

BVRI CCD-ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГАЛАКТИК С АКТИВНЫМИ ЯДРАМИ. V

В.Т.ДОРОШЕНКО¹, С.Г.СЕРГЕЕВ², Ю.С.ЕФИМОВ², Г.А.БОРМАН²,
Д.Н.ОХМАТ², Н.Г.ПУЛАТОВА^{2,3}, С.В.НАЗАРОВ²

Поступила 17 мая 2013

Принята к печати 12 июня 2013

Представлены результаты наблюдений 79 звезд сравнения в окрестностях семи сейфертовских галактик (Аkn 79, Mrk 374, Mrk 382, Mrk 478, Mrk 493, Mrk 618 и Mrk 1513) и одного квазара (СТА 102). Наблюдения проводились с матричным фотометром в полосах *B, V, R, I*. Диапазон звездных величин исследуемых звезд в полосе *V* от 12^m.9 до 18^m.4. Типичная фотометрическая ошибка для звезд 15-й звездной величины составляет 0^m.008, 0^m.011, 0^m.009 и 0^m.015 в полосах *BVRI*, соответственно. Для большинства звезд *B, V, R, I* величины ранее не были известны. В поле галактики Mrk 478 обнаружена переменная звезда, меняющая свой блеск с периодом $P = 0.1705$ суток, а в окрестности галактики Mrk 1513 среди выбранных звезд оказалась переменная с периодом $P = 0.2211$ суток. Возможно, эти звезды относятся к контактным двойным системам типа W UMa с орбитальным периодом 0.341 и 0.4422 суток, соответственно. Карты для отождествления звезд прилагаются. Результаты исследования могут быть использованы для дифференциальной фотометрии ядер.

Ключевые слова: *внегалактическая астрономия: звезды сравнения: фотометрия*

1. *Введение.* Данные о звездах сравнения необходимы для исследования переменности небесных объектов и, в частности, для изучения фотометрического поведения ядер активных галактик (AGN), а также для сравнения наших данных об исследуемых AGN с данными из литературы для того, чтобы получить наиболее полную кривую блеска переменного ядра во времени. Некоторые из исследуемых объектов имеют большую амплитуду переменности (больше одной звездной величины). Поэтому для более точных оценок блеска переменного ядра нужны стандартные звезды разной яркости. Кроме того, для анализа цветовой переменности нужны наблюдения в разных спектральных полосах. Однако для большинства изучаемых нами объектов недостаточно литературных данных об абсолютной калибровке звезд сравнения: либо звезды, используемые ранее другими авторами, были слишком яркие, либо они расположены на небе далеко от исследуемого объекта, либо имелись измерения в довольно ограниченном спектральном интервале (всего в 1-3 спектральных участках). Поэтому, занимаясь иссле-

дованием переменности активных ядер галактик, мы продолжили систематическую работу по калибровке звезд в полях AGN. Четыре работы по фотометрии звезд сравнения в окрестностях AGN были опубликованы нами ранее [1-4]. В течение 2009-2012гг. наш список пополнился несколькими новыми объектами: сейфертовскими галактиками Akn 79, Mrk 374, Mrk 382, Mrk 478, Mrk 493, Mrk 618, Mrk 1513 и квазаром - СТА 102. Для них мы получили оценки звезд, выбрав для каждой галактики от 8 до 12 звезд разной яркости и исследовав эти звезды на переменность в полосах *B*, *V*, *R*, *R1*, *I*. Всего нами исследованы 79 звезд в указанных полях.

2. Наблюдения и измерения. Все наблюдения выполнены в прямом фокусе 70-см телескопа Крымской астрофизической обсерватории с помощью CCD-камеры Ap7p. Масштаб кадров 1.755"/пиксел. Все оборудование, процесс наблюдений, редукция данных и способ оценки ошибок не менялись с начала наших наблюдений в 2001г. Подробное описание процесса обработки дано в первой части работы [1]. Все фотометрические редукции выполнялись с помощью пакета программ для апертурной фотометрии CCDPROC и CCDPHOT, разработанных С.Г.Сергеевым. Здесь напомним только, что упомянутый выше фильтр *R1* больше соответствует фильтру *I* в системе Кузинса, в то время как другие фильтры больше соответствуют фильтрам в стандартной системе Джонсона. Все кадры с изображением исследуемого объекта после вычитания из него изображений байеса и темнового тока, очищенных от "выбросов", а также после учета чистого изображения плоского поля, измерялись методом апертурной фотометрии с диаметром апертуры 13"-15", а фон неба определялся в кольцевой апертуре вокруг каждого объекта.

Для калибровки звезд использовались только хорошие в фотометрическом отношении ночи, когда среднеквадратичные отклонения потока от звезды во время нескольких (от 4-х до 6-ти) наблюдений в течение ночи составляли 2-4% и когда было приличное качество изображения, что при масштабе наших кадров (1.755"/пиксел) было бы не хуже 5".

Обычно в поле каждого исследуемого объекта выбиралась одна основная звезда, которая, как правило, была более яркая и близкая к исследуемой галактике, находящейся в центре кадра. Это делалось для того, чтобы измерения блеска основной звезды имели бы достаточно малую ошибку. Для калибровки основной звезды использовались вторичные стандарты в полях тех галактик, которые наблюдались в ту же ночь, что и исследуемый нами объект в интервале $\pm(1-2)$ часа от времени наблюдения исследуемой галактики. В каждом фильтре мы использовали от 3-х до 7-ми хороших ночей для калибровки основной звезды, а затем вычисляли средневзвешенную величину по всем калибровкам и ошибку среднего. Атмосферная экстинкция измерялась в каждую из выбранных ночей по звездам с известными звездными величинами в тех полях, которые служили вторичными стандартами.

Таблица 1

СПИСОК ГАЛАКТИК, ДЛЯ КОТОРЫХ ПОЛУЧЕНЫ *BVR*
ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

Название	Координаты (2000)		Тип
	α	δ	
Akn 79	02:17:23.1	+38:24:49.9	Sy2
Mrk 618	04:36:22.2	-10:22:34.7	NLS1 ¹
Mrk 374	06:59:38.1	+54:11:47.3	Sy1
Mrk 382	07:55:25.3	+39:11:09.8	NLS1 ¹
Mrk 478	14:42:07.4	+35:26:23.1	NLS1 ¹
Mrk 493	15:59:09.7	+35:01:47.3	NLS1 ¹
Mrk 1513 ²	21:32:27.8	+10:08:19.2	Sy1
CTA 102	22:32:36.4	+11:43:50.8	QSO

¹ [5]² = II Zw 136.

