

УДК 524.7:520.84

МНОГОВОЛНОВЫЕ КВАЗИОДНОВРЕМЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ШЕСТИ БЛАЗАРОВ С НИЗКОЧАСТОТНЫМ МАКСИМУМОМ СИНХРОТРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ

© 2015 Т. В. Муфухаров^{1*}, Ю. В. Сотникова¹, М. Г. Мингалиев^{1,2}, А. К. Эркенов¹

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, 420008 Россия

Поступила в редакцию 1 апреля 2015 года; принята в печать 18 мая 2015 года

Проведена оценка частоты максимума синхротронной компоненты (ν_{peak}^s) спектрального распределения энергии шести блазаров. Эти объекты были выбраны нами по литературным данным как кандидаты в сильно низкочастотные блазары ($\nu_{\text{peak}}^s \leq 10^{13}$ Гц). Квазидновременные наблюдения на телескопах Цейсс-1000 и РАТАН-600 позволили построить спектральное распределение энергии исследуемых объектов и оценить положение частоты максимума синхротронной компоненты. В результате для трех источников (PKS 0446+11, [HB89] 1308+326 и 3C 345) подтвердилась их классификация как сильно низкочастотных, для остальных трех блазаров расчеты показали $\nu_{\text{peak}}^s > 10^{13}$ Гц.

Ключевые слова: квазары — лацертиды — галактики: ядра — галактики: джеты — радиоконтинуум: галактики

1. ВВЕДЕНИЕ

Блазары являются относительно небольшим, около 1% по численности, подклассом галактик с активными ядрами (АЯГ), который характеризуется направленностью джета под небольшим углом к наблюдателю на Земле [1]. В спектральном распределении энергии (SED) блазаров имеются два характерных компонента: низкочастотный, с максимумом в оптической или рентгеновской области спектра, и высокочастотный, с максимумом в гамма-диапазоне. Объясняется их происхождение синхротронным излучением и действием обратного комптоновского эффекта [2], а соответствующие пиковые частоты обозначаются как ν_{peak}^s и $\nu_{\text{peak}}^{\text{IC}}$. По положению ν_{peak}^s блазары делят на высоко- и низкочастотные: при $\nu_{\text{peak}}^s > 10^{16.5}$ Гц называют блазарами с высокочастотным максимумом синхротронного излучения (high synchrotron peaked, HSP), если $\nu_{\text{peak}}^s < 10^{14.5}$ Гц — относят к блазарам с низкочастотным максимумом (low synchrotron peaked, LSP) [3]. Блазары, у которых $\nu_{\text{peak}}^s < 10^{13}$ Гц, иногда еще называют «сильно» низкочастотными (VLSP), то есть их пик синхротронной компоненты SED приходится на ИК/мм-диапазон

спектра [4]. В работах по определению частоты максимума синхротронного излучения блазаров лишь примерно у 10% из них обнаруживается $\nu_{\text{peak}}^s < 10^{13}$ Гц, т.е. таких блазаров, и в особенности лацертид, очень мало. Например, в работе Nieppola et al. VLSP-блазаров только 3% [5]. По данным каталога BLcat (включает в себя лацертиды, наблюдавшиеся на РАТАН-600), примерно 10% объектов можно классифицировать как VLSP-блазары [6]. Типичное значение ν_{peak} для квазаров с плоским радиоспектром определено как $10^{13.1 \pm 0.1}$ Гц, а для лацертид значение этого параметра на порядок больше [7].

Определение частоты максимума синхротронного излучения, а с ним и типа блазара, является важной задачей для исследователей феномена АЯГ, так как этим параметром определяются виды излучений в джете, физические процессы и состояние вещества в области излучения (плотность среды, степень прозрачности для различных видов излучений).

