Быстрая переменность блазара S5 0716+714 в поляризованном свете

Е. С. Шабловинская (САО РАН)

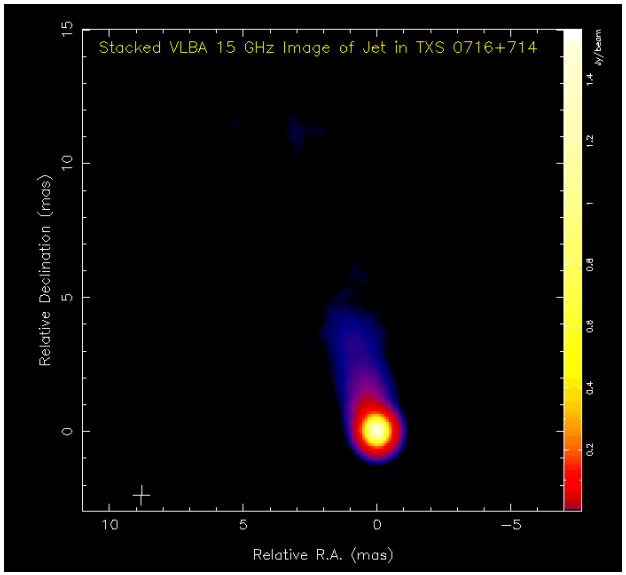
Семинар ИПА РАН, 14 января 2019

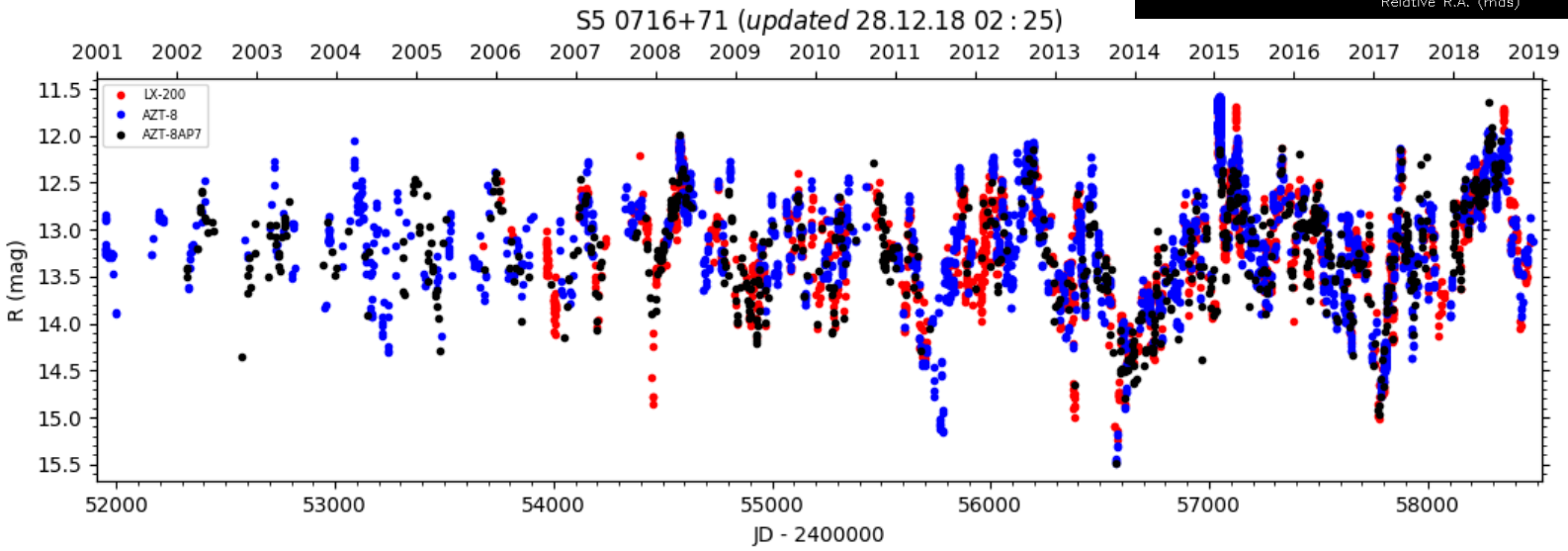
Особенный S5 0716+714

(Bierman 1981): объект типа BL Lac.

Переменность во всех диапазонах:

- Рентген – 2-3-минутные вспышки (Pryal et al. 2015)
- Оптика – 1.5-2 часа (Impey et al. 2000)
- ИК – 2 часа (Gupta et al. 2008)
- Радио – 8-16 часов (Gorshkov et al. 2011)

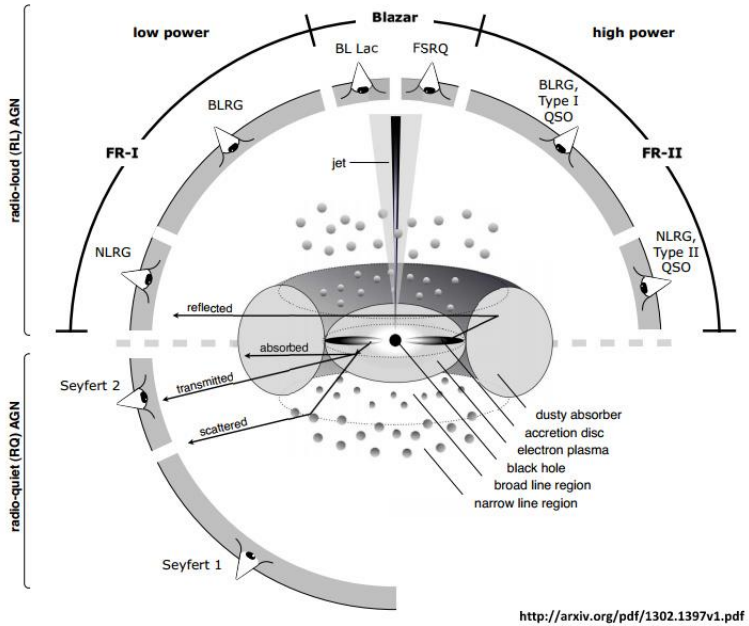




Особенный S5 0716+714

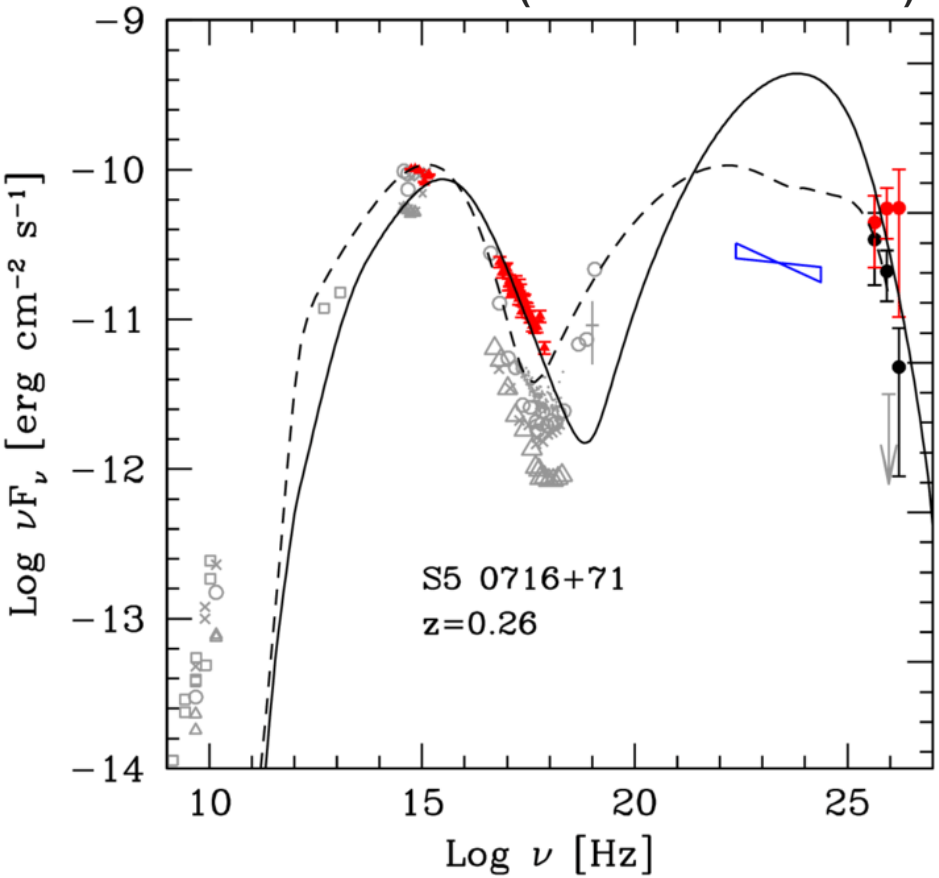
Синхротронное излучение:

- Плоский спектр
- Двугорбое SED
- Высокая переменная степень поляризации (до 60%)



http://arxiv.org/pdf/1302.1397v1.pdf

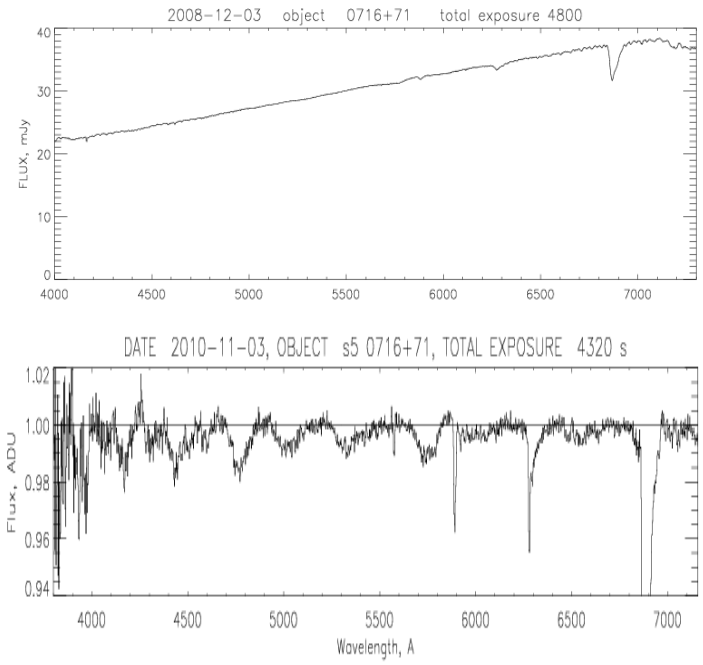
(Anderhub et al. 2009)



Особенный S5 0716+714

Красное смещение z - ?

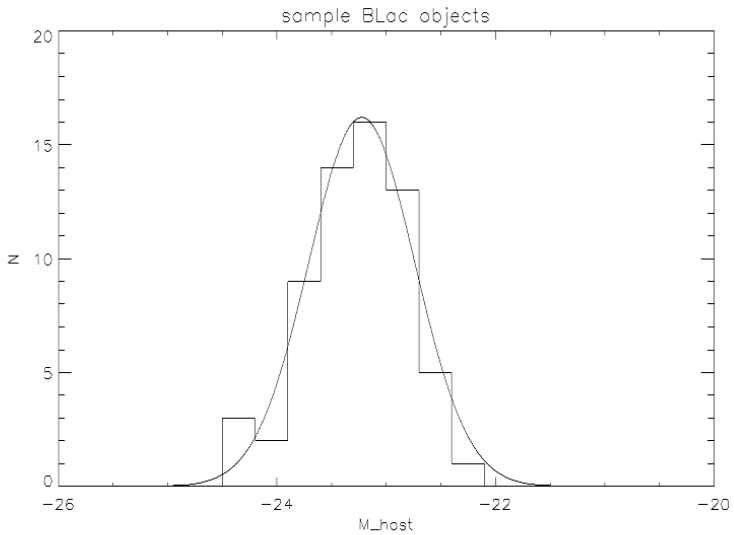
- Не обнаружено спектральных деталей (кроме межзвёздных) на уровне 0.3% (10^{-3} Å).

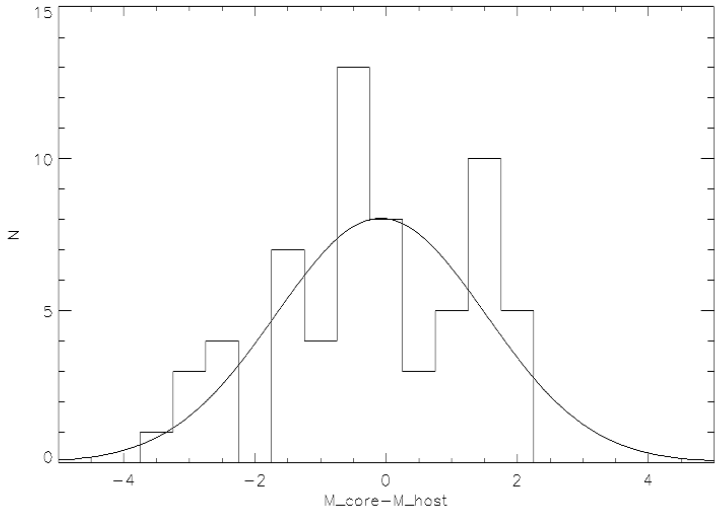


- Поиск подстилающей галактики не дал результатов.

» (Urry et al. 2000) – обзор *HST* → $m > 20.0^m$ → $z > 0.5$
» (Stickel et al. 1993) → $z \approx 0.26$
» (Bychkova et al. 2006)
» (Nilsson et al. 2008) → $z = 0.3$
» (Stadnik & Romani 2014) → $z = 0.127$

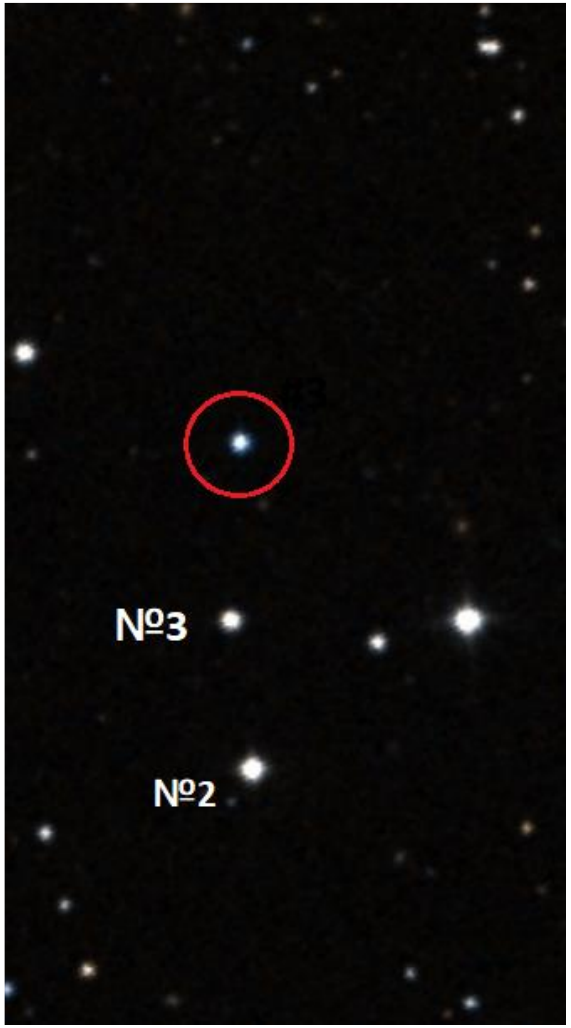
Особенный S5 0716+714



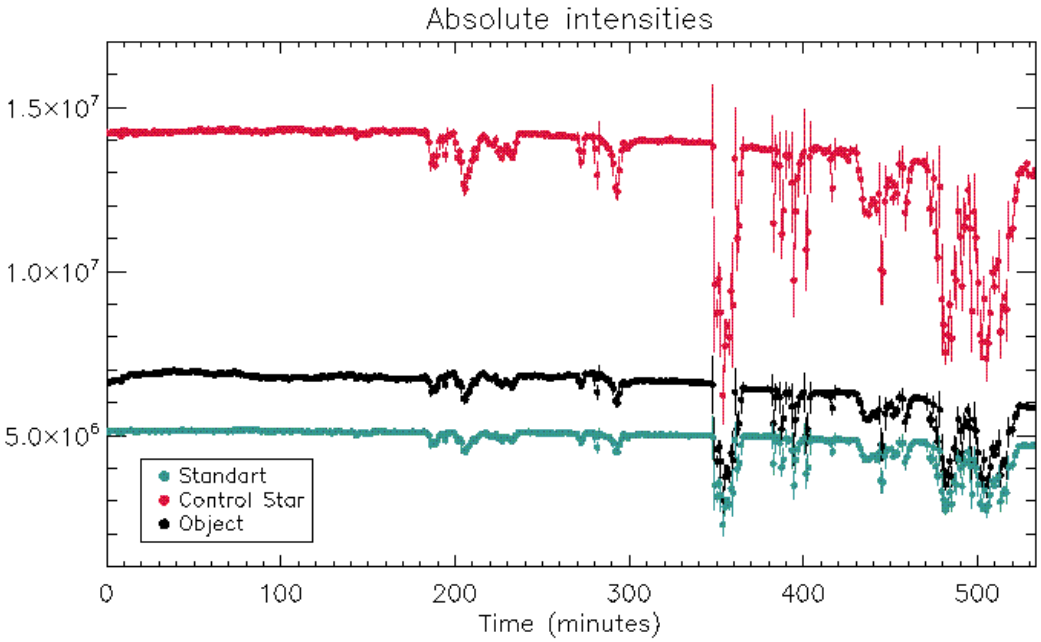


Выборка блазаров по (Urry et al. 2000): разность яркости галактики-подложки и ядра $< 4^m$; у S5 0716+714 – до 7^m.