Итак, основная звезда с учетом атмосферной экстинкции калибровалась относительно нескольких стандартных полей, полученных в ту же самую ночь во всех пяти фильтрах. Таких оценок набиралось несколько десятков. Типичная неопределенность метода составила $0^m.008$ для звезды 15-й звездной величины. Эта ошибка включает в себя как ошибку в оценке экстинкции, так и ошибку в звездных величинах основных звезд в полях, используемых нами в качестве вторичных стандартов.

В качестве кандидатов в звезды сравнения в поле каждой галактики выбирались 8-12 звезд, среди которых были звезды несколько более яркие и более слабые, чем ядро галактики. Далее дифференциальная фотометрия всех кандидатов в звезды сравнения проводилась относительно звезды, принятой в качестве основной для данной галактики. При этом, используя все наблюдения данного объекта, мы получали кривые блеска всех выделенных звезд относительно основной звезды и далее по критерию χ^2 могли оценить, переменна звезда или нет. Это позволило выявлять среди них явно переменные звезды, которые можно было исследовать далее.

Затем, учитывая уравнения преобразования инструментальной системы в стандартную систему Джонсона-Кузинса, которые обсуждались в работе [1], мы вычисляли звездные величины в интернациональной системе *B, V, R, I*. Поскольку наш фильтр *R1* близок к фильтру *I* системы Кузинса, то мы получили две системы звездных величин в полосе *I*, которые в таблице обозначены как *Ic1* и *Ic2*. Легко убедиться, что колонки *Ic1* и *Ic2* дают близкие (в пределах ошибок) значения, что является свидетельством правильности уравнений трансформации инструментальной системы в международную Джонсона-Кузинса. Координаты исследованных полей AGN - в табл.1.

3. Результаты. Средневзвешенные *BVR* звездные величины звезд

сравнения вместе с ошибками среднего можно найти в табл.2. Оценка ошибок сделана так, как описано в [1] и включает ошибку калибровки основной звезды в поле галактики. Координаты, приведенные в таблице, взяты из интерактивной программы ALADIN. Звездочкой вблизи номера звезды в первой колонке отмечены основные звезды, калибровка которых проводилась только в хорошие фотометрические ночи. Полей с уже известными величинами звезд, используемых как вторичные стандарты, в

Таблица 2

BVRI ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ AGN

Объект	Координаты (2000)		B		V		R		Ic1		Ic2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Akn 79	02:17:23.1	+38:24:49.9										
01	02:17:15.7	+38:25:18.4	16.200	0.014	15.113	0.004	14.549	0.008	14.036	0.007	14.043	0.005
02	02:17:10.0	+38:27:51.6	15.404	0.008	14.619	0.008	14.203	0.005	13.824	0.008	13.840	0.008
03*	02:17:12.2	+38:22:59.9	14.492	0.017	13.366	0.009	12.740	0.012	12.209	0.010	12.219	0.009
04	02:17:34.4	+38:23:26.2	16.161	0.007	15.131	0.006	14.593	0.002	14.132	0.007	14.143	0.013
05	02:17:33.2	+38:26:22.8	15.489	0.010	14.636	0.002	14.158	0.005	13.737	0.012	13.753	0.004
06	02:17:04.7	+38:22:48.1	14.214	0.004	13.326	0.004	12.854	0.003	12.420	0.004	12.426	0.003
07	02:17:06.3	+38:22:50.9	14.856	0.006	14.223	0.002	13.873	0.002	13.549	0.007	13.564	0.008
08	02:17:40.0	+38:23:56.4	13.787	0.002	13.000	0.005	12.571	0.004	12.192	0.004	12.204	0.003
09	02:17:40.3	+38:23:11.0	16.531	0.010	15.292	0.017	14.574	0.005	13.957	0.010	13.960	0.004
10	02:17:17.0	+38:21:34.4	15.771	0.001	14.943	0.005	14.484	0.009	14.067	0.008	14.077	0.003
11	02:17:25.9	+38:21:03.6	16.151	0.009	15.140	0.006	14.585	0.013	14.121	0.009	14.123	0.008
12	02:17:27.3	+38:20:07.9	15.380	0.003	14.233	0.003	13.645	0.005	13.127	0.005	13.134	0.005
13	02:17:28.8	+38:19:48.5	13.736	0.003	12.977	0.004	12.566	0.004	12.199	0.005	12.212	0.003
14	02:17:27.7	+38:25:23.3	16.332	0.019	15.601	0.015	15.202	0.003	14.852	0.013	14.847	0.023
Mrk 618	04:36:22.3	-10:22:34.7										
01	04:36:24.2	-10:24:20.8	15.832	0.018	14.963	0.013	14.480	0.008	14.074	0.010	14.095	0.006
02	04:36:21.6	-10:26:47.7	17.321	0.052	16.614	0.047	16.145	0.022	15.752	0.028	15.769	0.037
03	04:36:15.5	-10:25:29.2	18.556	0.119	17.020	0.047	15.795	0.008	14.512	0.013	14.525	0.008
04*	04:36:05.3	-10:25:50.0	15.222	0.007	14.216	0.005	13.625	0.006	13.111	0.004	13.125	0.004
05	04:36:06.3	-10:21:46.1	13.906	0.011	13.249	0.006	12.861	0.005	12.496	0.006	12.514	0.007
06	04:36:17.2	-10:19:52.7	17.845	0.068	16.430	0.030	15.361	0.014	14.281	0.009	14.307	0.013
07	04:36:33.2	-10:17:55.9	17.811	0.078	16.755	0.031	16.119	0.019	15.542	0.032	15.572	0.031
08	04:36:32.2	-10:21:58.7	16.069	0.025	15.249	0.016	14.778	0.010	14.358	0.010	14.374	0.011
09	04:36:33.2	-10:25:06.4	15.508	0.014	14.970	0.009	14.624	0.007	14.296	0.007	14.325	0.010
10	04:36:29.9	-10:28:04.4	16.419	0.021	15.601	0.010	15.139	0.010	14.743	0.014	14.759	0.015
Mrk 374	06:59:38.1	+54:11:47.3										
01	06:59:39.1	+54:11:22.5	15.834	0.014	14.872	0.010	14.337	0.006	13.881	0.007	13.878	0.007
02	06:59:44.8	+54:12:00.3	15.570	0.011	14.900	0.010	14.520	0.005	14.181	0.008	14.181	0.008
03*	06:59:46.7	+54:13:26.8	15.089	0.006	14.139	0.004	13.625	0.005	13.147	0.005	13.145	0.005
04	06:59:38.2	+54:13:53.5	17.906	0.060	16.674	0.031	15.935	0.012	15.301	0.012	15.301	0.015
05	06:59:52.0	+54:11:51.2	14.798	0.005	14.051	0.006	13.638	0.003	13.277	0.003	13.276	0.004
06	06:59:57.5	+54:11:53.5	14.780	0.008	14.087	0.005	13.688	0.003	13.328	0.004	13.328	0.003
07	06:59:32.2	+54:10:24.0	13.378	0.007	12.892	0.005	12.588	0.004	12.307	0.004	12.305	0.004
08	06:59:33.7	+54:09:27.2	14.153	0.007	13.163	0.006	12.625	0.004	12.131	0.005	12.122	0.004