Сегодня многие наземные и космические телескопы проводят наблюдения АЯГ. За многие годы собран обширный наблюдательный материал в различных диапазонах излучения. Для изучения характеристик АЯГ, анализируя широкодиапазонное спектральное распределение энергии, желательно использовать одновременные эксперимен-

*E-mail: timmy23@mail.ru

Таблица 1. Выборка исследуемых VLSP-кандидатов

Name	RA (2000.0)	Dec (2000.0)	z	$\lg \nu_{\text{peak}}^s$
PKS 0336-01	03 ^h 39 ^m 30 ^s .9	-01°46'36"	0.852	12.68
PKS 0446+11	04 ^h 49 ^m 07 ^s .7	+11°21'29"	1.207	12.80
PKS 0528+134	05 ^h 30 ^m 56 ^s .4	+13°31'55"	2.060	11.96
[HB89] 1308+326	13 ^h 10 ^m 28 ^s .6	+32°20'44"	0.998	12.68
3C 345	16 ^h 42 ^m 58 ^s .8	+39°48'37"	0.592	12.78
PKS 2230+11	22 ^h 32 ^m 36 ^s .4	+11°43'51"	1.037	12.86

тальные данные во всех рассматриваемых диапазонах, что, к сожалению, не всегда возможно.

Наблюдаются случаи изменения ν_{peak}^s во время вспышек, это может привести к изменению классификации блазаров. Например, у объекта 4C +49.22 во время вспышки в гамма-диапазоне частота максимума синхротронной компоненты изменилась с 10^{12} Гц на 10^{14} Гц [8]. Случай этого источника может служить примером «переходного» типа блазаров в рамках актуальной упрощенной модели последних лет, в которой тип блазара и его радиосветимость не зависят от величины ν_{peak}^s , а определяются степенью активности радиогалактики (FR I или FR II) [9, 10]. Чуть менее драматичный случай изменения ν_{peak}^s отмечен у блазара PKS 1510-089, у которого примерно за неделю эта частота увеличилась с 1.5×10^{13} до 6.5×10^{13} Гц [11].

Основной целью данной работы является определение частоты максимума синхротронной компоненты SED шести блазаров, которые были нами определены как кандидаты в VLSP-блазары по неодновременным данным из литературы. Использование квазиодновременных наблюдательных данных (полученных в течение 1–3 недель) в оптическом (B, V, R -фильтры) и радиодиапазоне (4.8–21.7 ГГц) позволит достовернее определить частоту максимума синхротронной компоненты, которая находится между этими диапазонами (в ИК/мм-области).

2. ВЫБОРКА VLSP-БЛАЗАРОВ

В последние годы на радиотелескопе РАТАН-600 ведется систематический мониторинг блазаров, создан и пополняется каталог объектов типа BL Lacertae,¹ наблюдающихся на РАТАН-600 [6]. На основе этого списка была создана выборка блазаров для оптического мониторинга на телескопе Цейсс-1000 в 2014 г. Среди источников этой выборки есть шесть, которые можно

отнести к VLSP-подклассу. Предварительная оценка ν_{peak}^s проводилась нами с использованием веб-инструмента SED Builder,² разработанного для построения и анализа SED блазаров по архивным данным различных обзоров во всех диапазонах частот (от радио до гамма). На странице веб-сервиса SED Builder имеется встроенная возможность аппроксимации данных полиномом и вычисления необходимого нам параметра ν_{peak}^s . Исследуемая выборка представлена в таблице 1, где указаны экваториальные координаты (на эпоху 2000.0), красное смещение³ и предварительно оцененная нами частота максимума синхротронной компоненты ν_{peak}^s .

3. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА

3.1. Радиодиапазон

В нашей работе мы использовали наблюдения, проведенные на радиотелескопе РАТАН-600 САО РАН в феврале, марте, июле и декабре 2014 г. на частотах 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Каждый источник наблюдался от пяти до двенадцати раз на каждой частоте. Описание методики наблюдений и обработки с использованием штатного комплекса радиометров можно найти в работе [12]. Наблюдательные данные обработаны с помощью штатного пакета FADPS [13]. Стандартные ошибки определения плотности потока равны: на частотах 4.8 и 7.7 ГГц — 3–5%, на частоте 11.2 ГГц — 4–10%, на частоте 21.7 ГГц — 10–14%. Средние значения измеренных плотностей потока для исследуемых блазаров приведены в таблице 2.