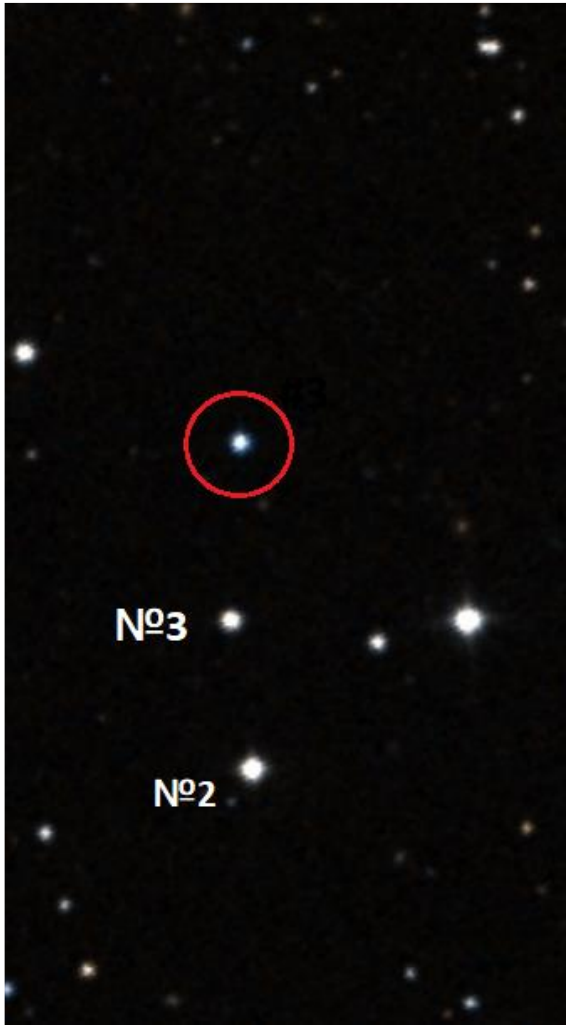
Наблюдения



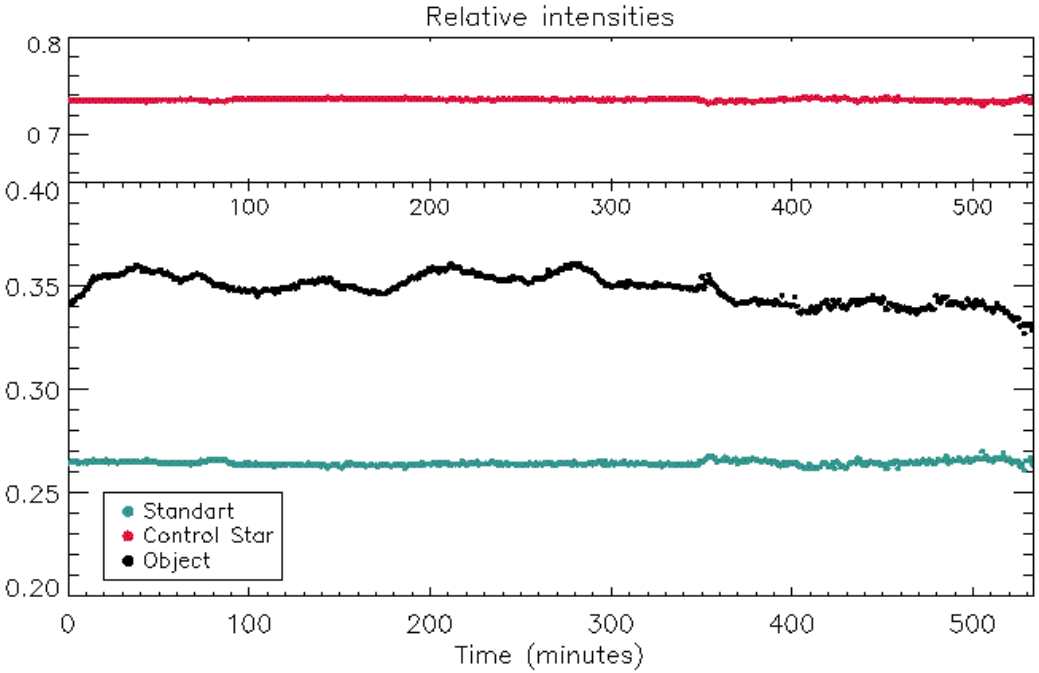
1. Одновременные наблюдения источника и звезды – фотометрического стандарта и стандарта нулевой поляризации (Amirkhanyan 2005).



