

УДК 524.7-77

ПЕРЕМЕННОСТЬ БЛЕСКА РАДИОИСТОЧНИКА Z0524+03

© 2007 В. Р. Амирханян

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, МГУ, Москва, Россия

Поступила в редакцию 27 ноября 2006; принята в печать 7 декабря 2006

Представлены результаты фотометрических наблюдений оптической компоненты известного переменного радиисточника Z0524+03. В период с 21 января 1998 г. по 28 января 2001 г. изменение блеска достигло 1.5 зв. вел. и происходило синхронно в BVRI-диапазонах на временах от нескольких лет до 0.05 суток. Спектральный индекс ($S \sim \nu^\alpha$) изменялся от -2.4 до -1.3 с увеличением блеска от минимума до максимума.

Поляризационные наблюдения 22/23 января 1999 г. показали, что линейная поляризация излучения объекта на момент наблюдения не превышает 1%.

В поле объекта выбраны три кандидата в локальные стандарты.

Объект Z0524+03 был открыт как радиисточник в 1979 г. при проведении Зеленчукского обзора на частоте 8.7 ГГц [1]. Дальнейшие наблюдения в сантиметровом диапазоне длин волн показали, что объект обладает известными признаками VL Lacertae: уплощенный или инверсный спектр [2], переменность потока в очень широких пределах, а также компактность [3]. Многочастотные наблюдения на РАТАН-600 [4] уверенно продемонстрировали присутствие быстрой переменности потока объекта. Если измерения потока Z0524+03 в разные эпохи и сравнить с такими же данными для VL Lacertae, то можно видеть, что зависимости переменной компоненты потока от частоты у этих объектов подобны. Однако индекс переменности Z0524+03 уверенно больше. Следовательно, можно ожидать значительной переменности блеска Z0524+03 и в оптическом диапазоне.

Оптический спектр объекта также вполне согласуется с признаками лацертид: на фоне континуума яркие спектральные детали отсутствуют. После нескольких неудачных попыток ([5, 6] Афанасьев и др. [7]) определили его красное смещение $z=0.509$.

Фотометрические наблюдения были начаты в ночь 21/22 января 1998 г. Использовался телескоп Цейсс-600 САО РАН, оснащенный автоматическим фотометром TAZIK [8] и охлаждаемой ПЗС-матрицей размером 1050×1170 элементов [9]. Поле зрения матрицы 7.8×8.8 угл. мин. Время экспозиции, в зависимости от условий наблюдений в В-фильтре — 900–1200 сек, в V-фильтре — 480–900 сек, в R-фильтре — 300–480 сек, в I-фильтре — 480–600 сек. Необходимые для редукции “плоские” поля формировались попиксельным медиан-

ным усреднением до 11-ти изображений, полученных в процессе наблюдений различных участков небесной сферы в течение ночи. На рис.1 показано изображение поля объекта размером 110×110 угл. сек, полученное 20 января 2000 г. в R-фильтре. Координаты объекта $a_{2000} = 05^h 27^m 32^s.67$ $d_{2000} = +03^\circ 31' 33''.7$.

Методика обработки изображений и построение относительных кривых блеска описана в работе [10].

Так как в поле Z0524+03 нет локальных стандартов, для перехода от относительных кривых блеска к видимым величинам мы провели несколько калибровочных наблюдений. Наиболее удачными оказались калибровки поля в ночь 25/26 января 2001 г. в V-, R- и I-диапазонах. Наблюдались поля PG0918+029 и PG1633+099. В каждом использовалось по четыре стандарта, параметры которых взяты из работы [11]. По этим данным были получены коэффициенты фотометрической системы телескопа и рассчитаны звездные величины в VRI-фильтрах объекта Z0524+03, поле которого наблюдалось в эту ночь по три раза в каждом из этих фильтров:

$$m_V = 19.58; m_R = 18.97; m_I = 18.21.$$

Теперь, зная видимую и относительную звездные величины объекта на 25/26 января 2001 г., непринужденно пересчитаем относительную кривую блеска в видимую. Результаты измерений в BVRI-фильтрах приведены в табл. 1. Для фильтра В, где не удалось откалибровать объект, приводится относительная звездная величина. Три последних измерения в R-фильтре получены по прямым снимкам на Цейсс-1000 и БТА (SCORPIO),

сделанным в процессе спектральных наблюдений объекта по заявкам Амирханяна В.Р. и Мингалиева М.Г. На рис.2 приведены кривые блеска в четырех фильтрах за весь период наблюдений. Чтобы разместить на этом же рисунке результаты наблюдений в В-фильтре, автор принял для момента $JD=2451223.28$ значение $m_B - m_V = 0.5$.