3.2. Оптический диапазон

Фотометрические наблюдения проводились на 1-м телескопе Цейсс-1000 САО РАН в фильтрах

¹<http://www.sao.ru/blcat/>

²<http://tools.asdc.asi.it/>

³Данные из NED: <http://ned.ipac.caltech.edu/>

Таблица 2. Плотности потоков для исследуемых объектов на четырех радиочастотах

Name	Date	$F_{21.7\text{ GHz}}, \text{ Jy}$	$F_{11.2\text{ GHz}}, \text{ Jy}$	$F_{7.7\text{ GHz}}, \text{ Jy}$	$F_{4.8\text{ GHz}}, \text{ Jy}$
PKS 0336–01	Dec 7–12	1.570 ± 0.194	1.860 ± 0.180	–	2.230 ± 0.096
PKS 0446+11	Feb 12–Mar 8	0.634 ± 0.078	0.782 ± 0.031	–	0.694 ± 0.021
PKS 0528+134	Feb 12–Mar 8	0.811 ± 0.116	1.193 ± 0.048	–	1.424 ± 0.043
[HB89] 1308+326	May 27–31	1.74 ± 0.07	2.14 ± 0.11	2.14 ± 0.11	1.92 ± 0.23
3C 345	Jul 7–12	5.669 ± 0.538	5.704 ± 0.285	–	5.846 ± 0.234
PKS 2230+11	Dec 7–12	2.571 ± 0.315	3.260 ± 0.241	–	4.207 ± 0.181

B, V (системы Джонсона), R (системы Казинса) в феврале, мае, июле и ноябре 2014 г. Использовался штатный CCD-приемник EEV 42-40 (2048×2048 пикселей) с азотным охлаждением. Получены три изображения исследуемых объектов в каждом фильтре, продолжительность экспозиции составила от 30 до 300 с в зависимости от яркости источника. Средний размер звездных изображений был около 2''–3'' при хороших астроклиматических условиях. Все необходимые процедуры обработки производились с применением стандартных процедур в программе MaxIm DL. В качестве объектов сравнения были выбраны звезды близкого цвета и яркости, расположенные в поле ПЗС-матрицы. Межзвездная экстинкция, таким образом, была одинаковой для опорного и исследуемого объекта и не требовала дополнительного учета. Средние значения стандартной ошибки определения звездной величины составили: в фильтре B — 0.8%, в фильтре V — 0.7%, в фильтре R — 0.4%. Для перехода от видимых звездных величин в плотности потока использовалась стандартная формула:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \frac{f_1}{f_2}.$$

Здесь m_1, m_2 — звездные величины исследуемого и калибровочного объектов, f_1, f_2 — их плотности потока, соответственно. Если взять калибровочную плотность потока (f_0), при которой звездная величина равна нулю ($m = 0$), т.е. записать

$$m_2 = 0, f_2 = f_0,$$

то получим

$$m_1 = -2.5 \lg \frac{f_1}{f_0},$$

и искомая плотность потока

$$f_1 = 10^{\frac{-m_1}{2.5}} f_0.$$

Значения f_0 взяты из работы Бесселя [14] и представлены в таблице 3 для каждого фильтра. Ре-

Таблица 3. Параметры фильтров и калибровочные значения плотности потока из [14]

Filter	$\lambda, \text{ nm}$	$\nu, \text{ Hz}$	$f_0, \text{ Jy}$
B	440	6.81×10^{14}	4260
V	550	5.45×10^{14}	3640
R	640	4.68×10^{14}	3080

зультаты фотометрии исследуемых объектов приведены в таблице 4.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

