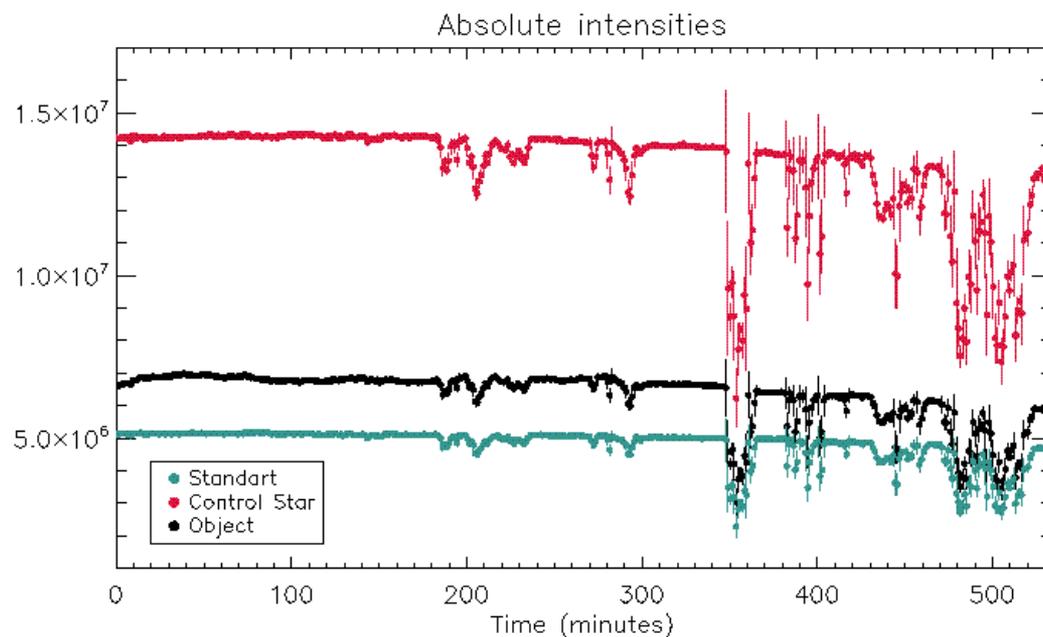
Выборка блазаров по (Urry et al. 2000):
разность яркости галактики-подложки и
ядра $< 4^m$; у S5 0716+714 – до 7^m .



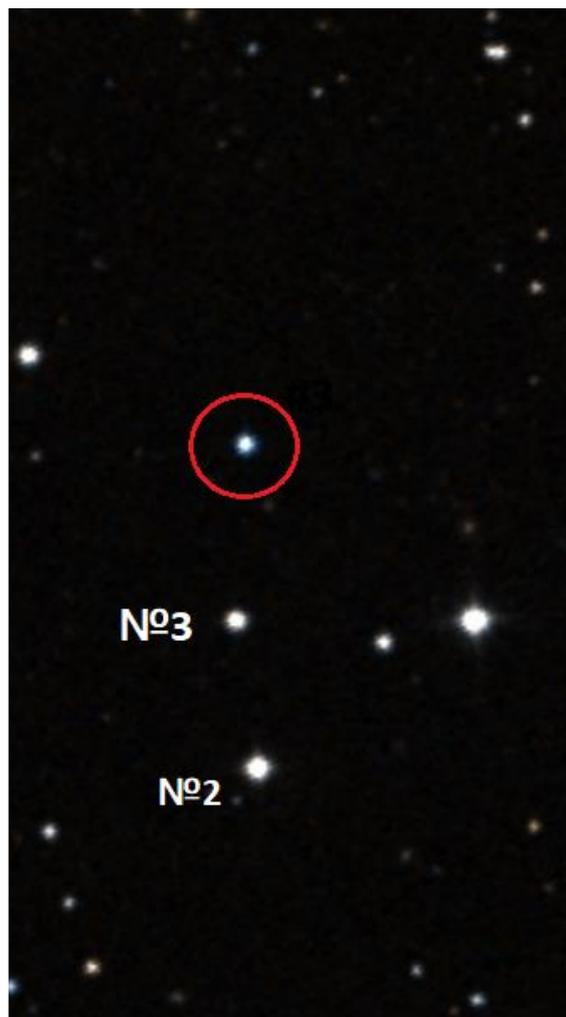
Наблюдения



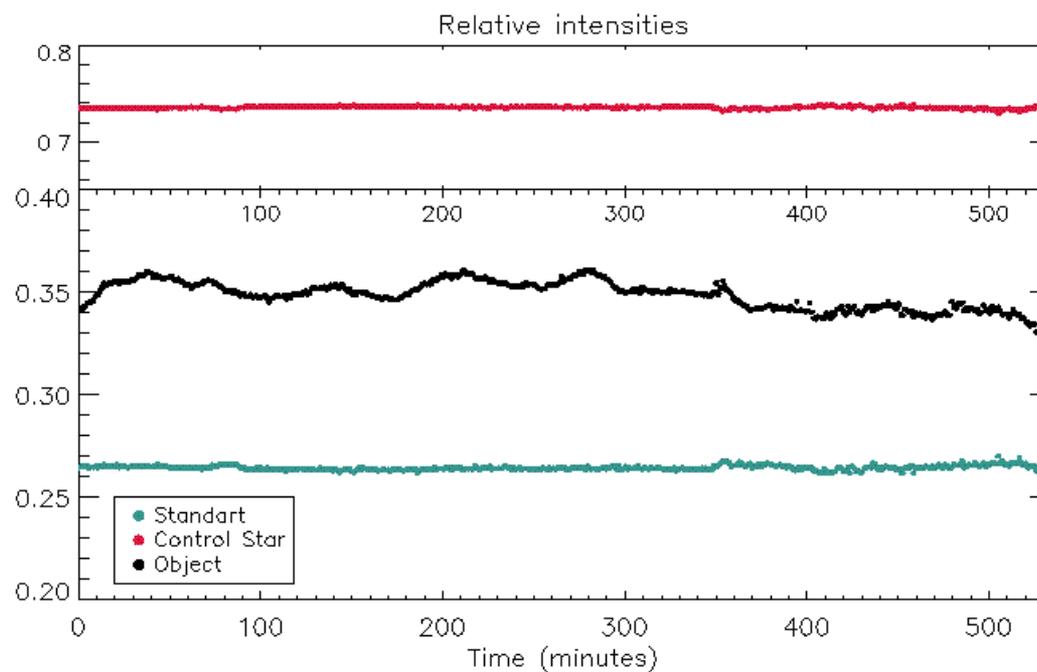
1. Одновременные наблюдения источника и звезды – фотометрического стандарта и стандарта нулевой поляризации (Amirkhanyan 2005).



Наблюдения



1. Одновременные наблюдения источника и звезды – фотометрического стандарта и стандарта нулевой поляризации (Amirkhanyan 2005).