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mrk 382	07:55:25.3	+39:11:09.8										
01*	07:55:07.4	+39:11:11.9	15.122	0.005	14.565	0.011	14.251	0.005	13.944	0.003	13.947	0.004
02	07:55:18.1	+39:14:12.5	15.967	0.013	15.454	0.017	15.134	0.011	14.795	0.010	14.801	0.015
03	07:55:26.3	+39:14:20.1	15.763	0.012	15.153	0.012	14.808	0.009	14.479	0.009	14.481	0.015
04	07:55:21.0	+39:15:32.7	15.326	0.010	14.629	0.011	14.246	0.007	13.871	0.010	13.872	0.008
05	07:55:53.7	+39:12:14.8	15.603	0.011	14.799	0.010	14.352	0.010	13.943	0.012	13.944	0.008
06	07:55:52.5	+39:10:55.1	15.872	0.015	14.940	0.012	14.439	0.011	13.963	0.010	13.965	0.012
07	07:55:49.9	+39:08:51.6	15.457	0.013	14.690	0.010	14.274	0.008	13.887	0.009	13.889	0.008
08	07:55:22.3	+39:09:34.1	14.329	0.007	13.372	0.004	12.829	0.006	12.340	0.006	12.346	0.007
09	07:55:24.9	+39:08:15.0	14.201	0.009	13.436	0.006	13.024	0.008	12.643	0.007	12.648	0.008
10	07:55:11.9	+39:06:09.2	14.675	0.011	14.121	0.006	13.795	0.009	13.485	0.009	13.490	0.009
Mrk 478	14:42:07.5	+35:26:23.1										
01*	14:42:00.3	+35:24:28.6	14.429	0.005	13.831	0.005	13.472	0.003	13.130	0.003	13.133	0.004
02	14:42:50.9	+35:21:35.6	14.832	0.007	14.118	0.007	13.714	0.005	13.338	0.004	13.343	0.007
03	14:42:44.5	+35:29:27.5	16.634	0.032	15.312	0.013	14.619	0.010	13.966	0.007	13.955	0.011
04 var	14:42:00.5	+35:28:09.5	16.228	0.095	15.571	0.093	15.185	0.084	14.812	0.080	14.844	0.084
05	14:42:04.0	+35:28:03.4	15.224	0.010	14.619	0.008	14.263	0.006	13.922	0.007	13.930	0.009
05*	14:42:04.0	+35:28:03.4	15.228	0.005	14.621	0.004	14.258	0.003	13.917	0.003	13.923	0.004
06	14:42:15.5	+35:30:13.7	15.724	0.012	15.172	0.012	14.855	0.010	14.557	0.013	14.565	0.011
07	14:42:33.6	+35:28:28.2	16.541	0.024	15.918	0.012	15.543	0.012	15.191	0.014	15.195	0.018
08	14:42:05.7	+35:21:52.9	16.288	0.016	15.387	0.009	14.873	0.008	14.432	0.011	14.434	0.012
Mrk 493	15:59:09.7	+35:01:47.3										
A*	15:59:17.1	+35:03:24.0	15.472	0.014	14.809	0.011	14.418	0.009	14.051	0.011	14.051	0.011
B	15:58:59.1	+35:03:49.0	15.575	0.009	14.940	0.006	14.553	0.007	14.186	0.009	14.183	0.008
B*	15:58:59.1	+35:03:49.0	15.559	0.010	14.945	0.012	14.541	0.009	14.178	0.008	14.175	0.008
C	15:59:12.8	+34:59:12.5	14.749	0.007	14.213	0.006	13.881	0.006	13.573	0.005	13.573	0.008
D	15:59:09.0	+35:03:31.1	16.494	0.016	15.781	0.011	15.363	0.009	14.962	0.010	14.959	0.015
E	15:59:22.2	+35:02:06.9	16.677	0.021	15.610	0.010	15.022	0.007	14.539	0.009	14.540	0.010
F	15:59:22.1	+35:01:25.6	16.341	0.015	15.149	0.011	14.438	0.008	13.845	0.008	13.846	0.009
G	15:59:09.9	+35:02:50.9	19.322	0.244	18.128	0.083	17.338	0.041	16.618	0.047	16.609	0.045
H	15:59:10.1	+35:00:42.9	19.157	0.204	18.396	0.129	18.005	0.077	17.555	0.107	17.304	0.137
01	15:59:07.7	+35:05:52.0	14.194	0.009	13.628	0.005	13.296	0.005	12.992	0.006	12.996	0.007
02	15:59:30.6	+35:03:39.6	14.122	0.008	13.414	0.006	13.002	0.005	12.624	0.005	12.624	0.008
03	15:58:48.8	+34:56:15.1	14.770	0.011	13.743	0.008	13.200	0.007	12.702	0.007	12.696	0.008
04	15:59:25.6	+34:57:56.3	15.780	0.016	14.699	0.010	14.057	0.009	13.518	0.008	13.513	0.009
Mrk 1513	21:32:27.8	+10:08:19.2										
01	21:32:22.3	+10:07:49.6	15.576	0.016	14.737	0.013	14.262	0.008	13.870	0.010	13.873	0.010
03*	21:32:39.6	+10:08:33.6	14.738	0.013	13.839	0.009	13.321	0.007	12.898	0.005	12.902	0.006
05	21:32:25.3	+10:13:00.5	16.038	0.020	15.190	0.014	14.705	0.010	14.276	0.011	14.281	0.011
06	21:32:22.4	+10:11:52.5	15.902	0.017	14.929	0.011	14.378	0.007	13.880	0.008	13.883	0.010
07	21:32:36.6	+10:04:26.2	14.945	0.010	14.058	0.008	13.559	0.005	13.147	0.005	13.146	0.007
08	21:32:43.8	+10:05:33.8	16.158	0.021	15.248	0.014	14.725	0.009	14.269	0.010	14.267	0.011
09 var	21:32:42.5	+10:09:22.4	13.683	0.039	13.077	0.036	12.710	0.035	12.406	0.034	12.415	0.032
10	21:32:07.0	+10:09:57.3	14.106	0.010	13.486	0.006	13.108	0.006	12.784	0.007	12.786	0.007
11	21:32:07.3	+10:04:07.6	15.196	0.012	14.565	0.009	14.191	0.006	13.847	0.009	13.846	0.011
CTA 102	22:32:36.4	+11:43:50.8										
01*	22:32:22.2	+11:42:23.8	14.693	0.008	13.958	0.005	13.532	0.006	13.175	0.004	13.173	0.004
02	22:32:24.0	+11:44:24.0	16.216	0.037	14.881	0.007	14.049	0.008	13.362	0.005	13.364	0.009