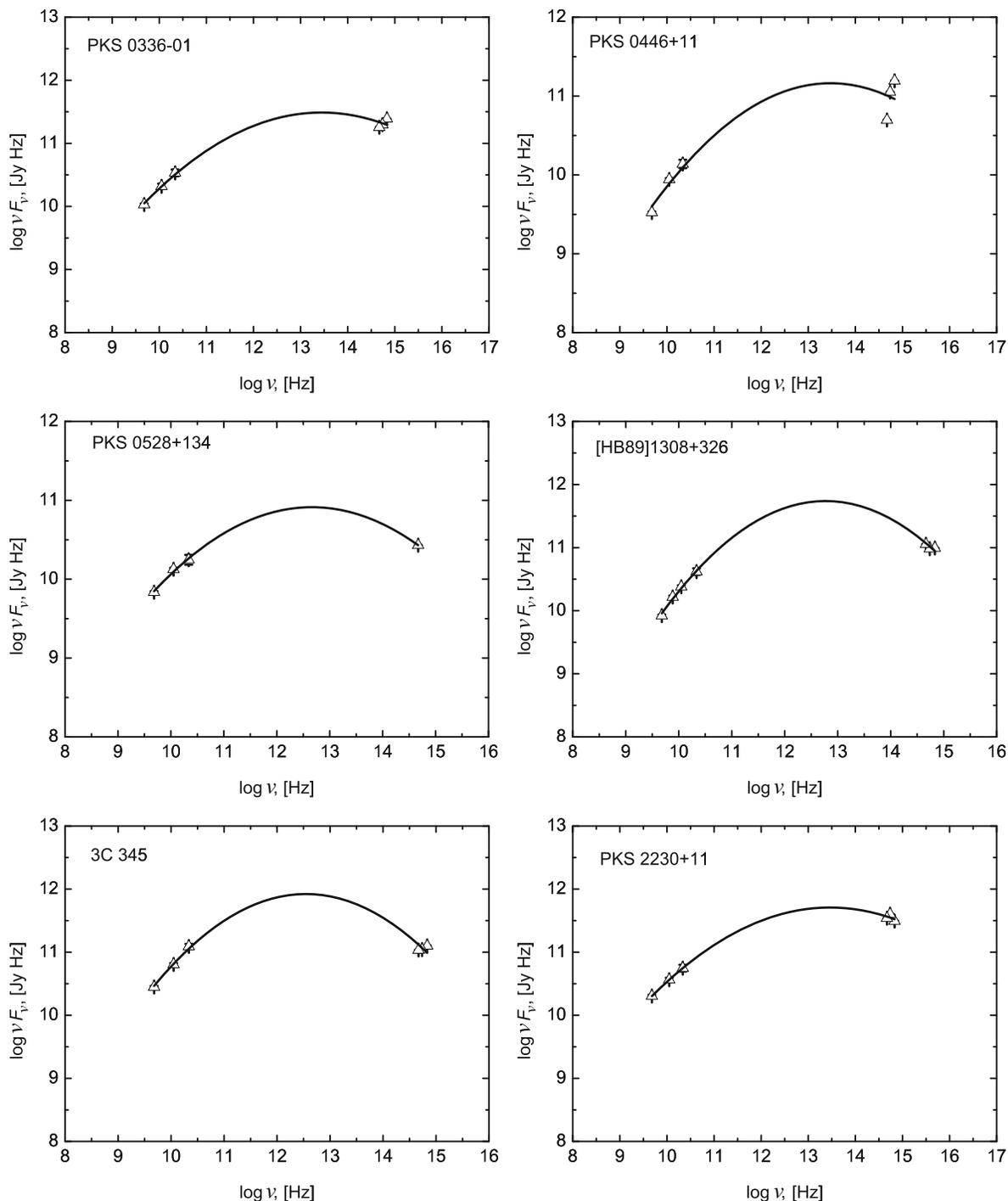
Результаты наблюдений в радио- и оптическом диапазонах (плотности потока и звездные величины) приведены в таблице 2 и таблице 4. Используя измерения, полученные на РАТАН-600 и Цейсс-1000, мы построили спектральные распределения энергии шести исследуемых блазаров (показаны на рисунке).