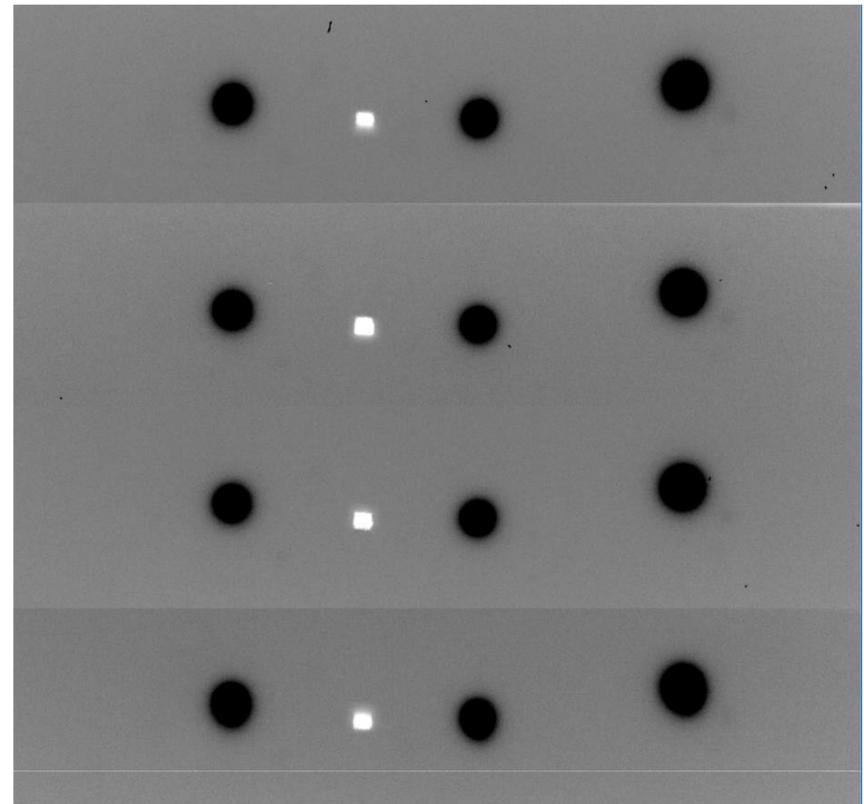
Наблюдения

2. Двойной анализатор Воластона → одновременные измерения параметров Стокса Q и U (Афанасьев и Амирханян 2012):

$$Q = \frac{I_0 - I_{90} D_Q}{I_0 + I_{90} D_Q}$$

$$U = \frac{I_{45} - I_{135} D_U}{I_{45} + I_{135} D_U}$$

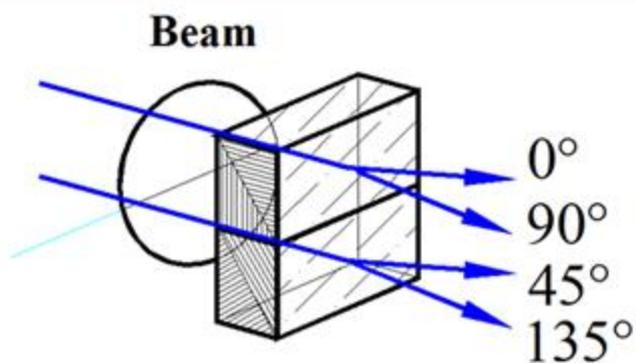
где $D_{Q,U}$ - коэффициенты пропускания поляризационного канала: $D_Q = 1.036 \pm 0.015$, $D_U = 0.985 \pm 0.015$.



Немного о поляризации

Двойная призма Воластона

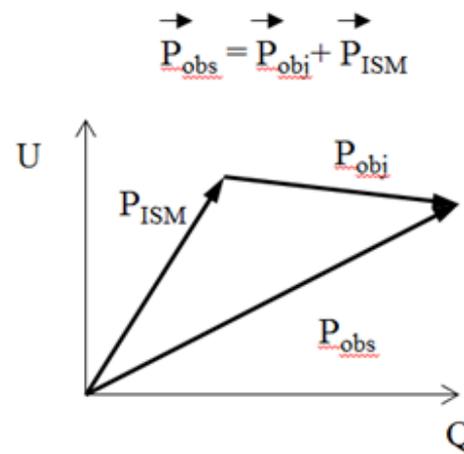
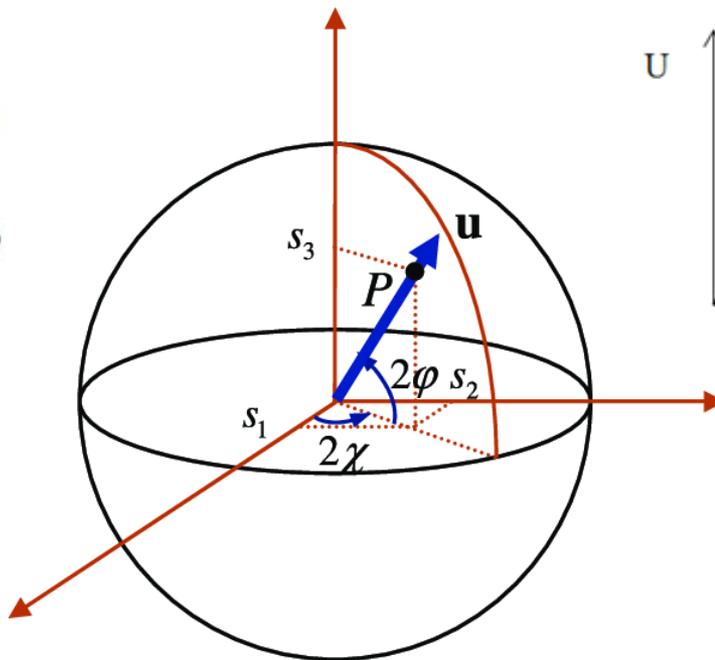
$$P(\lambda) = \sqrt{Q(\lambda)^2 + U(\lambda)^2} \quad \varphi(\lambda) = \frac{1}{2} \arctg[U(\lambda)/Q(\lambda)]$$



$$Q(\lambda) = \frac{I_{0^\circ}(\lambda) - I_{90^\circ}(\lambda)}{I_{0^\circ}(\lambda) + I_{90^\circ}(\lambda)},$$

$$U(\lambda) = \frac{I_{45^\circ}(\lambda) - I_{135^\circ}(\lambda)}{I_{45^\circ}(\lambda) + I_{135^\circ}(\lambda)},$$

$$I(\lambda) = I_{0^\circ}(\lambda) + I_{90^\circ}(\lambda) + I_{45^\circ}(\lambda) + I_{135^\circ}(\lambda)$$



Поляризация – это вектор.

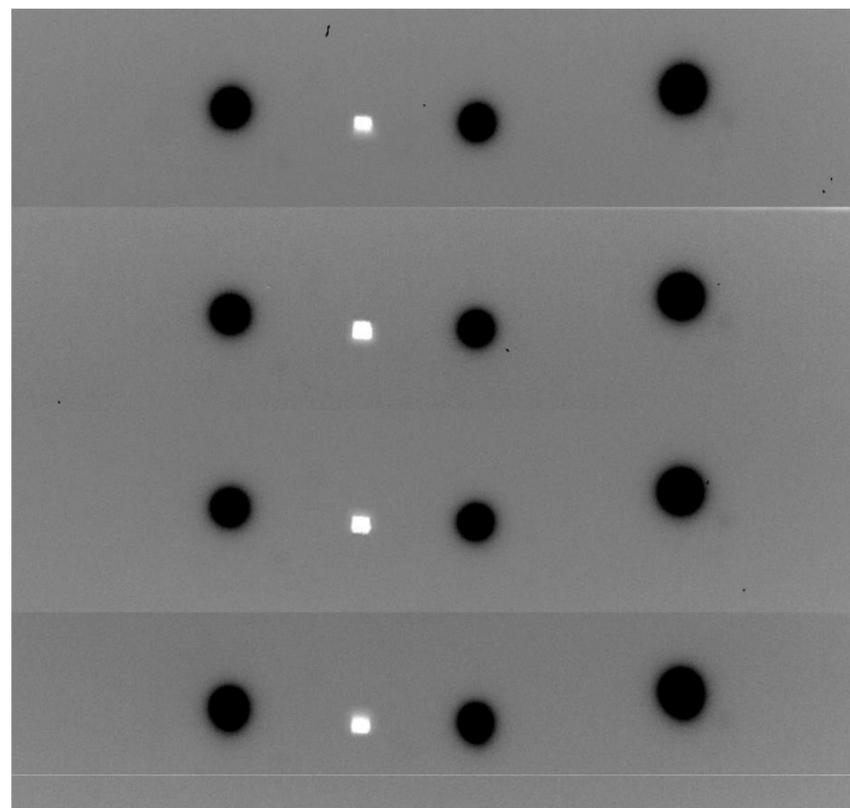
Наблюдения

2. Двойной анализатор Воластона → одновременные измерения параметров Стокса Q и U (Афанасьев и Амирханян 2012):