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
03	22:32:39.8	+11:43:48.3	18.716	0.184	17.830	0.121	17.295	0.070	16.857	0.080	16.873	0.035
04	22:32:42.9	+11:40:40.3	15.196	0.007	14.168	0.008	13.577	0.005	13.057	0.004	13.053	0.005
05	22:32:50.3	+11:42:41.4	16.624	0.026	15.719	0.009	15.212	0.013	14.794	0.011	14.792	0.029
06	22:32:51.5	+11:41:50.2	16.157	0.013	15.404	0.008	14.924	0.012	14.504	0.009	14.504	0.007
07	22:32:39.8	+11:45:53.2	18.994	0.141	17.877	0.109	17.163	0.043	16.560	0.036	16.554	0.056
08	22:32:32.8	+11:42:44.7	17.045	0.046	16.313	0.015	15.856	0.022	15.500	0.020	15.489	0.021
09	22:32:27.7	+11:42:39.8	17.080	0.044	16.066	0.018	15.487	0.012	14.995	0.011	14.994	0.012

течение 3-7 хороших стабильных ночей, оказывалось, как правило, более десятка. А самих оценок блеска основных звезд – несколько десятков. Карты окрестностей для идентификации звезд, полученные из ALADIN, даны на рис.1-2: север вверху, восток слева. Приведем некоторые комментарии по каждому из рассмотренных полей.

3.1. *Akn 79*. Эта сейфертовская галактика наблюдалась в октябре 2012г. Карта с указанием кандидатов в звезды сравнения дана на рис.1. В течение трех ночей была сделана калибровка звезды №3 относительно основных звезд в пяти галактиках и получены 12 оценок. А затем по всему массиву данных были вычислены звездные величины других выбранных звезд относительно звезды №3. Данные о величинах рассмотренных звезд

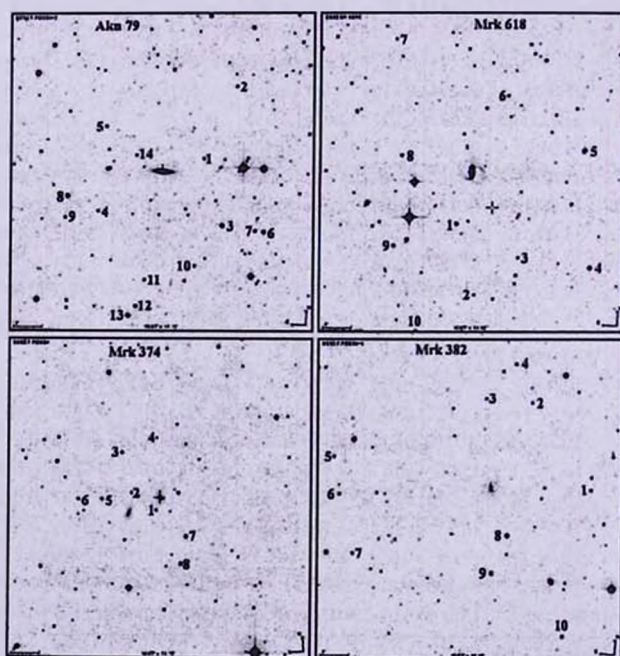


Рис.1. Карты окрестностей галактик Akn 79, Mrk 618, Mrk 374 и Mrk 382.

представлены в табл.2. Для выявления переменных звезд среди выбранных нет достаточно данных. Мы не нашли сведений о калибровке звезд в поле этой галактики по опубликованным данным других исследователей.

3.2. *Mrk 618*. Наблюдения этой NLS1 галактики проводились в течение 18-ти ночей в 2011-2012гг. Карта с отождествлением звезд в поле приведена на рис.1. Проанализировано 68 изображений поля в каждом из пяти фильтров *B*, *V*, *R*, *R1*, *I*. Калибровка звезды №4 сделана в течение 6-ти фотометрических ночей относительно звезд сравнения в других полях, полученных в общие ночи с *Mrk 618*. Всего для оценки средневзвешенного значения звезды №4 и его ошибки использовано 34 измерения.

В работе [6] приводятся *V*, *R*, *I* звездные величины 4-х звезд, две из которых совпадают с нашими звездами. В наших обозначениях это звезды №1 и №8, что соответствует звездам *E* и *C* по Бачеву и др. [6]. Из сравнения величин этих звезд (см. табл.3) следует, что если для звезды №1 оценки, сделанные нами и Бачевым и др., совпадают в пределах указанных ошибок, то для звезды №8 оценки различаются существенно. Согласно [6], звезда №8 много ярче, чем по нашим оценкам. Можно было бы предположить, что эта звезда переменна. Однако все звезды, отмеченные нами, мы проверили на переменность в течение нашего времени наблюдений (с конца декабря 2011г. по конец февраля 2012г.) и переменности не обнаружили. В правильности нашей оценки нас убеждает и вид звезды на картах SDSS, на которых эта звезда существенно слабее звезд 13^m.5 и даже слабее звезды №1, которая имеет блеск $V=14^m.96$.