Излучение блазаров в диапазоне от радио до оптического (иногда и до рентгеновского) определяется механизмом синхротронного излучения релятивистских частиц в магнитном поле [15–18]. Широкодиапазонный спектр на этом участке, с доминирующим синхротронным излучением, имеет степенной вид [19]; в исследованиях синхротронной компоненты для ее описания (например, нахождения экстремума) используют полином второй или третьей степени [5, 20–23].

При аппроксимации SED на участке 10^8 – 10^{15} Гц (синхротронная компонента) мы использовали полином второй степени — параболу:

$$\lg(\nu F) = A + B(\lg \nu) + C(\lg \nu)^2.$$

Для оценки частоты максимума синхротронной компоненты SED использовалось программное обеспечение для анализа данных и построения графиков OriginLab. Результаты измерения ν_{peak}^s для



Спектральное распределение энергии для исследованных блазаров по данным Цейсс-1000 и ПАТАН-600 и аппроксимация синхротронной компоненты параболой.

исследуемых блазаров представлены в таблице 5. Далее приводятся комментарии по каждому из рассмотренных источников.

4.1. PKS 0336–01

Этот объект относят к квазарам с плоским радиоспектром (Flat-Spectrum Radio Quasar,

FSRQ) [24], с доминирующим радиоядром. Судя по кривой блеска этого объекта, представленной на сайте виртуальной обсерватории СПбГУ⁴ в конце 2014 г. наблюдались изменения звездной величины в R -фильтре приблизительно с 15^m7 до 17^m2 . В

⁴<http://lacerta.astro.spbu.ru/>

Таблица 4. Звездные величины и соответствующие значения плотностей потока в различных фильтрах для исследуемых объектов

Name	Date	<i>B</i> , mag	<i>V</i> , mag	<i>R</i> , mag	<i>B</i> , mJy	<i>V</i> , mJy	<i>R</i> , mJy
PKS 0336–01	Nov 19	17.65 ± 0.12	17.54 ± 0.09	17.21 ± 0.05	0.36 ± 0.0025	0.364 ± 0.0018	0.384 ± 0.0012
PKS 0446+11	Feb 2	18.14 ± 0.15	18.16 ± 0.13	18.61 ± 0.10	0.229 ± 0.0019	0.206 ± 0.0015	0.106 ± 0.0006
PKS 0528+134	Feb 2	–	–	19.27 ± 0.08	–	–	0.0576 ± 0.0002
[HB89] 1308+326	May 28	18.64 ± 0.09	18.33 ± 0.12	17.70 ± 0.05	0.145 ± 0.0007	0.176 ± 0.001	0.245 ± 0.0007
3C 345	Jul 24	18.37 ± 0.26	18.18 ± 0.20	17.76 ± 0.07	0.185 ± 0.0026	0.202 ± 0.0023	0.231 ± 0.0009
PKS 2230+11	Nov 19	17.39 ± 0.10	16.78 ± 0.07	16.50 ± 0.06	0.457 ± 0.0025	0.734 ± 0.0031	0.739 ± 0.0026

октябре этого года была зафиксирована вспышка в гамма-диапазоне [25], но в оптическом диапазоне в этот же период активности не было [26]. Спустя несколько недель в ближнем ИК-диапазоне было отмечено резкое поярчение этого объекта [27]. По данным мониторинга обсерватории Owens Valley Radio Observatory (OVRO),⁵ в конце 2014 г. плотность потока была относительно стабильной на 15 ГГц (примерно 2.4 Ян).

Наши наблюдения в оптическом диапазоне проводились 19 ноября 2014 г., наблюдения в радиодиапазоне — с 7 по 12 декабря 2014 г. При аппроксимации спектра параболой мы определили $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 13.45$ (четыре точки, приведенный к числу степеней свободы показатель $\chi_\nu^2 = 0.0058$), что несколько больше оцененной по архивным данным величины $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.68$.