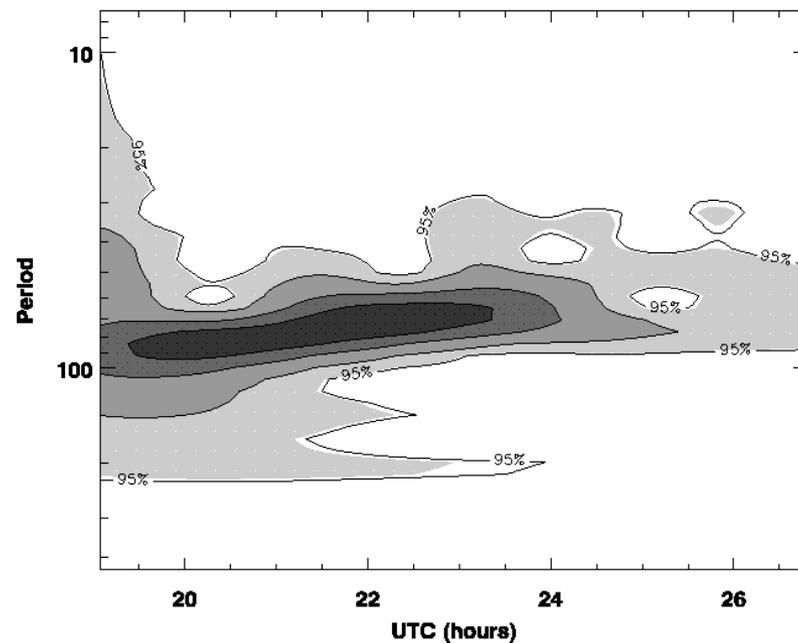
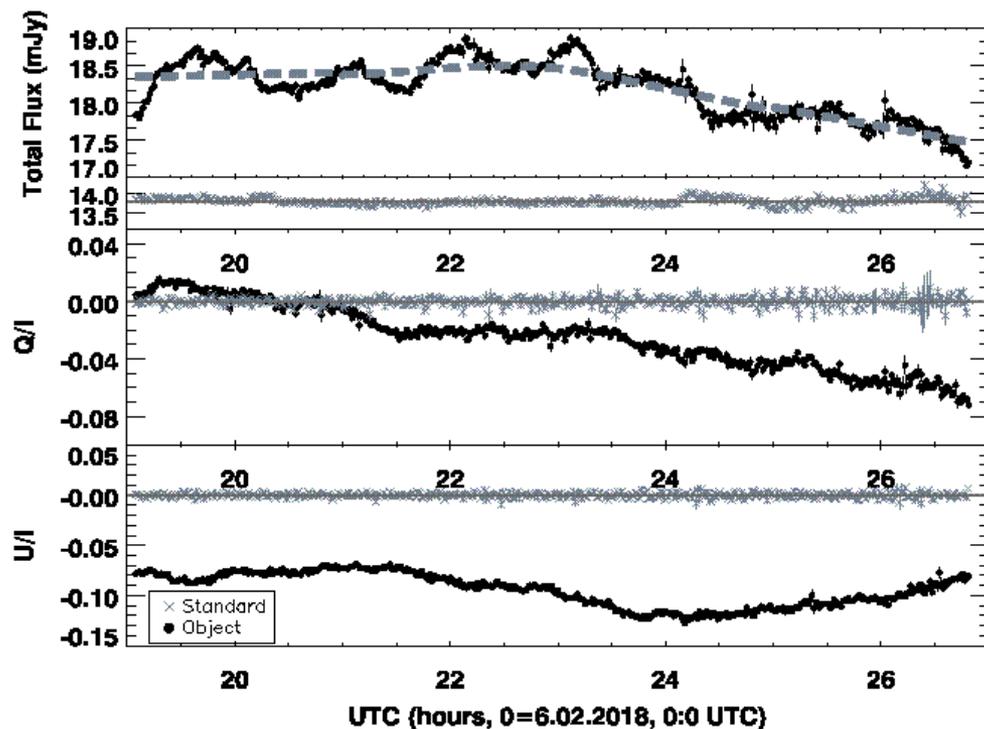
$$Q = \frac{I_0 - I_{90}D_Q}{I_0 + I_{90}D_Q}$$

$$U = \frac{I_{45} - I_{135}D_U}{I_{45} + I_{135}D_U}$$

где $D_{Q,U}$ - коэффициенты пропускания поляризационного канала: $D_Q = 1.036 \pm 0.015$, $D_U = 0.985 \pm 0.015$.