3.3. *Mrk 374*. Наблюдения галактики *Mrk 374* проводились в течение 40 ночей с конца декабря 2011г. до середины мая 2012г. Всего было получено по 158 изображений в каждом фильтре. Карта с указанием звезд вокруг *Mrk 374* представлена на рис.1. За время наблюдений среди избранных звезд переменных не выявлено. Для звезды №3 в течение 7-ми ночей была сделана калибровка относительно основных звезд в полях 14-ти галактик, наблюдения которых проводились в интервале $\pm(1-2)$ часа от момента наблюдений *Mrk 374*. Коэффициенты экстинкции определялись в каждую их семи ночей по звездам с известными звездными величинами. Для звезды №3 было сделано 43 измерения, из которых было получено средневзвешенное значение и ошибка среднего, приведенные в табл.2. По литературным источникам не удалось найти измерений звезд сравнения другими авторами.

3.4. *Mrk 382*. Карта окрестности с указанием выбранных звезд представлена на рис.1. Наблюдения галактики проводились с конца декабря 2011г. до середины мая 2012г. в течение 20-ти ночей. Из них в течение 6-ти ночей была сделана калибровка звезды №1 относительно основных звезд в окрестностях 14-ти галактик, наблюдаемых в те же ночи, что и *Mrk*

382. В каждую из 6-ти ночей определялись коэффициенты экстинкции, за которые затем корректировались звездные величины основной звезды. В табл.2 приводятся средневзвешенные *BVR* величины по 37-ми измерениям. Среди выбранных нами звезд переменных обнаружено не было. В работе [6] имеются

Таблица 3

СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОК ЗВЕЗД В ЭТОЙ РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРНЫМИ ДАННЫМИ

Объект	Звезда	<i>B</i>	<i>er B</i>	<i>V</i>	<i>er V</i>	<i>R</i>	<i>er R</i>	<i>Ic1</i>	<i>er Ic1</i>	<i>Ic2</i>	<i>er Ic2</i>	Ссылка
Mrk 618	01	15.832	0.018	14.963	0.013	14.480	0.008	14.074	0.010	14.095	0.006	эта работа [6]
	E	—	—	15.05	0.05	14.55	0.04	14.10	0.06	—	—	
Mrk 618	8	16.069	0.025	15.249	0.016	14.778	0.010	14.358	0.010	14.374	0.011	эта работа [6]
	C	—	—	13.52	0.05	13.07	0.04	12.61	0.06	—	—	
Mrk 382	01	15.122	0.005	14.565	0.011	14.251	0.005	13.944	0.003	13.947	0.004	эта работа [6]
	E	—	—	14.62	0.03	14.24	0.03	13.89	0.03	—	—	
Mrk 382	8	14.329	0.007	13.372	0.004	12.829	0.006	12.340	0.006	12.346	0.007	эта работа [6]
	B	—	—	13.41	0.03	12.82	0.03	12.29	0.04	—	—	
Mrk 382	9	14.201	0.009	13.436	0.006	13.024	0.008	12.643	0.007	12.648	0.008	эта работа [6]
	C	—	—	13.48	0.03	13.00	0.03	12.59	0.03	—	—	
Mrk 478	01	14.429	0.005	13.831	0.005	13.472	0.003	13.130	0.003	13.133	0.004	эта работа
	03	—	—	13.495	0.2	—	—	—	—	—	—	[8]
	03	14.66	—	13.97	—	—	—	—	—	—	—	[7]
Mrk 478	05	15.224	0.010	14.619	0.008	14.263	0.006	13.922	0.007	13.930	0.009	эта работа
	02	—	—	14.255	0.2	—	—	—	—	—	—	[8]
	02	15.43	—	14.72	—	—	—	—	—	—	—	[7]
Mrk 478	06	15.724	0.012	15.172	0.012	14.855	0.010	14.557	0.013	14.565	0.011	эта работа [7]
	07	15.94	—	15.29	—	—	—	—	—	—	—	
Mrk 1513	01	15.576	0.016	14.737	0.013	14.262	0.008	13.870	0.010	13.873	0.010	эта работа
	09	15.708	0.061	14.741	0.005	14.266	0.004	13.864	0.002	—	—	[9]
	A	15.61	—	14.74	—	—	—	—	—	—	—	[10]
	E	15.64	0.01	14.84	0.01	—	—	—	—	—	—	[11]
	2	15.68	—	14.85	—	—	—	—	—	—	—	[7]
Mrk 1513	03	14.738	0.013	13.839	0.009	13.321	0.007	12.898	0.005	12.902	0.006	эта работа
	I3	14.831	0.013	13.848	0.002	13.328	0.003	12.928	0.003	—	—	[9]
	C	14.80	—	13.89	—	—	—	—	—	—	—	[10]
	D	14.01	0.01	13.88	0.01	—	—	—	—	—	—	[11]
Mrk 1513	09	13.683	0.039	13.077	0.035	12.710	0.035	12.406	0.034	12.415	0.032	var.эта работа
	15	13.758	0.014	13.079	0.007	12.722	0.005	12.443	0.006	—	—	[9]
	D	13.68	—	13.08	—	—	—	—	—	—	—	[10]
	C	13.73	0.01	13.12	0.01	—	—	—	—	—	—	[11]
СТА 102	01	14.693	0.008	13.958	0.005	13.532	0.006	13.175	0.004	13.173	0.004	эта работа [12]
	01	14.77	0.04	13.98	0.03	13.56	0.04	—	—	—	—	
СТА 102	02	16.216	0.037	14.881	0.007	14.049	0.008	13.362	0.005	13.364	0.009	эта работа [12]
	02	16.17	0.04	14.88	0.03	14.07	0.07	—	—	—	—	
СТА 102	08	17.045	0.046	16.313	0.015	15.856	0.022	15.500	0.020	15.489	0.021	эта работа [13]
	03	—	—	—	—	15.91	0.02	—	—	—	—	

оценки VRI звездных величин для четырех звезд в поле Mrk 382, три из которых были измерены нами. Сравнение наших данных и Бачева с соавторами [6] даны в табл.3. В пределах указанных ошибок согласие оценок хорошее.