Из этого графика видно, что блеск объекта изменяется синхронно и одинаково во всех фильтрах. Это подтверждается тем, что средние цветовые индексы за время наблюдений имеют небольшой разброс: $m_V - m_R = 0.64 \pm 0.024$, $m_R - m_I = 0.61 \pm 0.027$.

Тем не менее существует реальная зависимость цвета объекта от его блеска. Это видно на рис. 3, где показана зависимость спектрального индекса от потока ($S \sim \nu^\alpha$). Как следует из наших наблюдений, спектральный индекс изменяется от -2.4 в эпоху минимального блеска, до -1.3 в максимуме. Каждая точка на этом графике есть средний за наблюдательную ночь спектральный индекс между R- и V-диапазонами, рассчитанный с учетом межзвездной экстинкции.

Спектральный индекс в инфракрасном диапазоне по данным 2MASS [12] в J-, H-, K-фильтрах равен -1.71 . Эти данные получены 21 января 2000 г., когда объект по нашим измерениям 9-10 января 2000 г. находился вблизи максимума блеска.

Для демонстрации быстрых колебаний блеска объекта на рис. 4а и 4б приведен участок кривой в V- и R-фильтрах за 17/18 января 2001 г. Здесь же для сравнения показаны кривые блеска звезды №2. (рис.1). Для наглядности кривые блеска двух объектов совмещены по оси ординат, а масштабы графиков одинаковые по обеим координатам. Наши измерения позволяют осторожно утверждать, что запаздывание между кривыми в V- и R-фильтрах не превышает 1.2 часа. Эти данные фиксируют сам факт переменности блеска на часовых масштабах. Чтобы оценить спектр переменности, автор построил периодограммы кривых блеска Z0524+03 и звезды поля, блеск которой оставался постоянным в пределах ошибок за весь наблюдательный период и был близок к среднему блеску объекта в R-фильтре (рис 5а, б). Первый рисунок показывает, что спектр мощности переменной составляющей излучения Z0524+03 подчиняется степенной зависимости $|P|^2 \sim f^{-0.68}$. Спектр звезды сравнения определяется исключительно ошибками измерений. Из сравнения двух периодограмм видно, что на масштабах около суток средняя спектральная плотность переменной составляющей излучения Z0524+03 в несколько раз выше, чем у звезды сравнения. Это вселяет уверенность, что, увеличив число измерений и их точность, мы сможем зафиксировать переменность

блеска объекта и на более коротких временных масштабах.

Поляризационные измерения, выполненные 22 января 1999 г. на Цейсс-600 с помощью пластины Савара [10], позволили наложить только верхнее ограничение на величину линейной поляризации излучения объекта в момент наблюдений: $< 1\%$.

На рис. 6 показан спектр светимости Z0524+43 от радио до оптического диапазона в сопутствующих координатах. Средняя светимость в радиодиапазоне $\sim 10^{26}$ Вт/Гц — стандартная величина для объектов этого класса. Светимость в оптике на три порядка меньше, $M_V \sim -23.9$, т. е. рядовая для лацертид. Для сравнения на этом же графике показан спектр светимости BL Lac. Информация взята из NASA Extragalactic Database.

Предполагая продолжить в будущем наблюдения этого интересного объекта, автор выбрал из объектов поля несколько кандидатов в локальные стандарты. Были получены кривые блеска всех обнаруженных объектов поля. С их помощью автор отобрал наиболее стабильные за время наблюдений, расположенные в непосредственной близости от Z0524+03, и в тоже время достаточно изолированные от мешающего окружения объекты. Кандидаты обозначены на рис.1 цифрами (1), (2) и (3), а их параметры приведены в табл. 2.

Дальнейшие наблюдения покажут, насколько удачен оказался этот выбор.

ВЫВОДЫ

Таким образом, Z0524+03 демонстрирует параметры, традиционные для объектов данного типа.

— Блеск объекта Z0524+03 за период наблюдений с 21 января 1998 г. по 28 января 2001 г. изменялся не менее, чем на 1.2 зв.вел. в V- и 1.56 зв. вел. в R-диапазоне.

— Изменения блеска объекта происходят практически одновременно во всех четырех цветовых диапазонах (временной сдвиг между событиями не превышает 1.2 часа).

— Переменность блеска реальна на временах до 1.2 часа.

— Спектр объекта уплощается с увеличением потока. (С увеличением блеска объект становится все более голубым.)