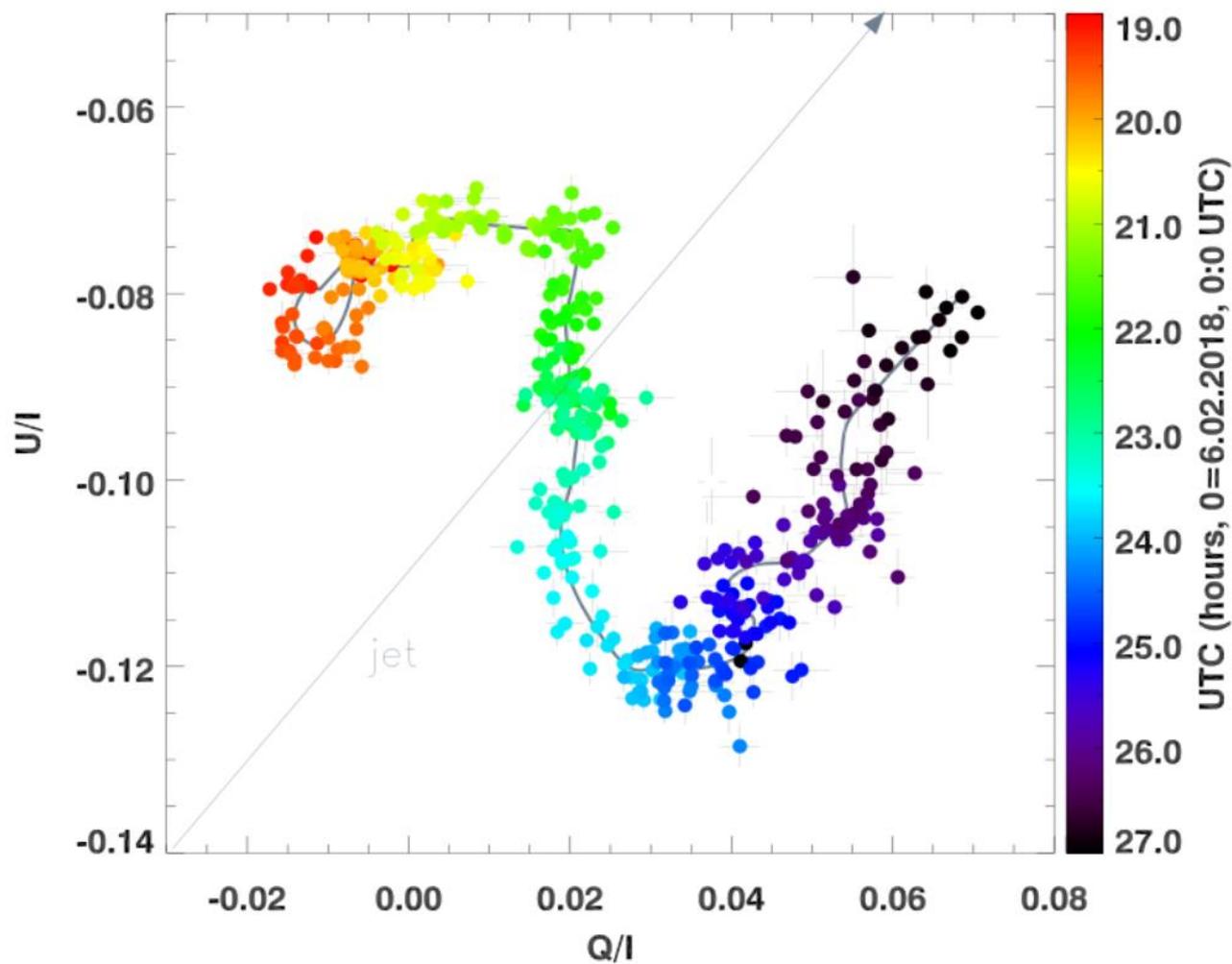


Наблюдения – результат



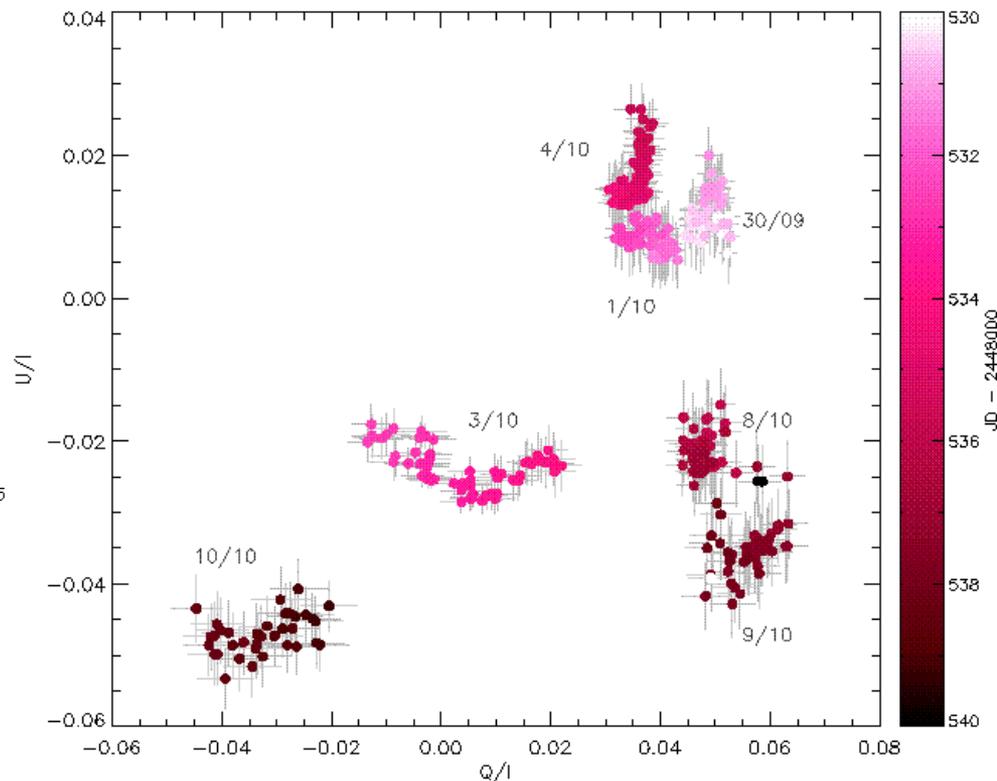
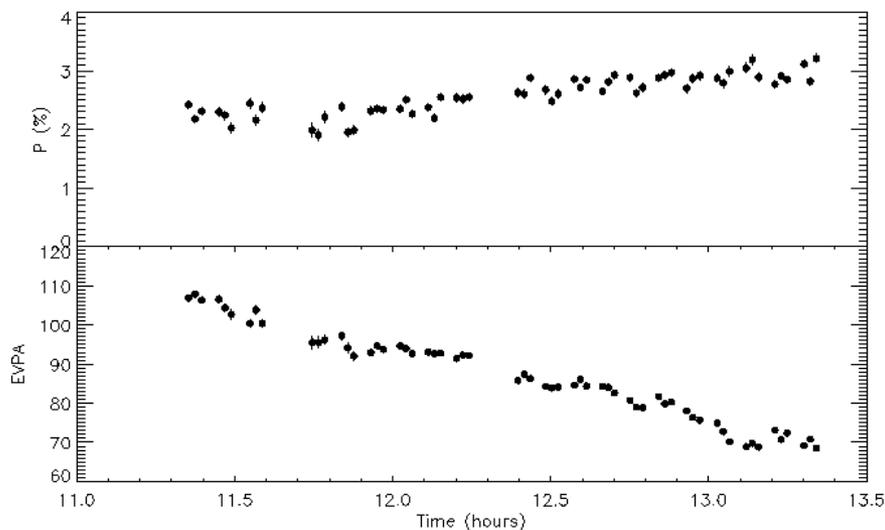
В интегральном свете период колебаний $\sim 77 \pm 10$ минут.

Наблюдения – результат



Переключение
направления
поляризационного
вектора – 1.5-3 часа.