3.5. *Mrk 478*. Карта окрестности с указанием выбранных звезд кандидатов в стандарты представлена на рис.2. Наблюдения галактики проводились с января по июль 2012г. в течение 32-х ночей. Из них в течение 5-ти ночей была сделана калибровка звезд №1 и №5 относительно основных звезд в 14-ти галактиках. В табл.2 приводятся средневзвешенные величины по 29-ти измерениям. Среди выбранных нами звезд обнаружена одна переменная звезда (№4), подробности о которой будут приведены ниже.

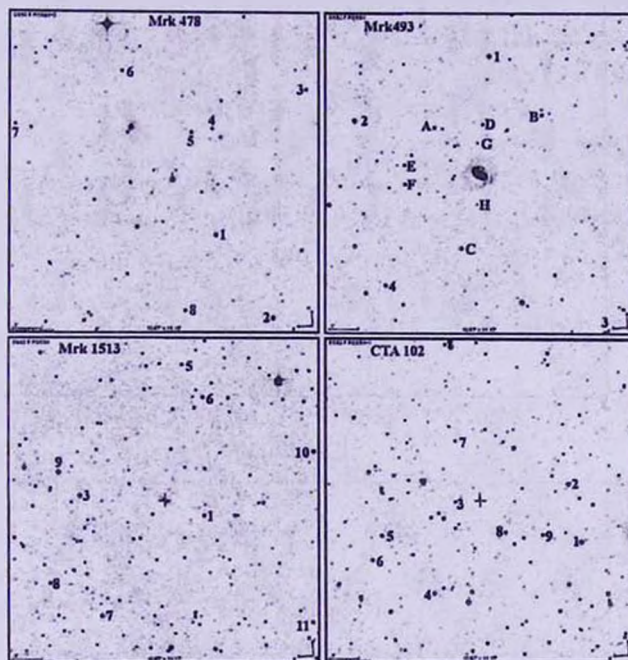


Рис.2. Карты окрестностей галактик Mrk 478, Mrk 493, Mrk 1513 и CTA 102.

В работе [7] имеются оценки звездных величин для семи звезд в поле Mrk 478, три из которых были измерены нами. Это звезды №1, 5, 6 в наших обозначениях, которые соответствуют звездам №3, 2 и 7 в обозначениях [7]. Однако в работе [7] использовалась нестандартная фотометрическая система. Правда, Вебб и Малкан [7], дают поправку для перевода их величин b_{WZ} в стандартные BV величины. Тем не менее, даже с учетом предлагаемых поправок различие составляет $0^m.2$ в полосе B и $0^m.10-0^m.15$ в полосе V . Еще большее различие можно отметить между нашими V величинами для звезд №1 и 5 и данными, приведенными в [8]. Последние ярче наших звездных величин на $0^m.35$ при ошибке $0^m.2$, приводимой в [8], но они еще больше

отличаются от V величин в [7]: $dm \sim 0.47$. Сравнение наших данных с литературными можно видеть в табл.3. Если расхождение с данными [7] можно объяснить нестандартностью их фотометрической системы, то отличие наших оценок от таковых из работы [8], возможно, связано с большой неопределенностью в оценках блеска звезд, приводимой в [8].

Среди выбранных нами звезд обнаружена одна переменная звезда (№4). Анализ кривой блеска показал, что звезда меняет свой блеск периодически с периодом $P=0.1705$ суток. Кривая блеска этой переменной звезды и ее

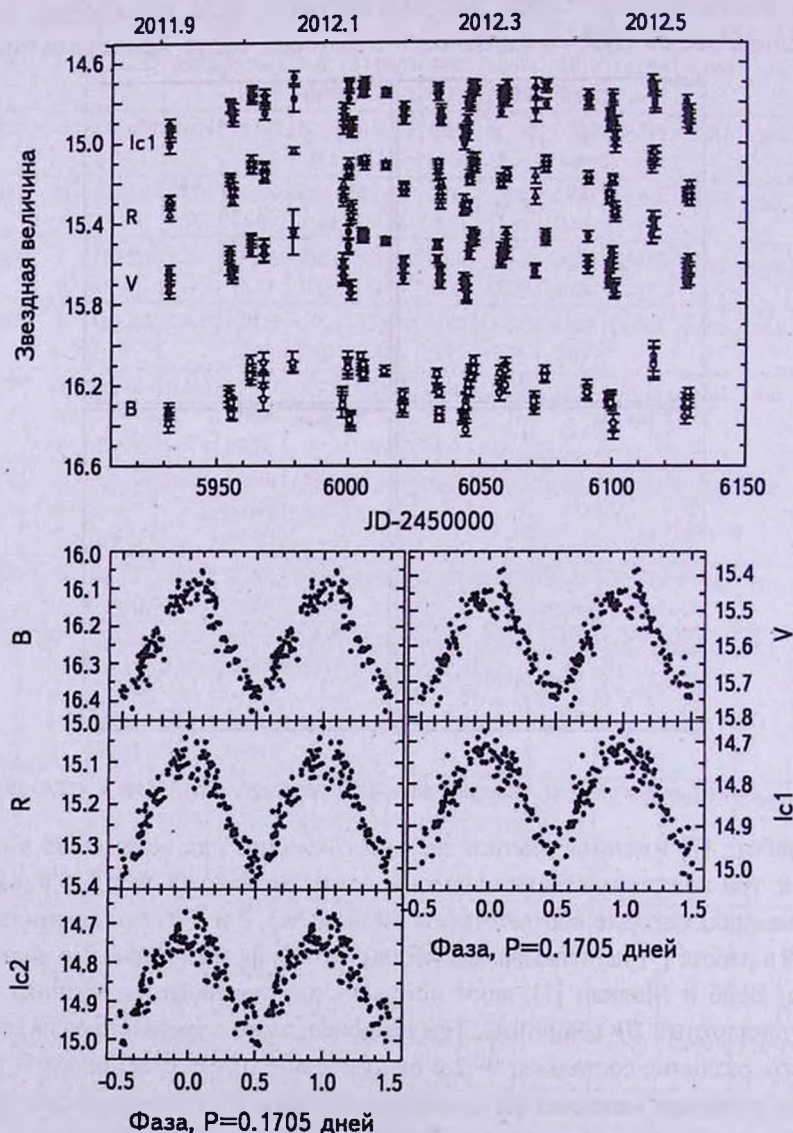


Рис.3. Изменения блеска звезды № 4 в поле галактики Mrk 478 и ее фазовые кривые блеска в полосах B , V , R , $Ic1$, $Ic2$.