Наблюдения



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



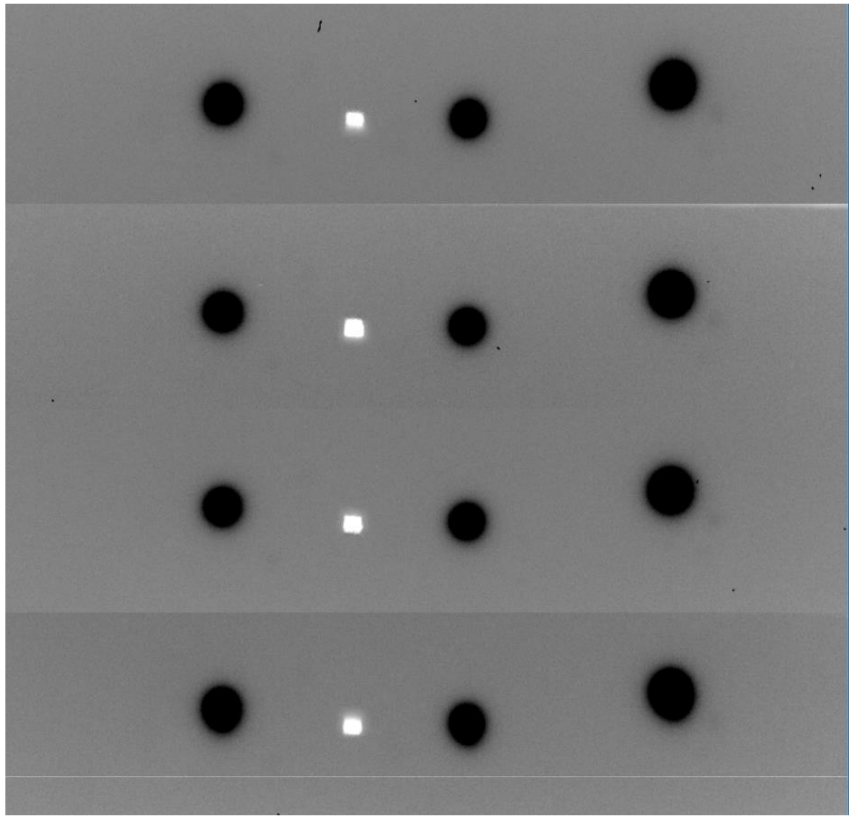
Наблюдения

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

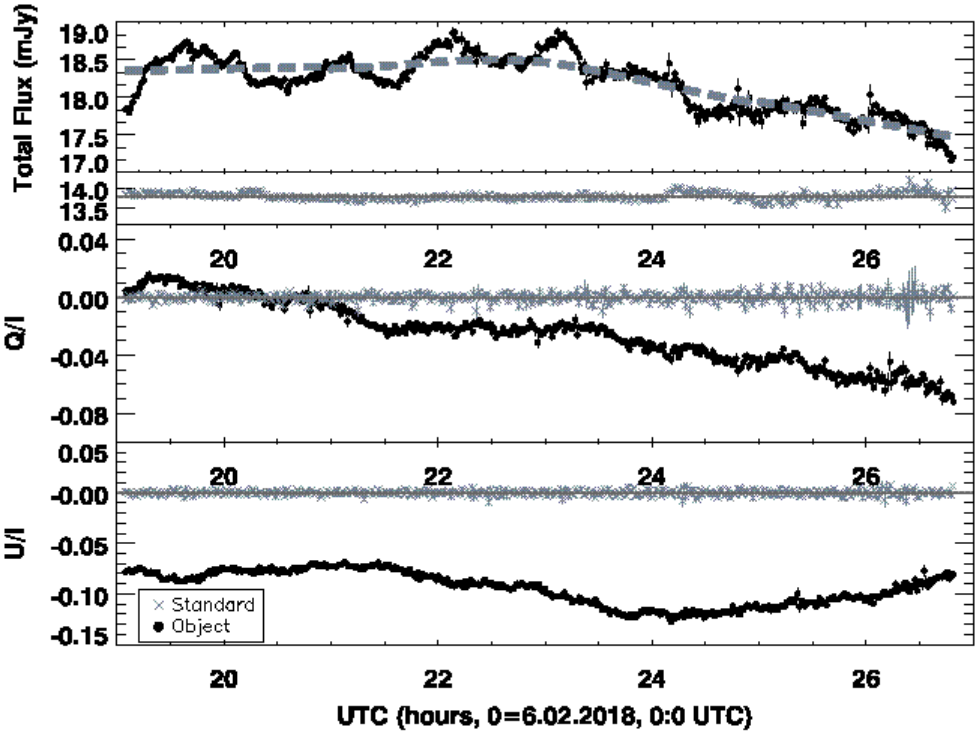
$$Q = \frac{I_0 - I_{90} D_Q}{I_0 + I_{90} D_Q}$$

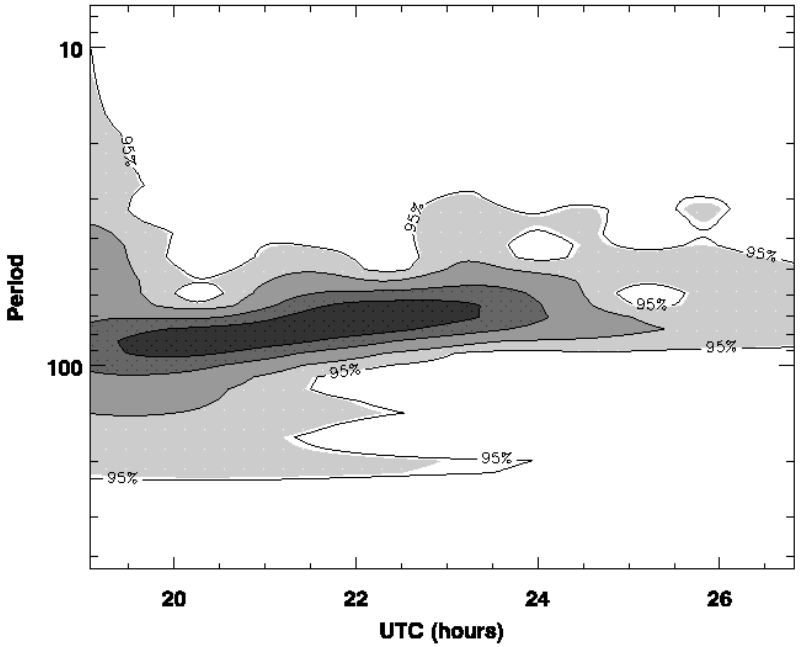
$$U = \frac{I_{45} - I_{135} D_U}{I_{45} + I_{135} D_U}$$

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



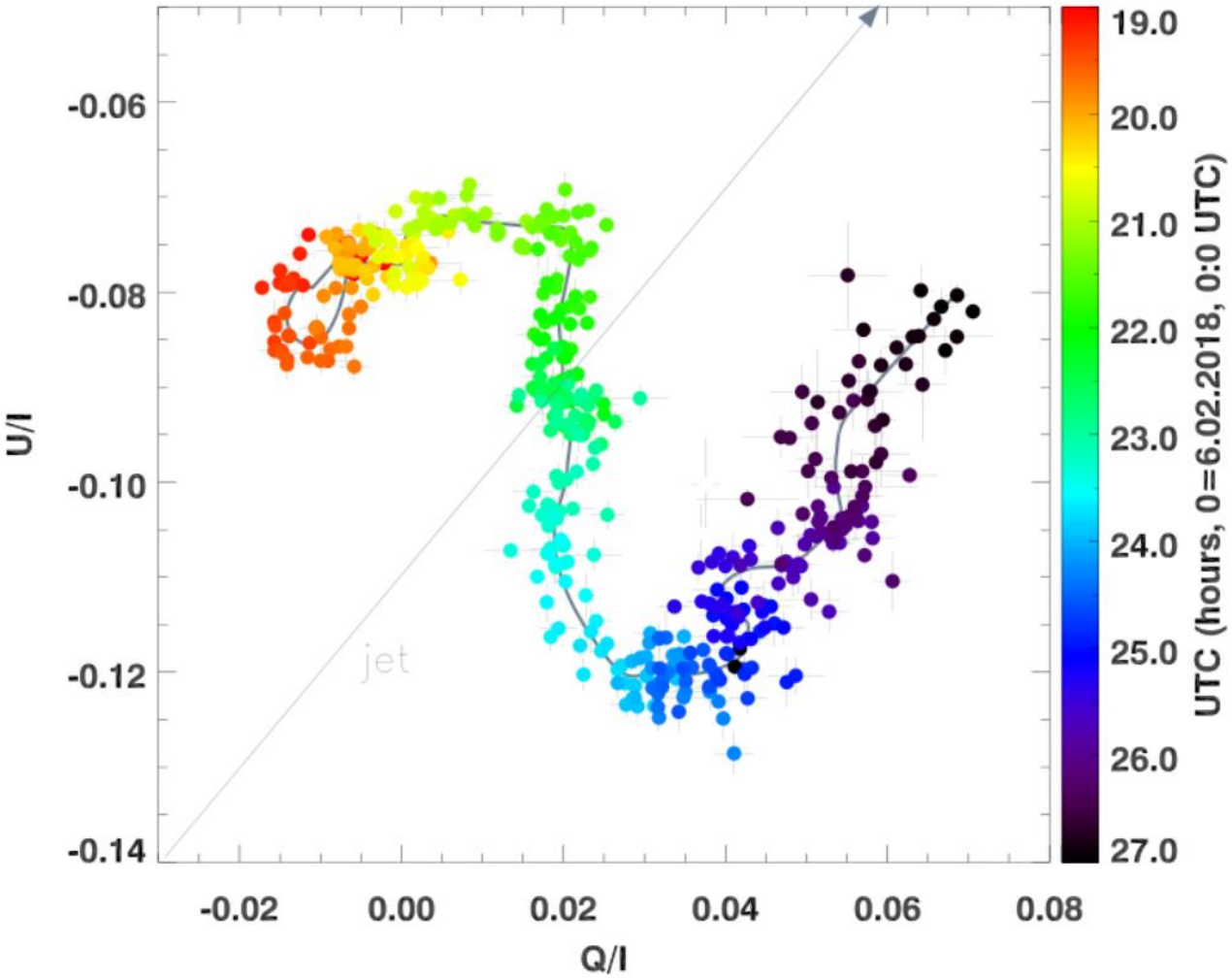
Наблюдения – результат





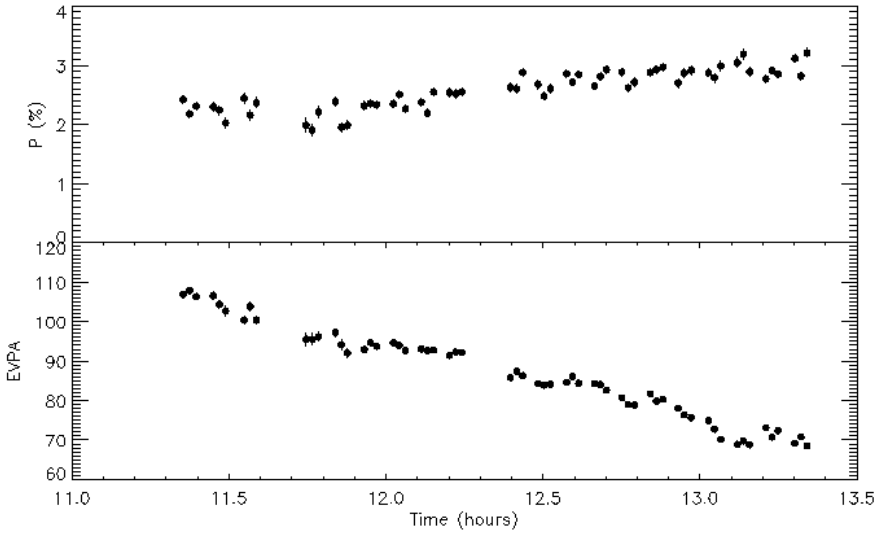
В интегральном свете период колебаний $\sim 77 \pm 10$ минут.