— Спектр светимости Z0524+03 от радио до оптического диапазона подобен спектру BL Lac и, по-видимому, определяется синхротронным механизмом излучения.

Автор не сомневается, что длинные фотометрические ряды с большей точностью покажут переменность этого объекта на очень коротких временах.

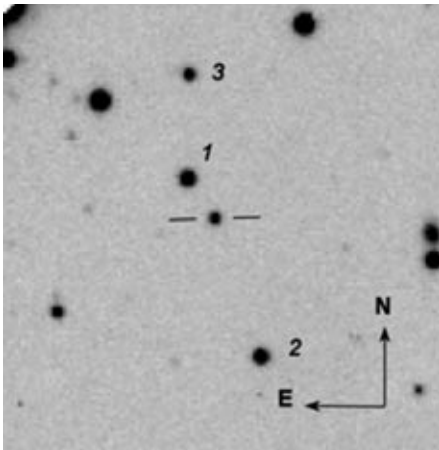


Рис. 1. Поле Z0524+03 размером 110×100 угл.сек. Цифрами обозначены кандидаты в локальные стандарты.

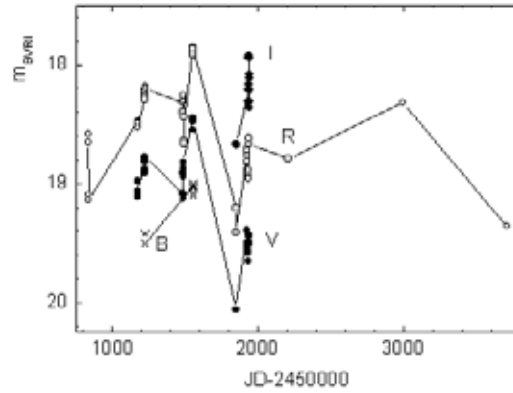


Рис. 2. Кривые блеска Z0524+03 в BVRI-фильтрах за весь период наблюдений. Крестики – фильтр В, заполненные кружки – фильтр V, светлые кружки – фильтр R, заполненный ромб – фильтр I.

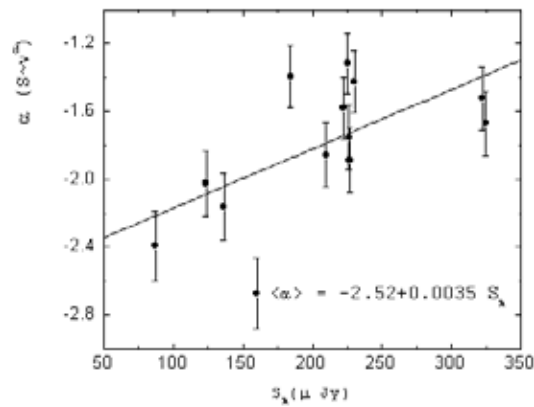


Рис. 3. Изменение спектрального индекса с увеличением потока в R-фильтре.

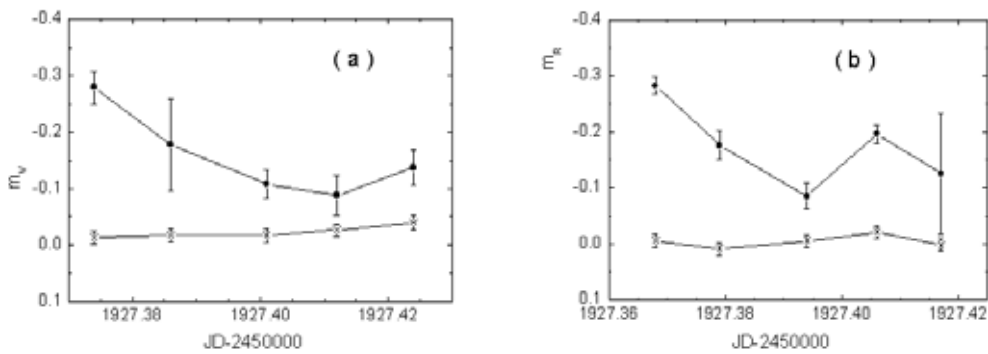


Рис. 4. Изменение блеска объекта за 1.2 часа в V- (а) и R-диапазоне (б). Кружки – объект, крестики – стандарт № 2.