Мониторинг на БТА – 1991/1994

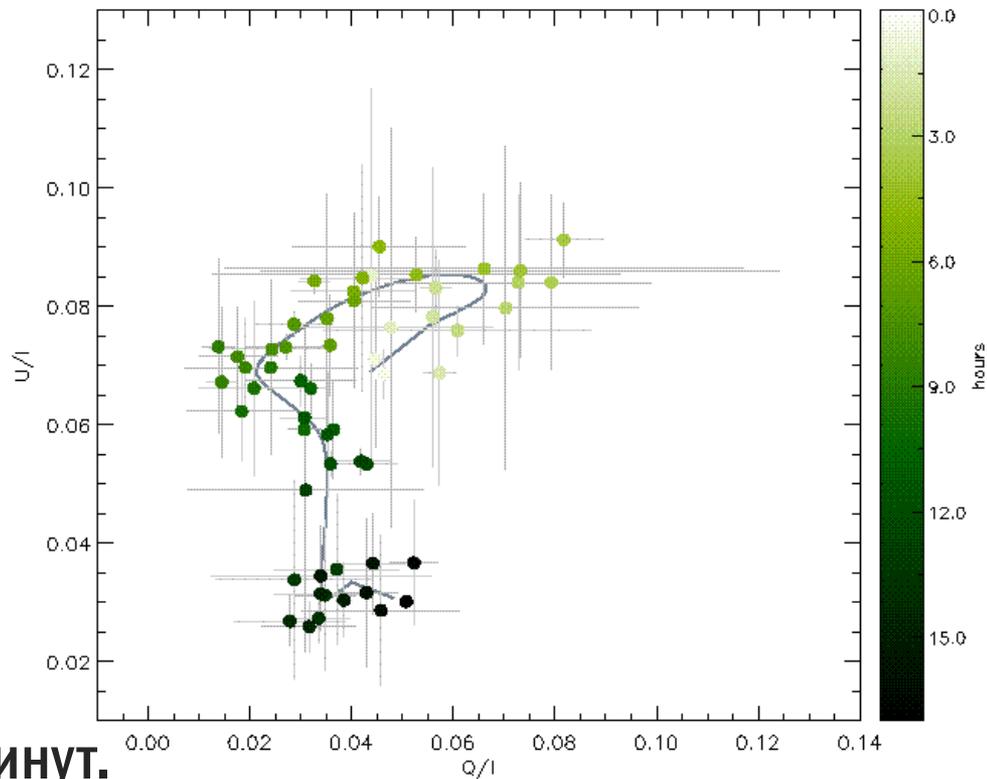
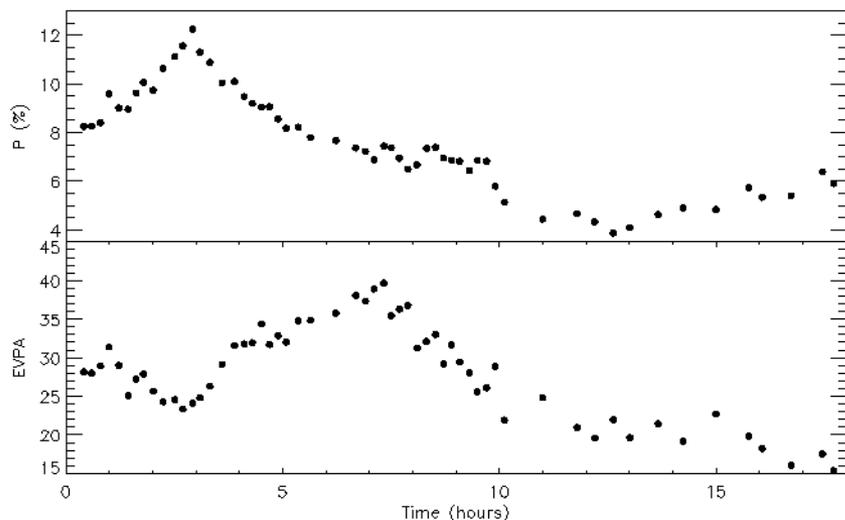


(Imrey et al. 2000)

Временное разрешение: ~ 1 минута.

Точность: 0.2-0.4%.

Кампания WEBT – микровспышка 2014

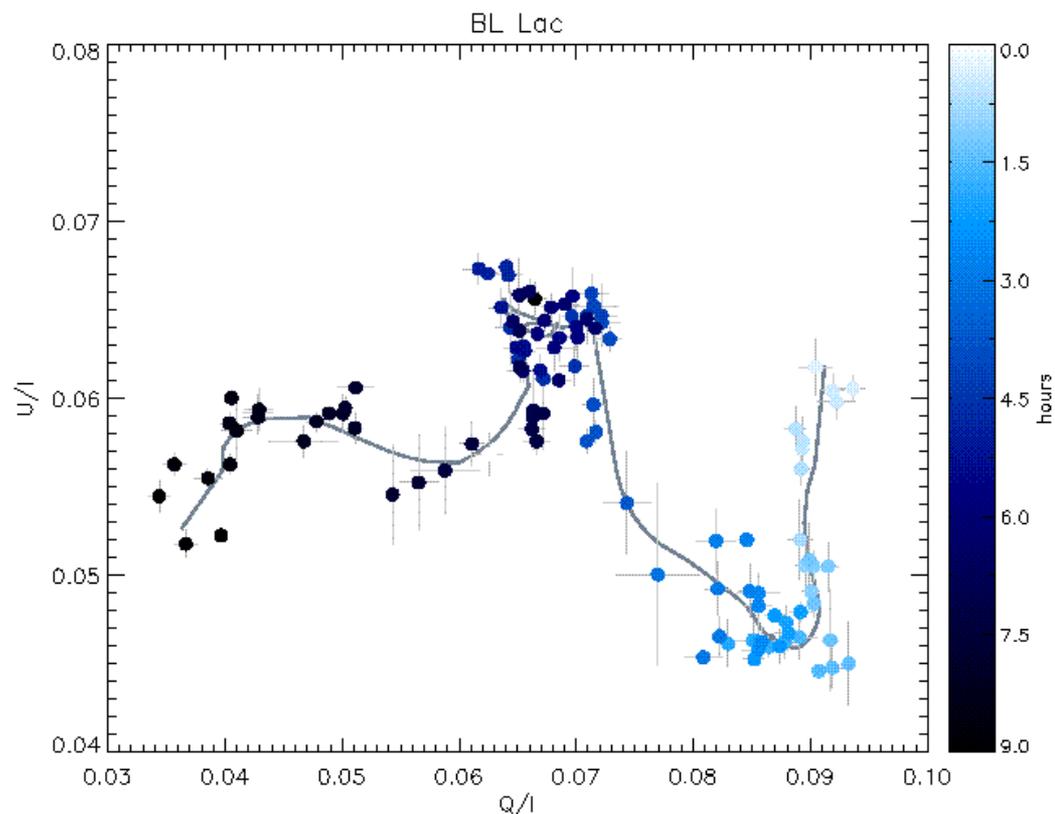
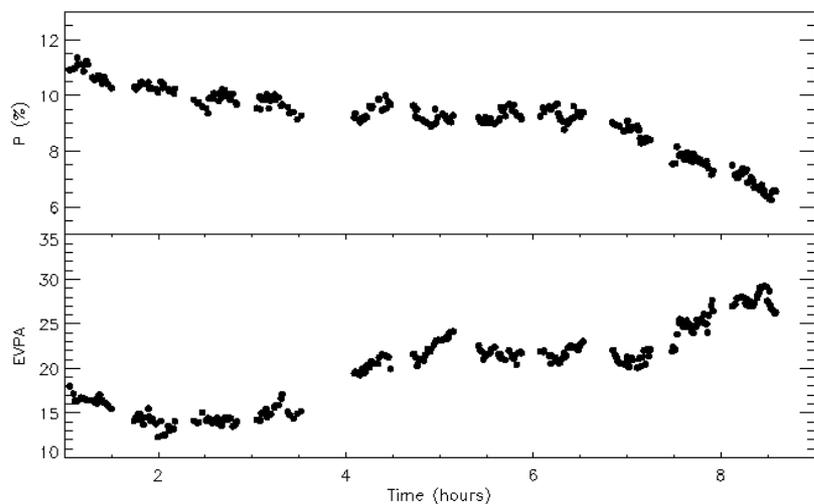


(Bhatta et al. 2015, 2016)

Временное разрешение: ~ 20 минут.

Точность: 2-10%.

Быстрая переменность BL Lac



(Covino et al. 2015)

Временное разрешение: ~ 1 -2 минуты.

Точность: 0.2-0.3%.