4.2. PKS 0446+11

В каталоге Véron-Cetty и Véron классифицируется как объект типа BL Lacertae [28]. Оптический спектр практически без линий [29], радиоспектр плоский [24]. По данным мониторинга OVRO, в радиодиапазоне в начале 2014 г. наблюдалось очередное повышение активности. Отметим, что характерным для PKS 0446+11 является достаточно медленный подъем (и угасание) на кривой блеска в радиодиапазоне во время активности, максимум достигается на временном масштабе порядка года. В течение 1–2 недель изменение плотности потока не превышает 10%.

Наши наблюдения в оптическом диапазоне проводились 2 февраля 2014 г., наблюдения в радиодиапазоне проводились с 12 февраля по 8 марта 2014 г. Из построенного SED видно (см. рисунок), что положение точек в оптическом диапазоне

Таблица 5. Результаты измерения ν_{peak}^s для исследуемых блазаров (SAO); приведены также оценки по архивным данным (archive). Знаком «плюс» отмечены блазары, подтвержденные нами как VLSP

Name	$\lg \nu_{\text{peak}}^s$		VLSP
	archive	SAO	
PKS 0336–01	12.68	13.45	–
PKS 0446+11	12.80	13.47	–
PKS 0528+134	11.96	12.66	+
[HB89] 1308+326	12.68	12.77	+
3C 345	12.78	12.55	+
PKS 2230+11	12.86	13.46	–

повлияло на проведение аппроксимирующей кривой таким образом, что максимум оказался выше ожидаемой величины. По архивным данным с использованием веб-сервиса SED Builder получено $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.80$. Используя собственные измерения, мы определили $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 13.47$ (шесть точек, $\chi_\nu^2 = 0.055$).

4.3. PKS 0528+134

У этого блазара наблюдается джет в радиодиапазоне [30], в литературе классифицируется как FSRQ [24].

Наблюдения в оптическом диапазоне проводились 2 февраля, а в радиодиапазоне — с 12 февраля по 8 марта 2014 г. Объект удалось наблюдать только в *R*-фильтре (3 экспозиции по 300 с), в остальных фильтрах за время 600 с не удалось накопить достаточное число фотонов для оценки звездной величины. В ноябре также делалась

⁵<http://www.astro.caltech.edu/ovroblazars/data/data.php>

попытка фотометрии этого источника, но он по-прежнему находился в слабом состоянии (слабее 19 звездной величины в R -фильтре).

При аппроксимации спектра параболой мы определили $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.66$ (четыре точки, $\chi_\nu^2 = 0.0015$). По архивным данным, $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 11.96$.

4.4. [HB89]1308+326

Объект типа BL Lacertae, со слабыми эмиссионными линиями, родительская галактика не обнаруживается [31, 32]. В середине апреля 2014 г. отмечена сильная вспышка в гамма-диапазоне [33], но последующее наблюдение в оптическом диапазоне не выявило отличия от обычного состояния [34]. В первой половине 2014 г. состояние объекта можно считать активным в радиодиапазоне (по данным мониторинга OVRO, плотность потока на 15 ГГц — около 0.5 Ян).

Наблюдения в оптическом диапазоне проводились 28 мая 2014 г. Наблюдения в радиодиапазоне проводились пять раз с 27 по 31 мая 2014 г. Нами получено значение $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.77$ (семь точек, $\chi_\nu^2 = 0.0017$), что хорошо согласуется с результатом определения по архивным данным — $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.68$.

4.5. 3C 345

Этот объект относят к FSRQ-блазарам [24], с доминирующим радиоядром [35]. В оптическом диапазоне в 2014 г. этот блазар находился в спокойном состоянии, чуть ярче 18 звездной величины в R -фильтре (данные с сайта виртуальной обсерватории СПбГУ), в радиодиапазоне продолжилось небольшое понижение яркости, начавшееся в 2013 г. — приблизительно с 6 до 5 Ян (мониторинг OVRO).