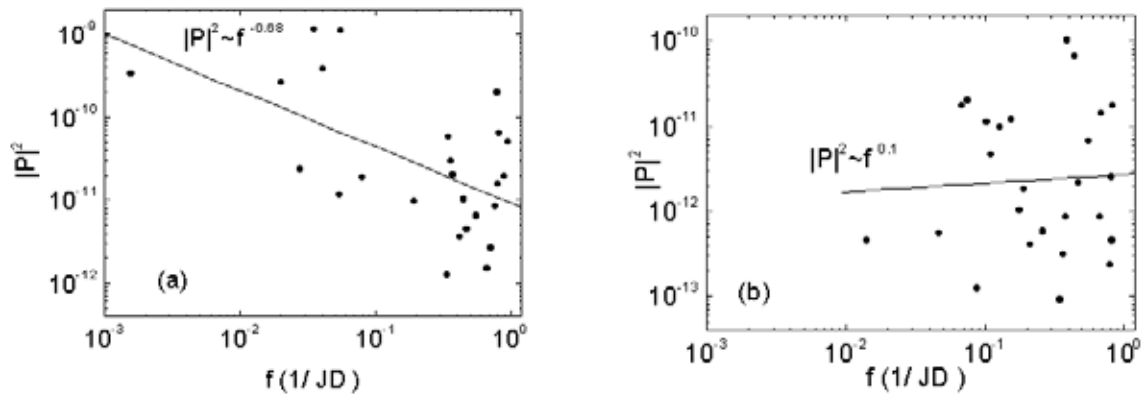


Рис. 5. Периодогаммы кривых блеска объекта (а) и звезды поля (б).

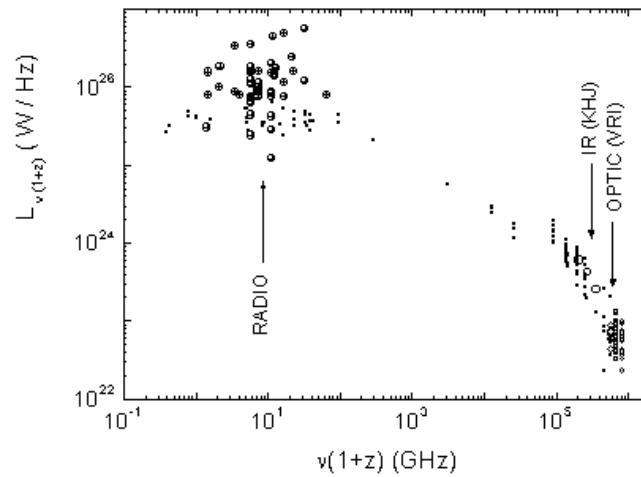


Рис. 6. Спектр светимости Z0524+03 в сопутствующей системе координат. Черные маленькие кружки – спектр светимости VL Лас на $z=0.0686$, ν – частота, на которой проводились наблюдения.

Таблица 1. Результаты измерений в BVRI-фильтрах

JD-2450000	m_B	σ
1223.264	0.076	0.027
1223.28	0	0.017
1554.289	0.48	0.023
1554.322	0.399	0.021
1554.358	0.419	0.022
1554.389	0.5	0.02
1554.43	0.46	0.02
1554.463	0.479	0.021
JD-2450000	m_V	σ
1175.337	19.088	0.025
1175.349	19.111	0.018
1175.381	18.984	0.019
1175.392	19.063	0.014
1222.254	18.81	0.015
1223.235	18.900	0.013
1223.249	18.914	0.019
1224.273	18.796	0.028
1224.295	18.879	0.022
1224.316	18.774	0.08
1485.562	19.081	0.027
1485.576	18.912	0.012
1487.52	18.878	0.014
1487.54	19.127	0.096
1489.531	18.948	0.025
1489.551	18.825	0.014
1553.387	18.449	0.023
1553.407	18.48	0.009
1553.506	18.451	0.009
1553.525	18.471	0.011
1554.269	18.443	0.009
1554.301	18.477	0.009
1554.337	18.46	0.008
1554.369	18.552	0.01
1554.41	18.479	0.006

Таблица 1. (Продолжение)

1554.443	18.468	0.011
1849.543	20.059	0.031
1927.374	19.396	0.022
1927.386	19.495	0.08
1927.401	19.565	0.018
1927.412	19.585	0.031
1927.424	19.531	0.025
1935.301	19.569	0.015
1935.331	19.584	0.026
1935.362	19.65	0.02
1938.332	19.44	0.019
1938.357	19.501	0.077
JD-2450000	m_R	σ
835.316	18.586	0.016
835.329	18.653	0.009
836.26	19.095	0.011
836.277	19.134	0.01
1175.317	18.479	0.026
1175.326	18.484	0.021
1175.361	18.496	0.017
1175.369	18.53	0.016
1222.242	18.282	0.018
1223.215	18.265	0.014
1223.222	18.256	0.009
1224.262	18.246	0.033
1224.283	18.219	0.009
1224.304	18.29	0.035
1227.208	18.181	0.009
1227.216	18.020	0.021
1485.554	18.317	0.012
1485.568	18.040	0.016
1487.508	18.29	0.01
1489.519	18.291	0.011
1489.54	18.259	0.022
1493.511	18.634	0.015