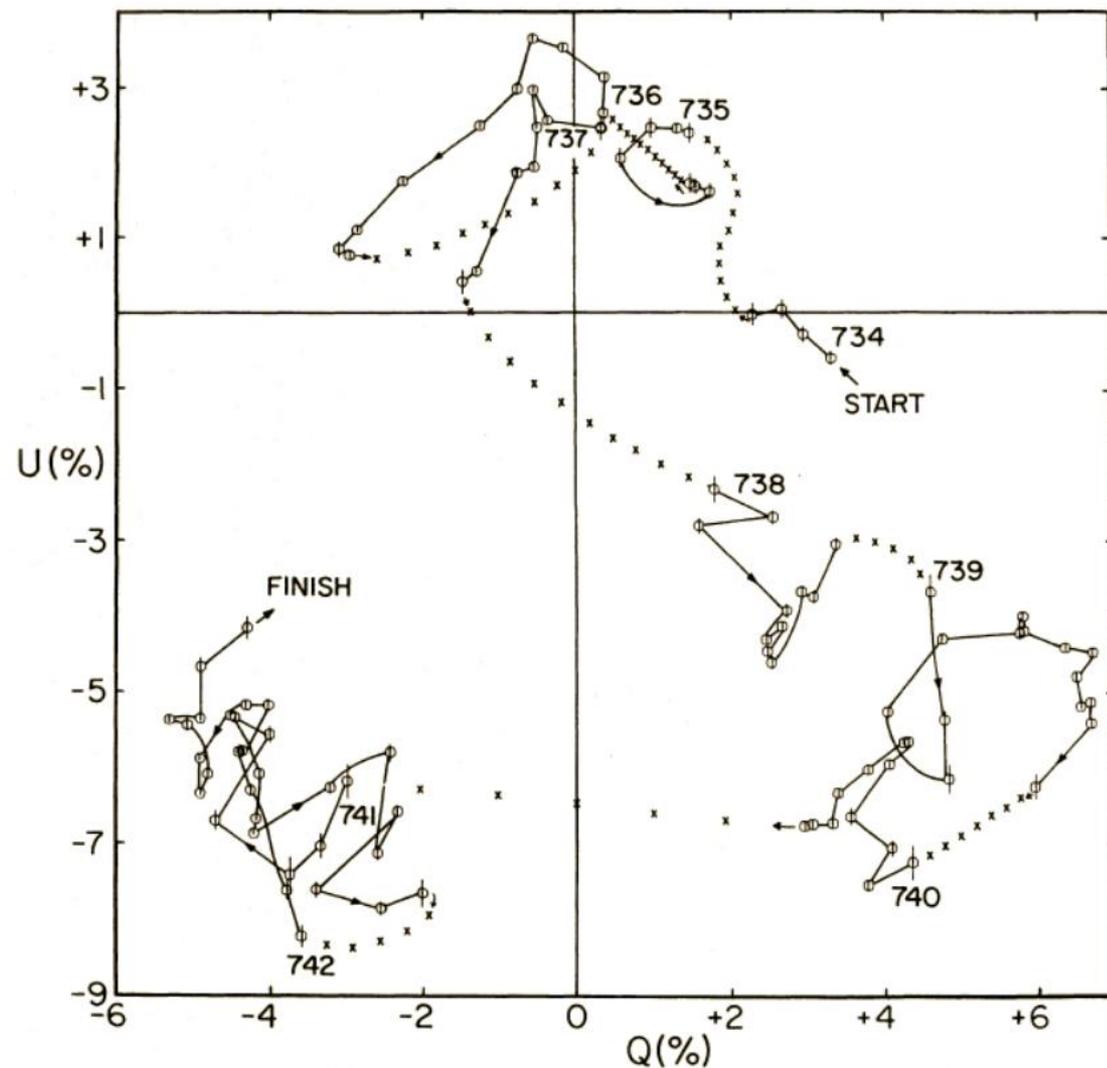
Быстрая переменность VL Lac

(Moore et al. 1982)

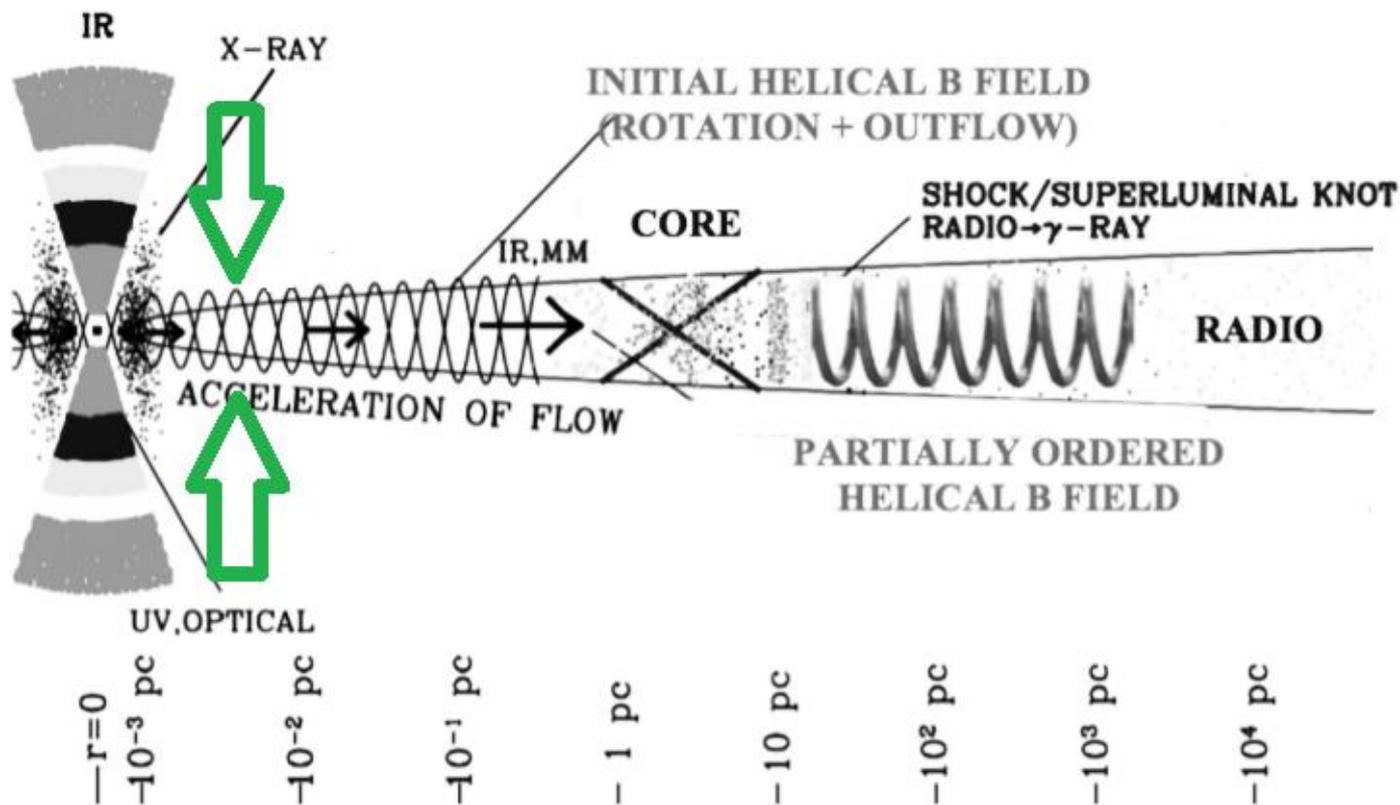
Временное разрешение:

~10 минут.

Точность: 0.3-0.4%.