Наблюдения в оптическом диапазоне проводились 24 июля 2014 г., наблюдения в радиодиапазоне проводились за две недели до этого, с 7 по 12 июля 2014 г. При аппроксимации спектра параболой мы определили $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.55$ (четыре точки, $\chi_\nu^2 = 0.0071$). По архивным данным, $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.78$. Второй случай в нашей выборке, когда оцененное по нашим квазиодновременным данным значение очень близко (и даже чуть меньше) к определенному по архивным данным.

4.6. PKS 2230+11

По наблюдательным проявлениям классифицируется как типичный блазар [36] и как квазар с сильной поляризацией в оптическом диапазоне (более 3%) [28]; наблюдается джет в радиодиапазоне [30]. При проведении многоволнового мониторинга 2005 г. было отмечено существенное изменение вида SED этого блазара во время вспышки [36]. Из SED в этой работе можно визуально оценить, что величина ν_{peak}^s уменьшилась примерно на порядок по мере распространения активности в низкочастотную область спектра. Судя по кривой блеска этого объекта, представленной на сайте виртуальной обсерватории СПбГУ, в конце 2014 г. была небольшая вспышка в оптическом диапазоне — уярчение примерно на одну звездную величину в R -фильтре (в сравнении со спокойным состоянием в середине года). Возможно, такая активность связана со вспышкой в гамма-диапазоне, отмеченной в это же время года (в конце октября) [37].

Наши наблюдения в оптическом диапазоне проводились 19 ноября 2014 г., наблюдения в радиодиапазоне проводились спустя три недели, с 7 по 12 декабря 2014 г. При аппроксимации спектра параболой мы определили $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 13.46$ (четыре точки, $\chi_\nu^2 = 0.0015$). По архивным данным, $\lg \nu_{\text{peak}}^s = 12.86$.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены новые наблюдательные данные в радио и оптическом диапазоне для шести блазаров, которые по архивным неодновременным данным относятся к VLSP-типу ($\nu_{\text{peak}}^s < 10^{13}$ Гц). Мы оценили значение параметра ν_{peak}^s по квазиодновременным наблюдениям телескопов Цейсс-1000 и РАТАН-600, разница в наблюдательных эпохах составила не более 2–3 недель. В результате, для источников PKS 0446+11, [HB89]1308+326 и 3C 345 подтвердилась их классификация по ν_{peak}^s как VLSP. Для остальных трех блазаров (PKS 0336–01, PKS 0446+11 и PKS 2230+11), наши расчеты показали $\nu_{\text{peak}}^s > 10^{13}$ Гц. Мы получили очень близкое к оцененному по архивным данным значение ν_{peak}^s для [HB89]1308+326 и 3C 345.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность О. Спиридовой, М. Габдееву и А. Москвитину за помощь в