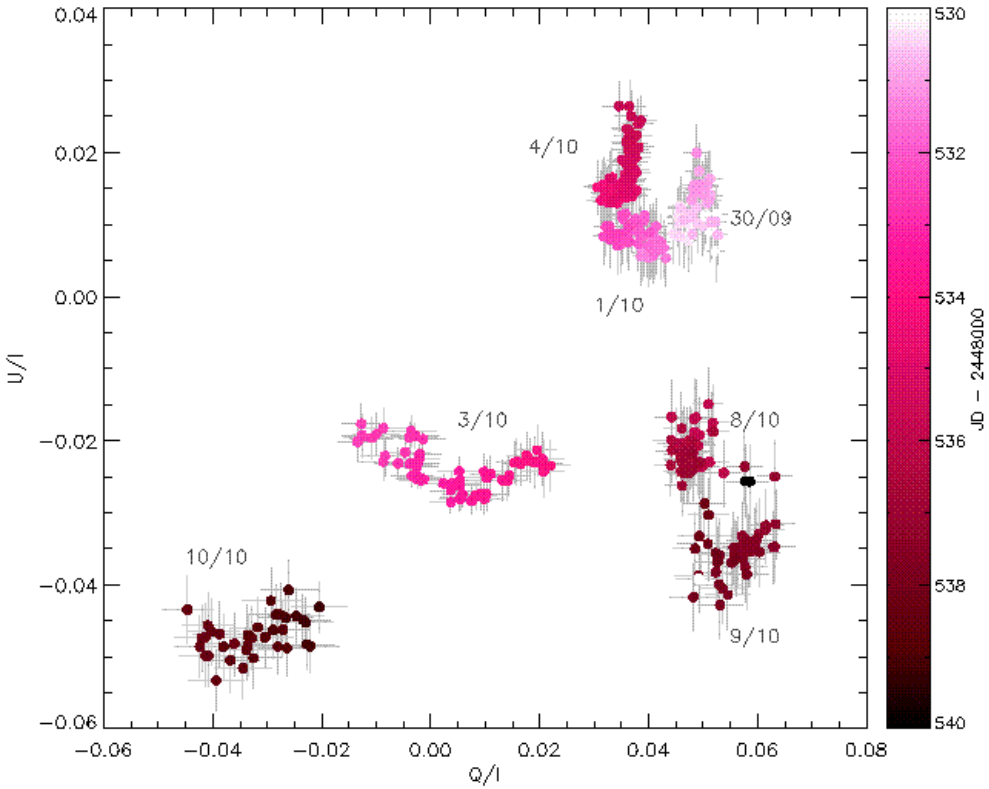
Наблюдения – результат



Переключение направления поляризационного вектора – 1.5-3 часа.

Мониторинг на БТА – 1991/1994



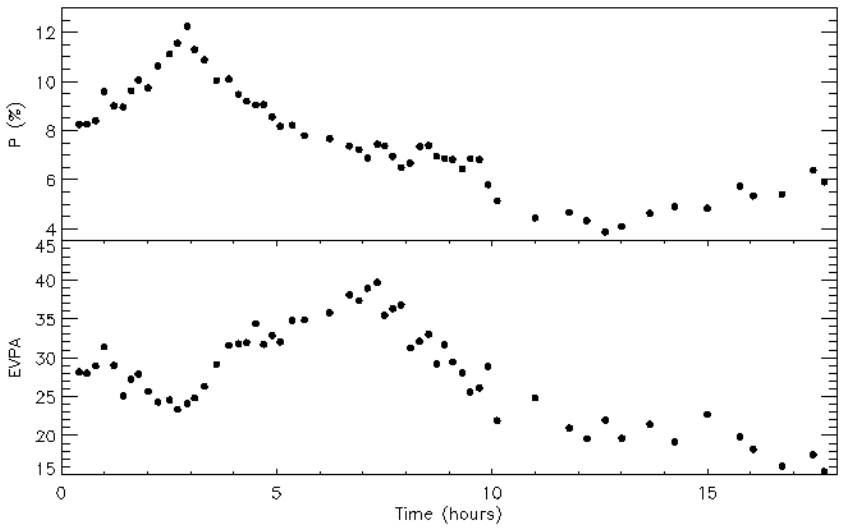


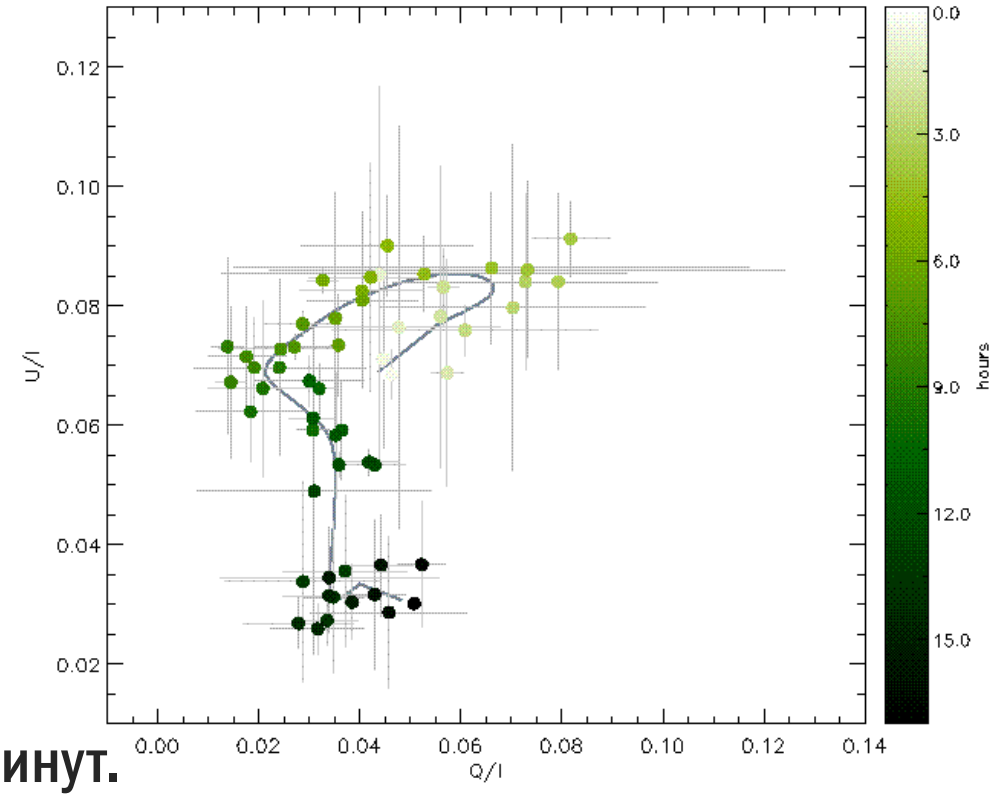
(Impey et al. 2000)

Временное разрешение: ∼1 минута.

Точность: 0.2-0.4%.