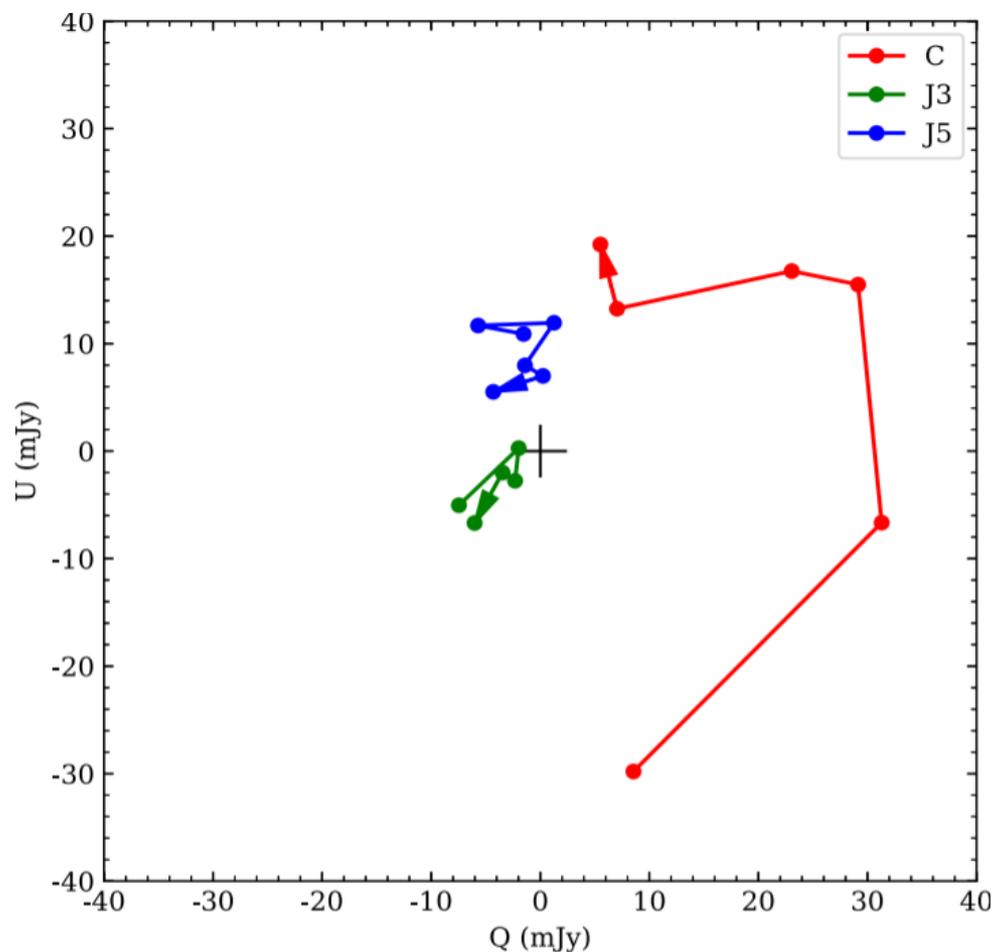
Модель поляризации



(Marscher 2008)

Спиральное магнитное поле на расстоянии $< 10^{-2}$ пк.

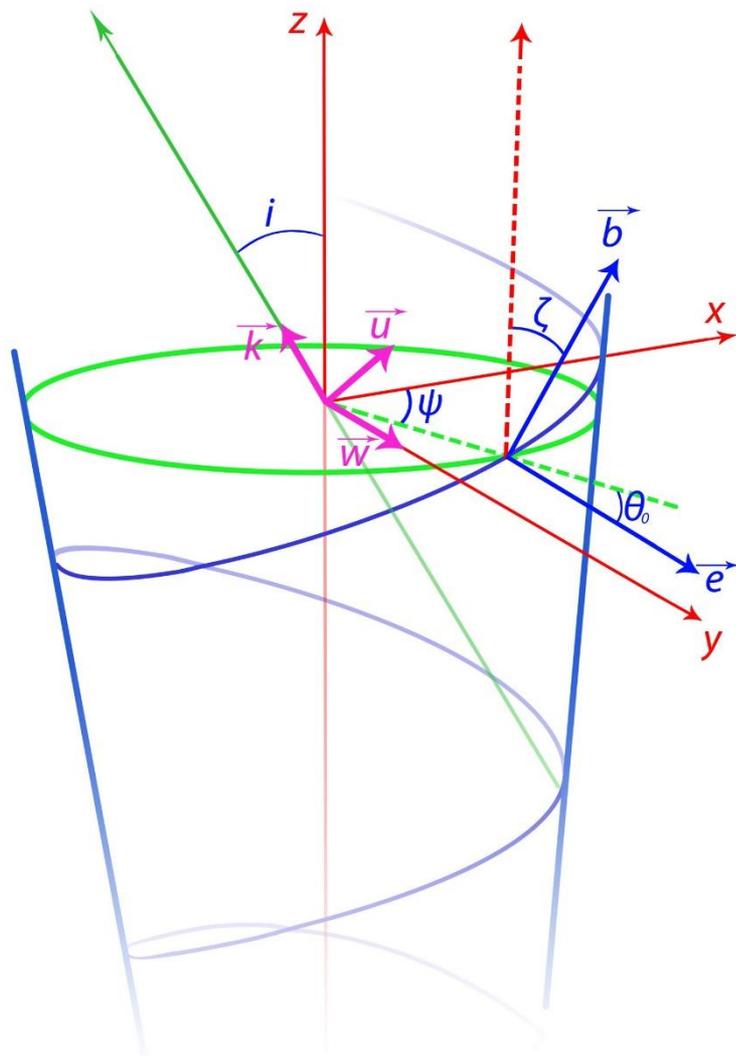
Модель поляризации



(Li et al. 2018)

Радионаблюдения СТА 102
в поляризованном свете →
Предположение о
спиральной траектории
плазмы в джете.

Модель поляризации



(Steffan 1995, Li et al. 2018):

$$\rho = f \sqrt{1 + \left(\frac{at + b}{f}\right)^2}$$

$$\varphi = \frac{1}{\sin\theta} \left[\arctan\left(\frac{at + b}{f}\right) - \arctan\left(\frac{b}{f}\right) \right]$$

$$z = \frac{\rho - \rho_0}{\tan\theta}$$

где использованы константы:

$$a = \beta \sin\theta, \quad b = \sqrt{\rho_0^2 - f^2}, \quad f = \frac{j}{b}$$

где $\beta = v/c$ - скорость точки в единицах скорости света, ρ_0 - начальное расстояние до аппликаты, $j = L/E_{kin} c$ - угловой момент.