фазовые кривые показаны на рис.3. Фазовые кривые блеска оказываются почти синусоидальными во всех фильтрах. Амплитуда переменности $A_{tr} B=0^m.126$, $A_{tr} V=0^m.125$, $A_{tr} R=0^m.111$, $A_{tr} Ic1=0^m.100$, $A_{tr} Ic2=0^m.105$. Судя по показателям цвета, $\langle B-V \rangle = 0^m.65$, $\langle V-R \rangle = 0^m.38$ и $\langle V-I \rangle = 0^m.75$, звезда относится к спектральному классу F5-G5, если она принадлежит к звездам Главной последовательности и если нет поглощения. При наличии поглощения она может быть и более раннего спектрального класса. Имея только *BVRI* фотометрию при отсутствии спектра звезды, трудно сказать что-либо определенное о типе переменности. Возможно, она относится к звездам типа δ Scuti, но, скорее всего, она принадлежит к звездам типа W UMa, если принять во внимание период и амплитуду переменности.

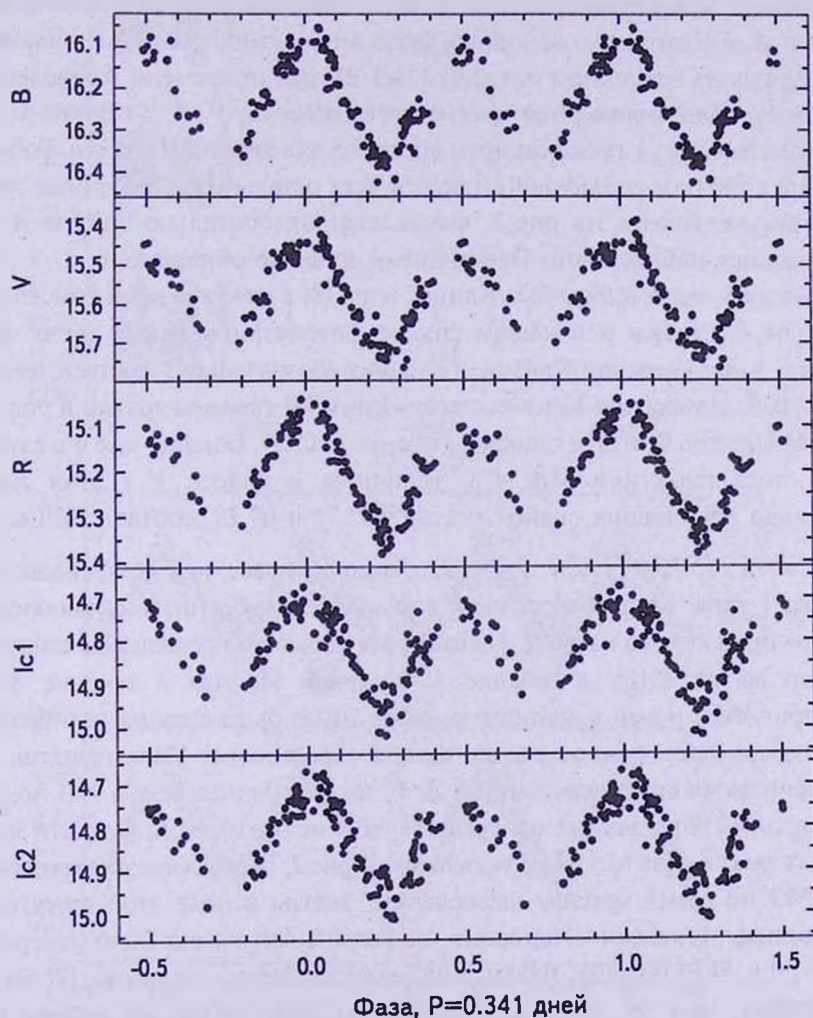


Рис.4. Фазовые кривые блеска звезды №4 в поле галактики Mrk 478 с периодом $P = 0.341$ суток.

Хотя фазовые кривые, построенные с двойным периодом (рис.4), не дают достаточно информации о том, различаются ли глубины минимумов, однако, 1-й и 2-й максимумы заметно различаются. Следовательно, если это тесная двойная система, то при вращении звезд вокруг общего центра тяжести с орбитальным периодом $P=0.341$ суток, звезды поворачиваются к наблюдателю разной стороной. И если стороны звезд разные, из-за наличия пятен на поверхности одной из звезд или по каким-либо другим причинам, то максимумы должны быть различны, что и наблюдается.

3.6. *Mrk 493*. Карта окрестности с указанием выбранных звезд кандидатов в стандарты представлена на рис.2. Наблюдения галактики проводились с января 2009г. по сентябрь 2010г. в течение 61-й ночи. Из них в течение 5-ти фотометрических ночей в 2009г. была сделана калибровка звезд *A* и *B* относительно основных звезд в окрестностях 18-ти галактик, наблюдаемых на временном интервале $\pm(1-2)$ часа от времени наблюдений *Mrk 493*. В табл.2 приводятся средневзвешенные *B*, *V*, *R*, *I* величины по 27-ми измерениям, а также ошибки среднего для звезд *A* и *B*. Эти данные отмечены в таблице звездочкой. Яркости всех остальных звезд в поле этой галактики, указанных на рис.2, вычислены относительно звезды *A* по всему массиву наблюдений. Переменных звезд не обнаружено.

Из четырех звезд, выбранных Климак и др. [8] в качестве звезд сравнения, две звезды оказались и в нашем списке фотометрированных звезд. Это звезды 2 и 5 по нумерации Климак, а в наших обозначениях - соответственно звезды 2 и *C*. Измерения Климак с соавторами [8] сделаны только в полосе *V* и указаны очень большие ошибки в оценке ($\pm 0^m.2$). Однако, как и в случае звезд в поле галактики *Mrk 478*, величины в полосе *V* у этих звезд значительно ярче наших оценок (на $dV=0^m.31$ и $0^m.28$, соответственно).