Таблица 1. (Продолжение)

1493.519	18.665	0.011
1494.474	18.439	0.009
1494.483	18.441	0.015
1553.374	17.872	0.016
1553.395	17.859	0.008
1553.514	17.909	0.01
1553.533	17.927	0.006
1554.277	17.853	0.009
1554.308	17.881	0.01
1554.346	17.902	0.015
1554.418	17.868	0.009
1554.451	17.865	0.008
1849.535	19.204	0.015
1849.539	19.411	0.023
1925.401	18.757	0.016
1925.413	18.701	0.014
1927.368	18.724	0.013
1927.379	18.823	0.023
1927.394	18.916	0.021
1927.406	18.81	0.013
1927.417	18.883	0.108
1935.319	18.941	0.011
1935.324	18.962	0.012
1935.355	18.888	0.015
1938.325	18.621	0.014
1938.35	18.669	0.024
2210.507	18.790	0.020
2997.267	18.32	0.025
3714.422	19.362	0.029
JD-2450000	m_I	σ
1849.5521	18.666	0.057
1935.3031	18.21	0.032
1935.3331	18.354	0.041
1935.3461	18.304	0.039
1937.3181	17.924	0.025

Таблица 1. (Продолжение)

1937.3251	17.937	0.036
1937.3321	18.164	0.062
1938.3331	18.082	0.031
1938.3411	18.107	0.034

Таблица 2. Кандидаты в локальные стандарты

№	$\alpha_{2000.0}$	$\delta_{2000.0}$	m_V	m_R	m_I
1	05 27 33.09	+03 31 44.1	17.14	16.62	15.99
2	05 27 31.87	+03 30 57.3	18.08	16.89	15.33
3	05 27 33.03	+03 32 11.4	18.07	17.68	17.01

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. Р. Амирханян, А. Г. Горшков, А. А. Капусткин и др., Астрон. журн. **58** 717 (1981).
2. В. К. Конникова, В. Р. Амирханян, В. Н. Сидоренков, О. И. Хромов, Письма в Астрон. журн., **7** 209 (1981).
3. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, Астрон. журн. **74**, 374 (1997) [Astronom. Rep. **41**, 325 (1997)].
4. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, Астрон. журн. **77**, 188 (2000) [Astronom. Rep. **44**, 161 (2000)].
5. В. Чавушян, Р. Мухика, А. Г. Горшков и др., Астрон. журн. **78**, 99 (2001) [Astronom. Rep. **45**, 79 (2001)].
6. В. Р. Амирханян, В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов и др., Письма в Астрон. журн. **30**, 915 (2004) [Astronom. Lett. **30**, 834 (2004)].
7. В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов, А. В. Монсеев и др., Астрон. журн. **83**, 291 (2006) [Astronom. Rep. **50**, 255 (2006)].
8. V. R. Amirkhanyan, N. A. Vikul'ev, V. V. Vlasyuk, and D. A. Stepanian, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **50**, 142 (2000).
9. S. V. Markelov, V. A. Murzin, N. G. Ivashchenko, et. al., in *Proceeding of the 7-th Asian-Pacific Regional Meeting of IAU, Pusan, Korea, 1996* (J. of Korean Astron. Soc., **29**) p. 387.
10. В. Р. Амирханян, Астрон. журн. **83**, 310 (2006) [Astronom. Rep. **50**, 273 (2006)].
11. A. U. Landolt, Astronom. J. **104**, 340 (1992).
12. M. F. Skrutskie, R. M. Cutri, R. Stiening, et. al., Astronom. J. **131**, 1163 (2006).

LIGHT VARIABILITY OF THE RADIO SOURCE Z0524+03**V. R. Amirkhanyan**

The results of photometric observations of the optical component of the known variable radio source Z0524+03 are reported. The light variations amounted to 1.5^m during the period from January 21, 1998 to January 28, 2001 and occurred synchronously in the BVRI bands on time scales ranging from several years to 0.05 days. The spectral index of the object ($S \sim \nu^\alpha$) varied from -2.4 to -1.3 from minimum to maximum light.

Polarimetric observations made on January 22/23, 1999 showed that the linear polarization of the radiation of the object did not exceed 1% at the time of observation.

Three local-standard candidates have been selected in the field of the object.