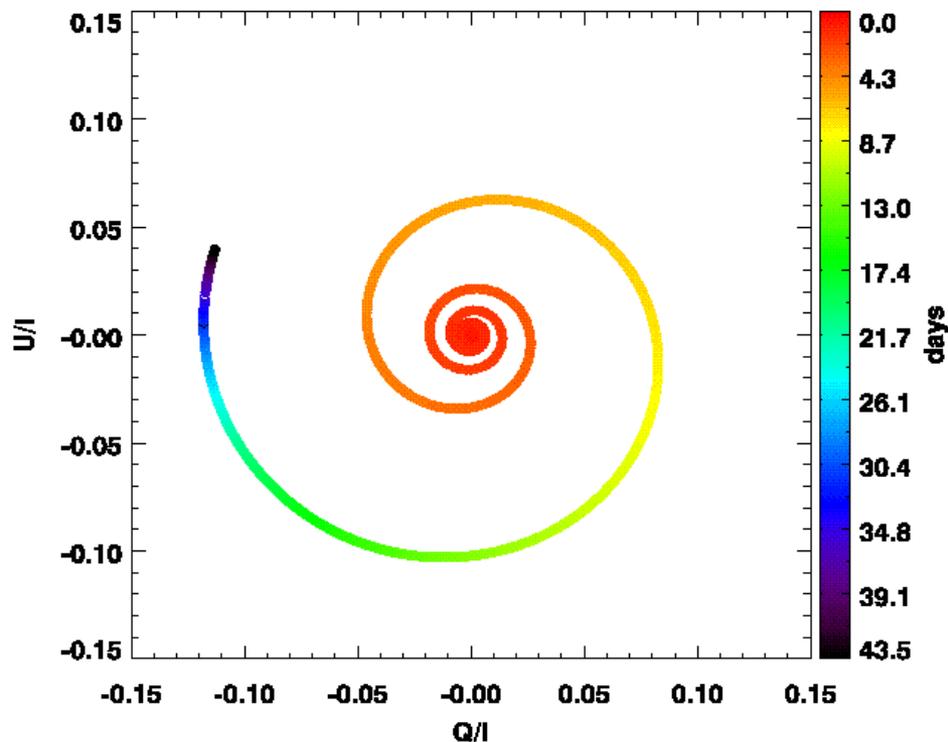
Модель поляризации

Кинематическая величина		Значение
Угол между джетом и лучом зрения ¹	i	5°
Полураствор джета ¹	θ	1.5°
Физическая скорость джета ²	β	$0.999c$
Начальное расстояние до оси джета	ρ_0	$5 \cdot 10^{-5}$ пк
Угловой момент	j	$0.9\beta\rho_0$
Максимальная поляризация ³	P_{max}	0.3

¹ (Pushkarev et al. 2009)

² (Butuzova 2018)

³ (Larionov et al. 2013)



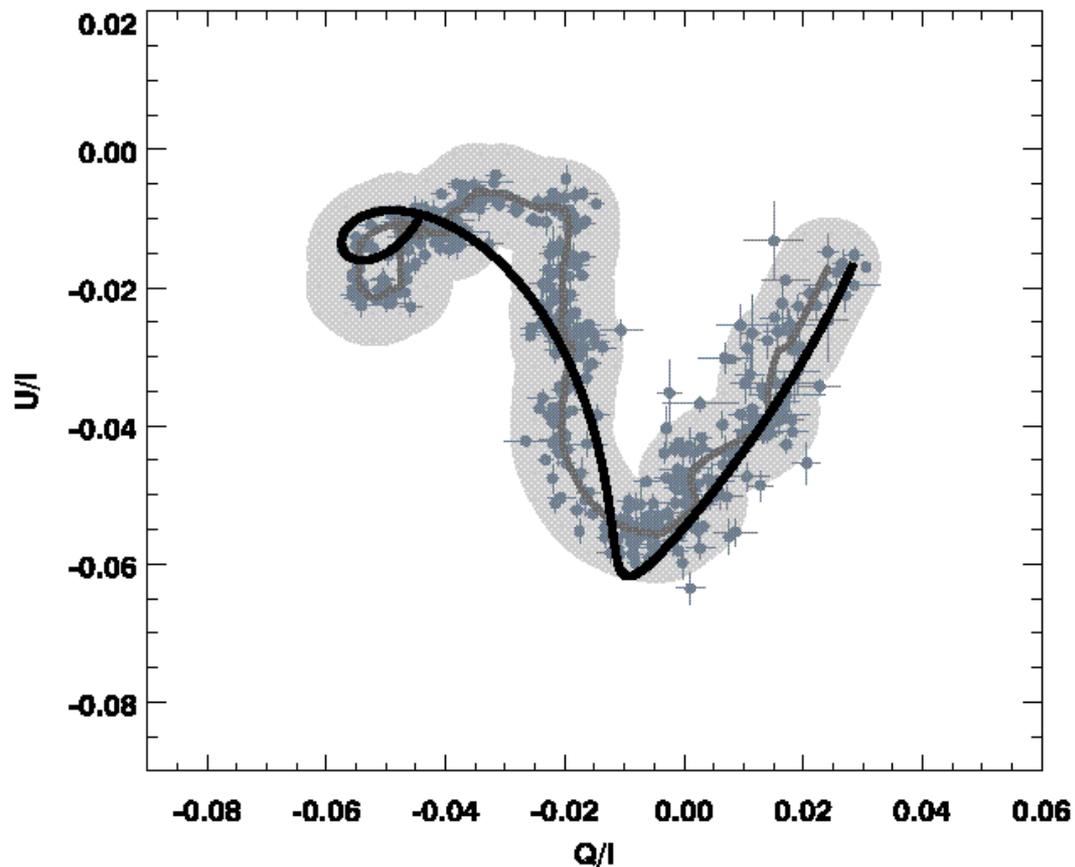
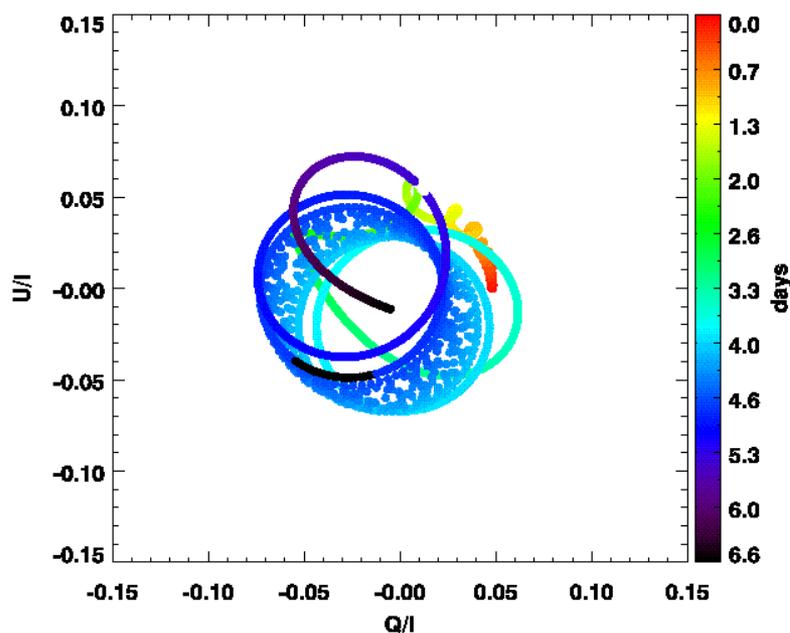
Модель поляризации – учёт прецессии

Кинематическая величина

Значение

Расстояние до оси прецессии ω $0.7 \cdot 10^{-3}$ пк

Период прецессии T 15 дней



Заключение

- Найдена переменность интегрального (с амплитудой 0.04^m) и поляризованного (на 7%) потоков на временах **~ 1.5 часа**;
- На QU -плоскости выявлено движение поляризационного вектора – «дуги» и «петли»;
- Получена оценка линейного размера поля, отождествляемого с излучающей областью – **$1.5 \cdot 10^{-5}$ пк, или 10 а.е.** на расстоянии $\sim 10^{-3}$ от центральной ЧД;
- Вращение поляризационного вектора указывают на присутствие спирального магнитного поля в джете, прецессирующего с периодом **около 15 дней**;
- Схожий рисунок изменения поляризации был найден в других работах, а также для объекта VL Lac.

MNRAS, Volume 482, Issue 4, 1 February 2019, Pages 4322– 4328, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2943>

Proper motion S5 0716+714