Кампания WEBT – микровспышка 2014



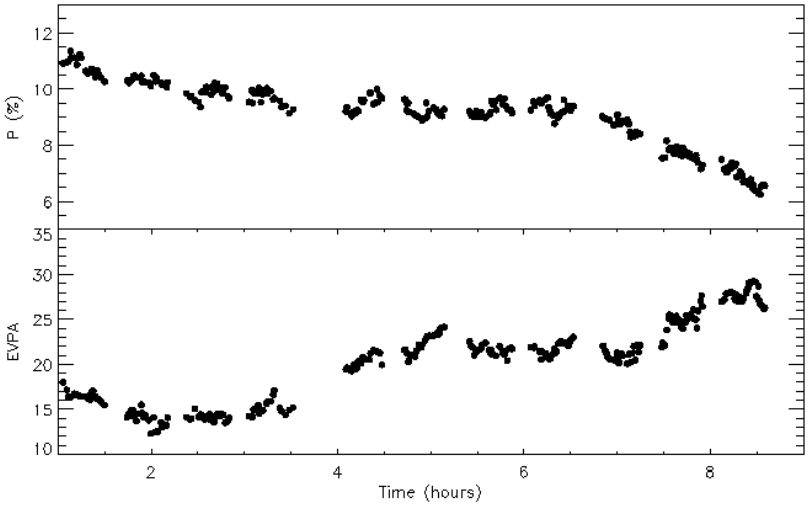


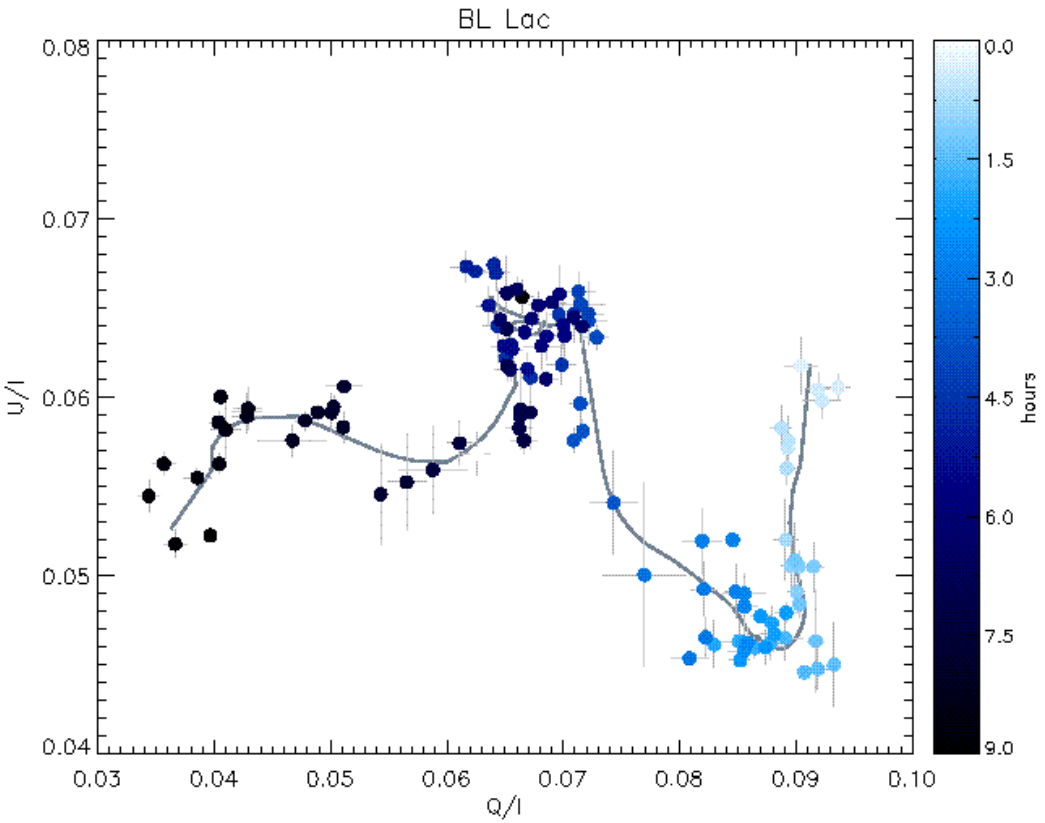
(Bhatta et al. 2015, 2016)

Временное разрешение: ~20 минут.

Точность: 2-10%.

Быстрая переменность BL Lac





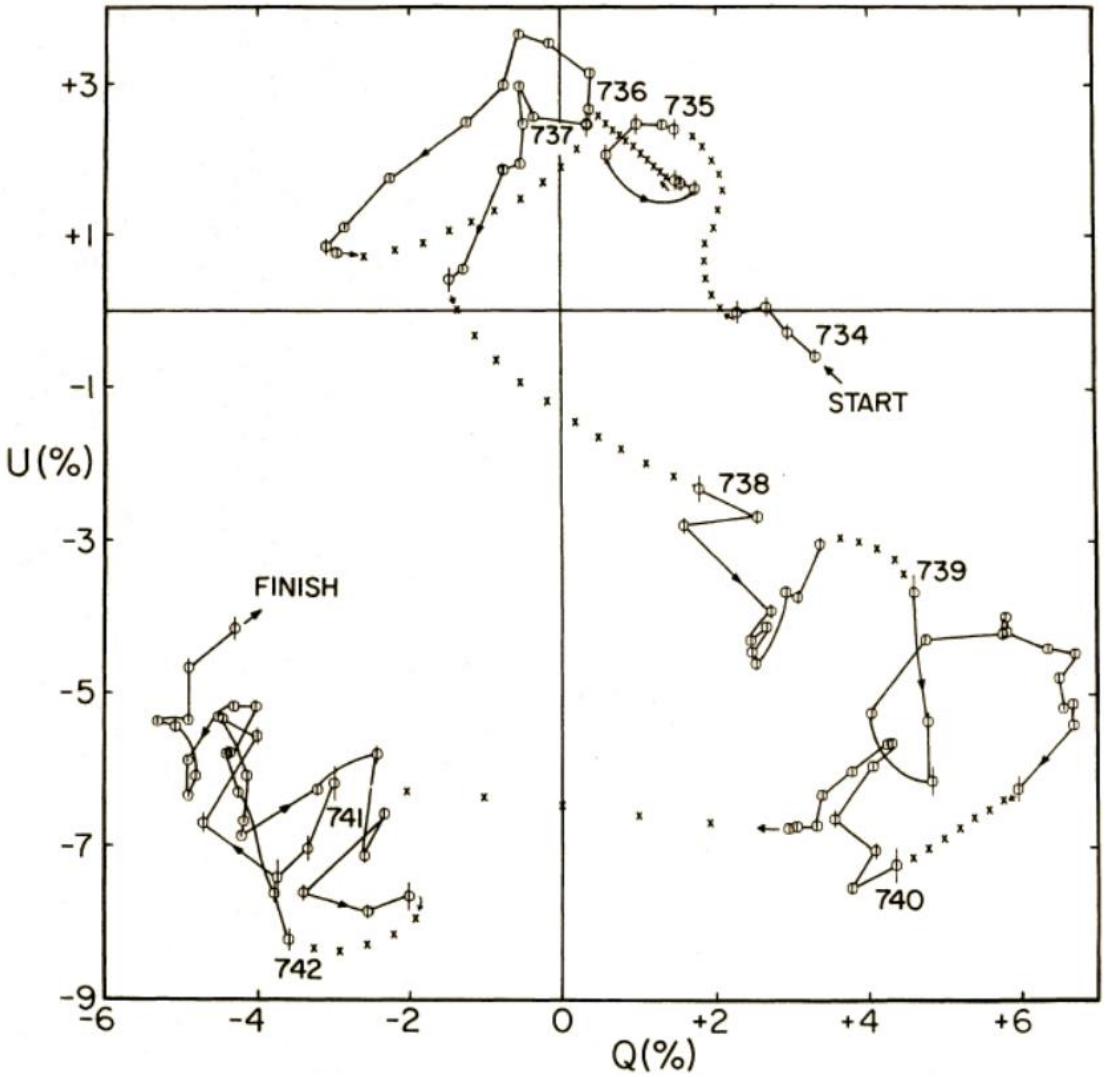
(Covino et al. 2015)

Временное разрешение: ~1-2 минуты.