проведении наблюдений на Цейсс-1000. Наблюдения проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.619.21.0004, идентификатор проекта RFMEFI61914X0004). Работа частично выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. M. Urry and P. Padovani, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **107**, 803 (1995).
2. R. M. Sambruna, L. Maraschi, and C. M. Urry, *Astrophys. J.* **463**, 444 (1996).
3. P. Padovani and P. Giommi, *Astrophys. J.* **444**, 567 (1995).
4. S. Antón and I. W. A. Browne, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **356**, 225 (2005).
5. E. Nieppola, M. Tornikoski, and E. Valtaoja, *Astron. and Astrophys.* **445**, 441 (2006).
6. M. G. Mingaliev, Y. V. Sotnikova, R. Y. Udovitskiy, et al., *Astron. and Astrophys.* **572**, A59 (2014).
7. P. Giommi, G. Polenta, A. Lähteenmäki, et al., *Astron. and Astrophys.* **541**, A160 (2012).
8. S. Cutini, S. Ciprini, M. Orienti, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **445**, 4316 (2014).
9. P. Giommi, P. Padovani, G. Polenta, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **420**, 2899 (2012).
10. P. Giommi, P. Padovani, and G. Polenta, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **431**, 1914 (2013).
11. F. D'Ammando, C. M. Raiteri, M. Villata, et al., *Astron. and Astrophys.* **529**, A145 (2011).
12. M. G. Mingaliev, Y. V. Sotnikova, I. Tornainen, et al., *Astron. and Astrophys.* **544**, 1 (2012).
13. O. V. Verkhodanov, *ASP Conf. Ser.* **125**, 46 (1997).
14. M. S. Bessell, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **91**, 589 (1979).
15. J. N. Bregman, A. E. Glassgold, P. J. Huggins, et al., *Nature* **293**, 714 (1981).
16. C. M. Urry and R. F. Mushotzky, *Astrophys. J.* **253**, 38 (1982).
17. C. D. Impey and G. Neugebauer, *Astron. J.* **95**, 307 (1988).
18. A. P. Marscher, *ASP Conf. Ser.* **144**, 25 (1998).
19. G. B. Rybicki and A. P. Lightman, *Radiative Processes in Astrophysics* (1979).
20. A. Comastri, S. Molendi, and G. Ghisellini, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **277**, 297 (1995).
21. H. Kubo, T. Takahashi, G. Madejski, et al., *Astrophys. J.* **504**, 693 (1998).
22. A. A. Abdo, M. Ackermann, I. Agudo, et al., *Astrophys. J.* **716**, 30 (2010).
23. Planck Collaboration, J. Aarokoski, P. A. R. Ade, et al., *Astron. and Astrophys.* **536**, A15 (2011).
24. S. E. Healey, R. W. Romani, G. B. Taylor, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **171**, 61 (2007).
25. S. Ciprini, *The Astronomer's Telegram*, No. 6568 (2014).
26. R. Nesci, *The Astronomer's Telegram*, No. 6577 (2014).
27. L. Carrasco, A. Porras, E. Recillas, et al., *The Astronomer's Telegram*, No. 6662 (2014).
28. M.-P. Véron-Cetty and P. Véron, *Astron. and Astrophys.* **455**, 773 (2006).
29. J. P. Halpern, M. Eracleous, and J. R. Mattox, *Astron. J.* **125**, 572 (2003).
30. F. K. Liu and Y. H. Zhang, *Astron. and Astrophys.* **381**, 757 (2002).
31. M. Stickel, J. W. Fried, and H. Kuehr, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **98**, 393 (1993).
32. J. K. Kotilainen, T. Hyvönen, and R. Falomo, *Astron. and Astrophys.* **440**, 831 (2005).
33. B. Sara, *The Astronomer's Telegram*, No. 6068 (2014).
34. R. Nesci, A. Caravano, and L. Villani, *The Astronomer's Telegram*, No. 6072 (2014).
35. R. A. Laing, J. M. Riley, and M. S. Longair, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **204**, 151 (1983).
36. U. Bach, C. M. Raiteri, M. Villata, et al., *Astron. and Astrophys.* **464**, 175 (2007).
37. S. Cutini, *The Astronomer's Telegram*, No. 6631 (2014).

Multifrequency Quasi-Simultaneous Observations of Six Low-Synchrotron Peaked Blazars

T. V. Mufakharov, Yu. V. Sotnikova, M. G. Mingaliev, and A. K. Erkenov

We made an estimation of the synchrotron peak frequency (ν_{peak}^s) of the spectral energy distribution (SED) for six blazars. These objects were selected as very-low-synchrotron peaked (VLSP) blazar candidates (with $\nu_{\text{peak}}^s \leq 10^{13}$ Hz). We have built the SED of the studied objects using quasi-simultaneous observations on the SAO RAS Zeiss-1000 and RATAN-600 telescopes and made an estimation of the synchrotron peak frequency. As a result, three sources (PKS 0446+11, [HB89] 1308+326, and 3C 345) were confirmed as VLSP, for the three remaining blazars the calculations have shown $\nu_{\text{peak}}^s > 10^{13}$ Hz.

Keywords: quasars: general—BL Lacertae objects: general—galaxies: nuclei—galaxies: jets—radio continuum: galaxies