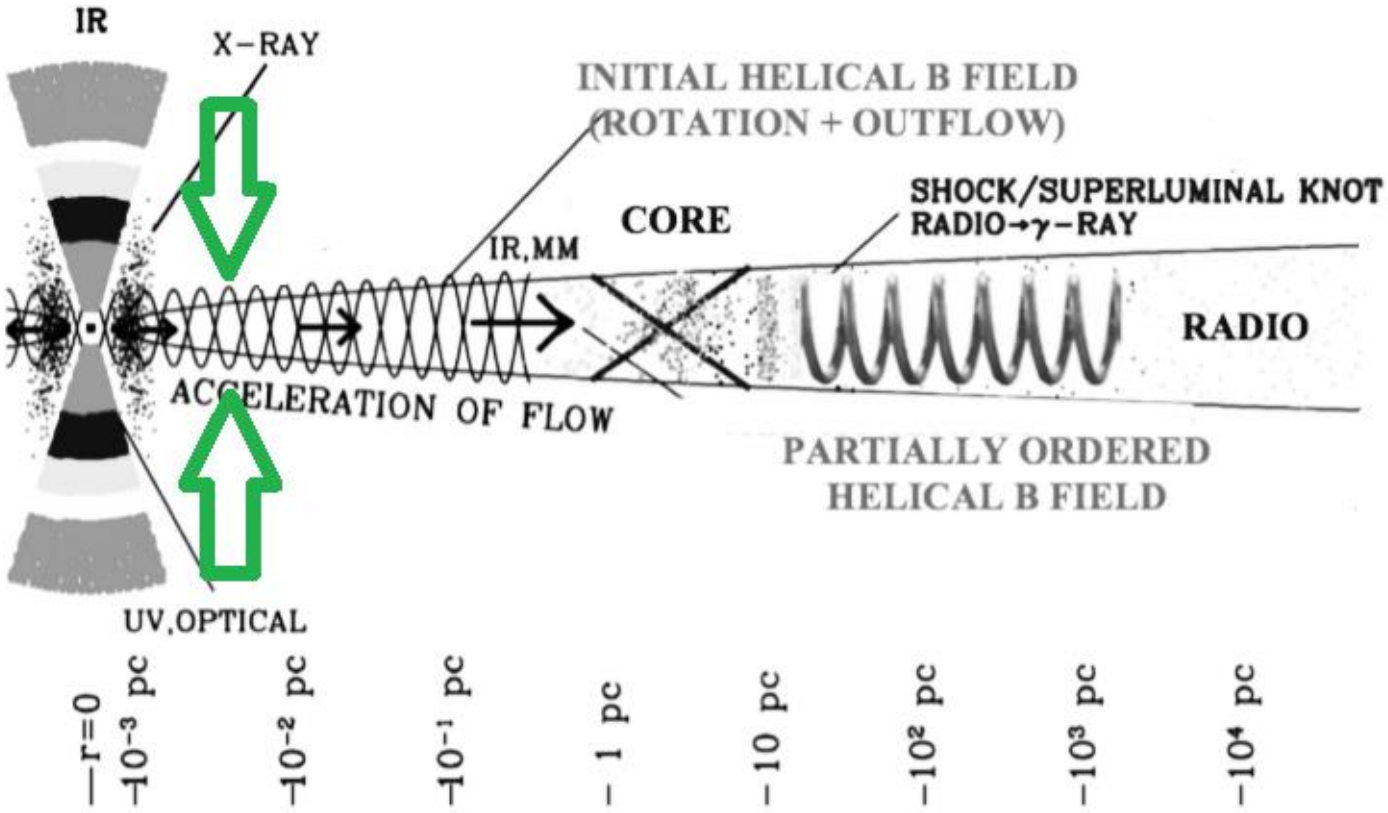
Точность: 0.2-0.3%.

Быстрая переменность BL Lac

(Moore et al. 1982)
Временное разрешение:
$\sim$10 минут.
Точность: 0.3-0.4%.



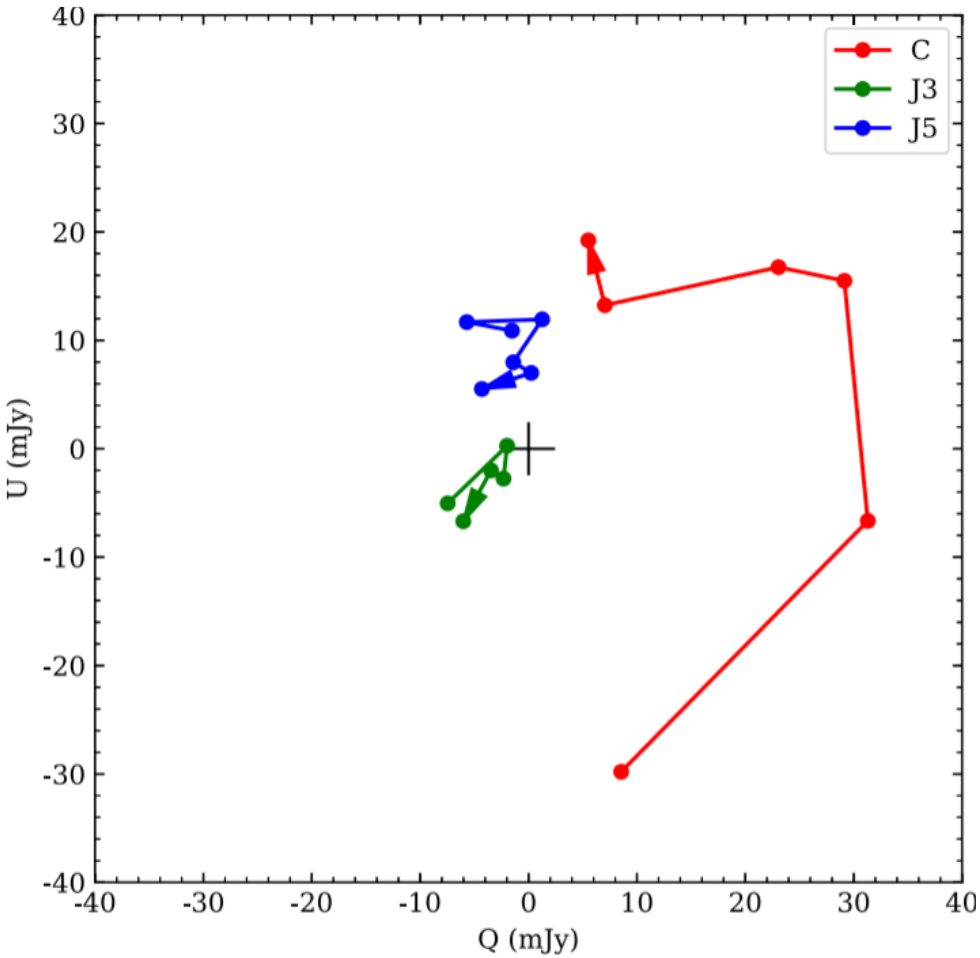
Модель поляризации



(Gabuzda 2013)

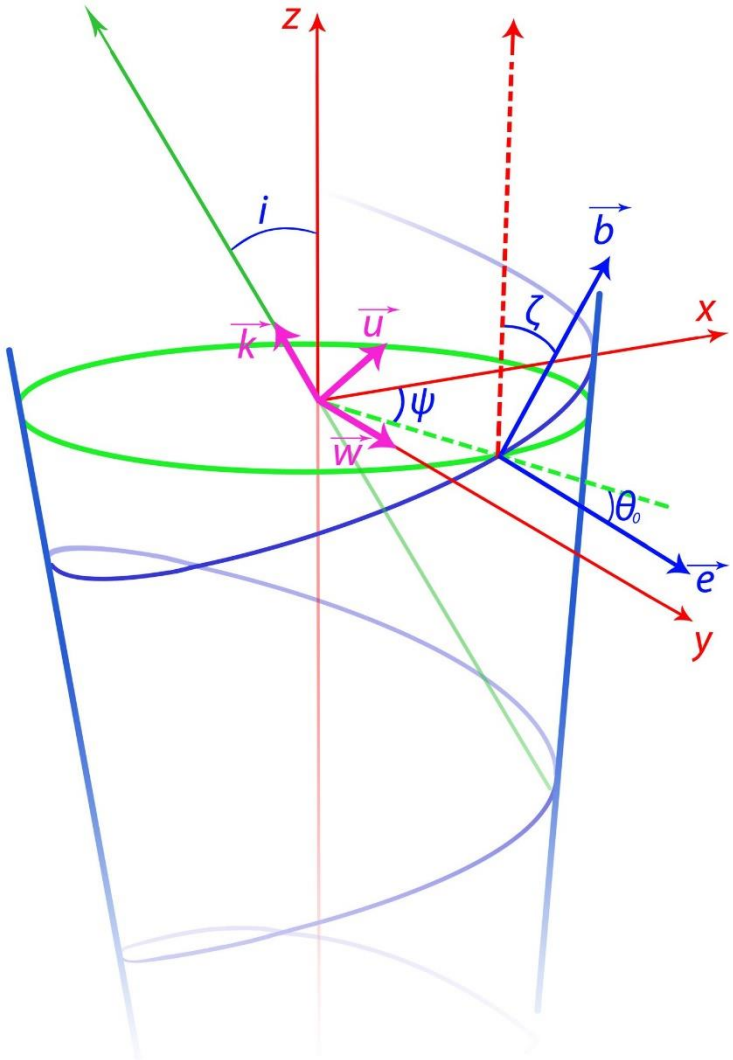
Спиральное магнитное поле на расстоянии $<10^{-2}$ пк.

Модель поляризации



(Li et al. 2018)
Радионаблюдения CTA 102 в поляризованном свете → Предположение о спиральной траектории плазмы в джете.

Модель поляризации



(Steffan 1995, Li et al. 2018):

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

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

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

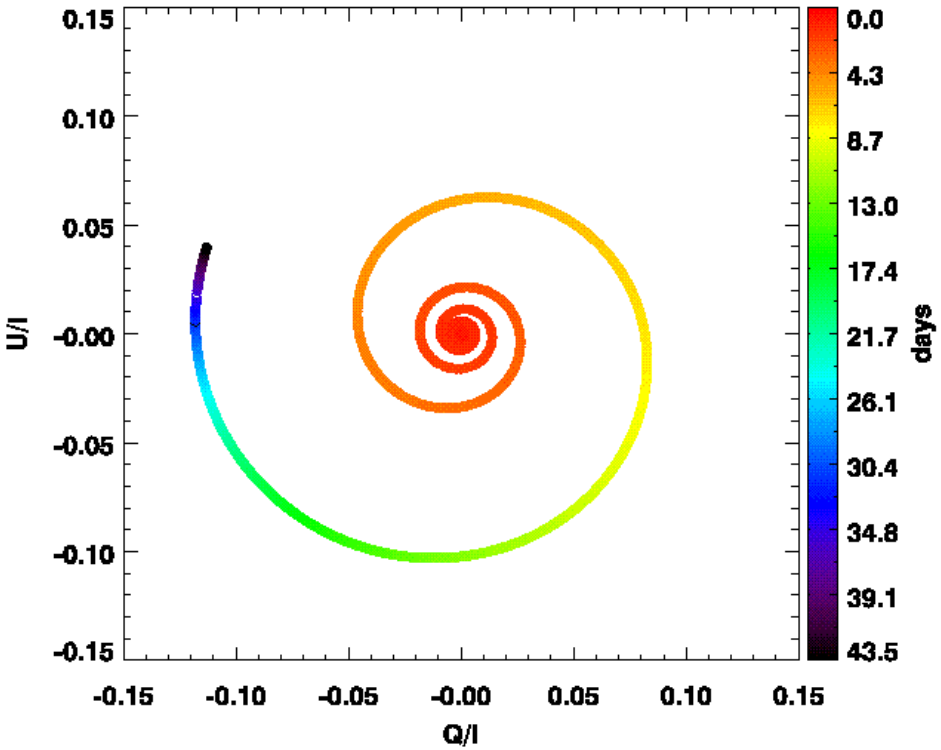
где использованы константы:

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

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

Модель поляризации

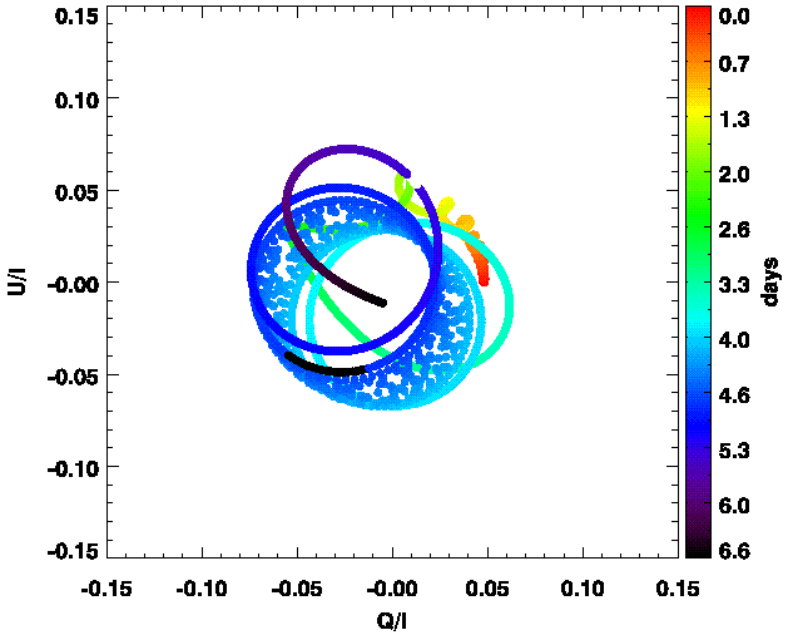
Кинематическая величина		Значение
Угол между джетом и лучом зрения[1]	i	$5°$
Полураствор джета[1]	θ	$1.5°$
Физическая скорость джета[2]	β	$0.999c$
Начальное расстояние до оси джета	ρ_0	$5 \cdot 10^{-5}$ пк
Угловой момент	j	$0.9\beta\rho_0$
Максимальная поляризация[3]	P_{max}	0.3

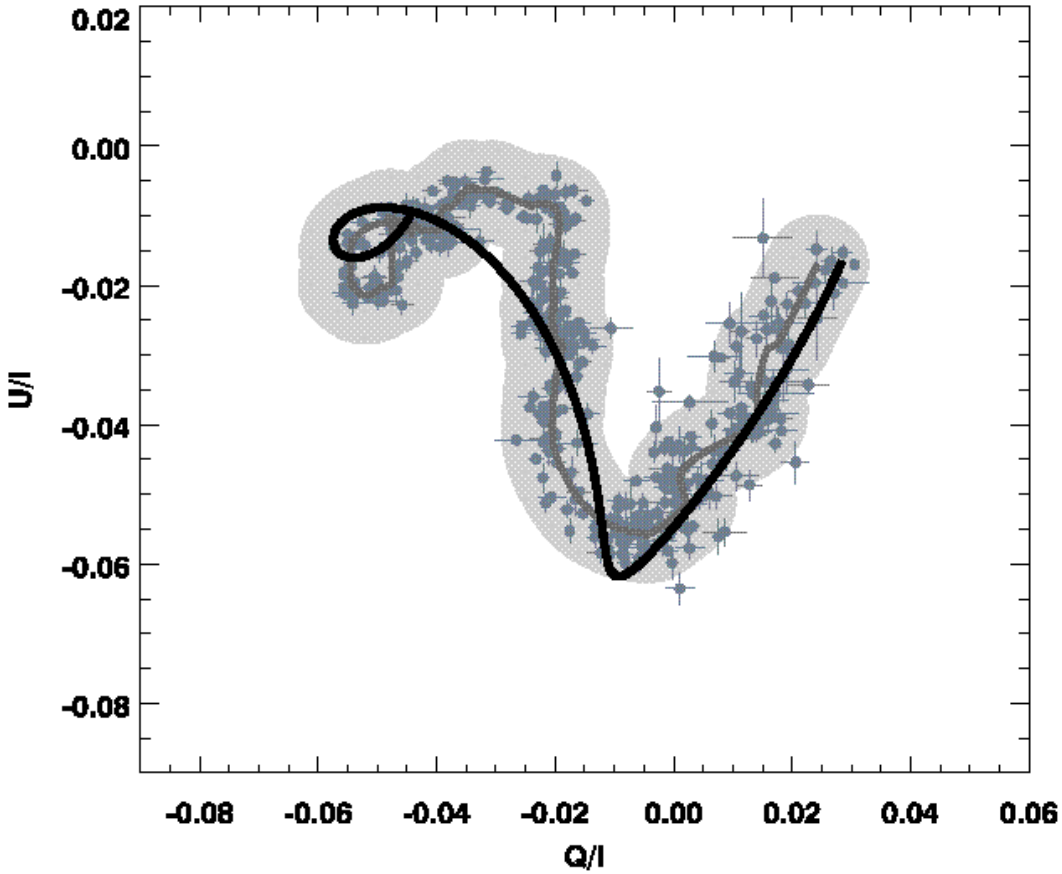


[1] (Pushkarev et al. 2009)
[2] (Butuzova 2018)
[3] (Larionov et al. 2013)

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 ~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 BL Lac.

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

Заключение

- Что такое S5 0716+714?
- Есть ли иные физические объяснения наблюдаемым свойствам?
- «Квазар-КВО»: радиополяриметрический мониторинг на частоте 8 ГГц – какие результаты ожидать?