3.7. *Mrk 1513=II Zw 136*. Это хорошо известная сейфертовская галактика 1 типа. Карта окрестности с указанием выбранных кандидатов в стандарты представлена на рис.2. Наблюдения галактики проводились с августа 2010г. по август 2012г. в течение 82-х ночей. Из них в течение 5-ти фотометрических ночей в сентябре-октябре 2010г. была сделана калибровка звезды №3 относительно основных звезд в окрестностях 12-ти галактик. В табл.2 приводятся средневзвешенные *B*, *V*, *R*, *I* величины звезды №3 по 36-ти измерениям. Эти данные отмечены в таблице звездочкой. Яркости всех остальных звезд в поле *Mrk 1513*, указанных на рис.2, определены относительно звезды №3 по всему массиву наблюдений. Звезды в поле этой галактики исследовались несколькими авторами, но больше всего звезд было измерено в работе [9] в *BVR* полосах. В большинстве своем звезды из работы [9] были более слабые, чем те, которые выбрали мы. Три звезды из работы [9] оказались общими с нашими звездами. Кроме того, для некоторых звезд,

общих с нашими, имеются оценки в работах [10,11,7]. Сравнение наших оценок с литературными данными дано в табл.3. Это сравнение показало, что VRI звездные величины, полученные нами для звезд №1, 3, 9, хорошо совпадают с оценками из [9,10]. Звездные величины в полосе B согласуются с данными [10]. Однако удивляет большое различие для звезды №3 между

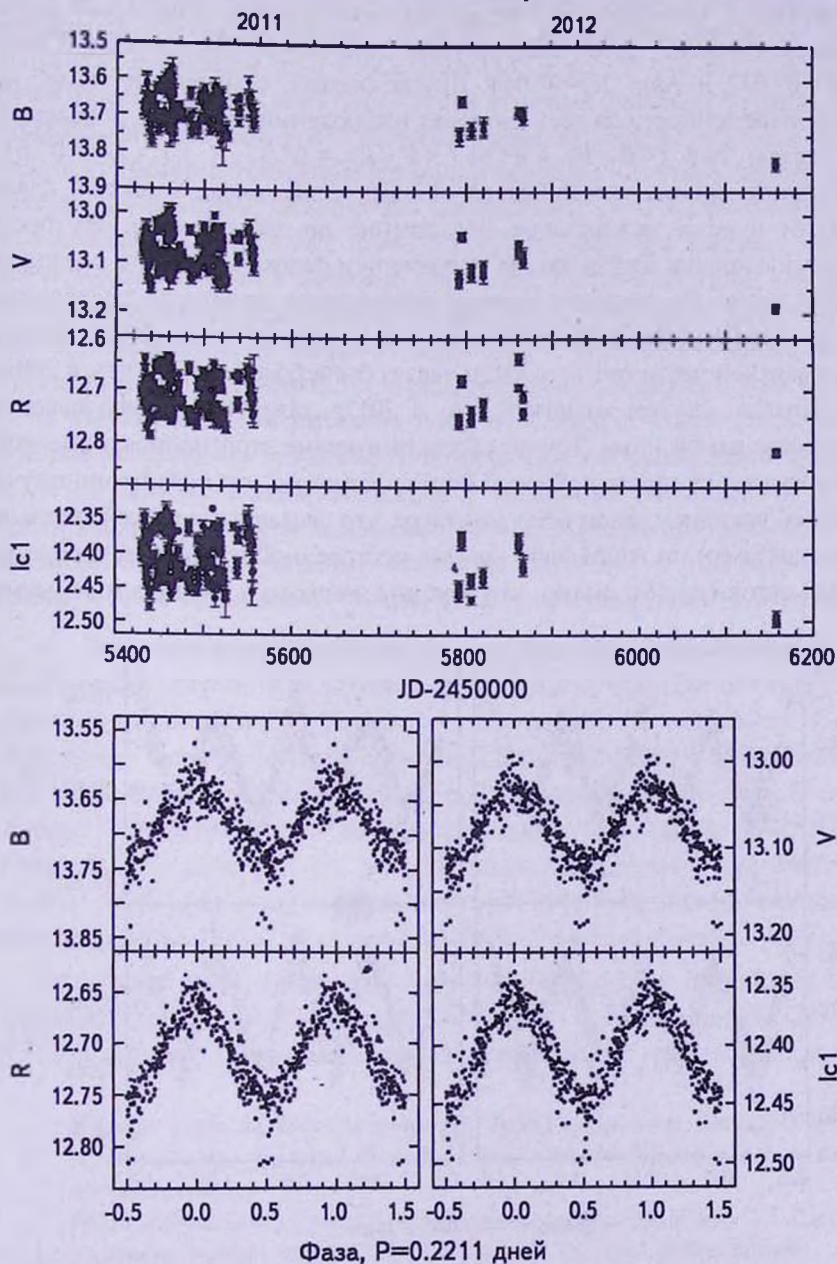


Рис.5. Кривые блеска звезды №9 в поле галактики Mrk 1513 (=II Zw 136) и ее фазовые кривые с периодом $P = 0.2211$ суток.

оценкой Миллера [11] в фильтре B и оценкой, сделанной не только нами, но и Гонзалесом-Пересом и др., а также Пенстоном и др. [10,9]. Возможно, в статье [11] в этом месте опечатка.

Среди выделенных нами звезд была обнаружена переменная звезда (№9), которая хотя и была измерена в работах [10,11,9], но не была заподозрена в переменности. Оказалось, что звезда №9 периодически меняет свой блеск с периодом $P=0.2211$ суток с амплитудой $\Delta m_B=0^m.054$, $\Delta m_V=0^m.048$, $\Delta m_R=0^m.047$ и $\Delta m_{Ic}=0^m.044$. Другие звезды, отмеченные нами, не показали переменности за весь интервал наблюдений. Средние показатели цвета звезды №9 ($\langle B-V \rangle = 0^m.61$, $\langle V-R \rangle = 0^m.37$ и $\langle V-I \rangle = 0^m.67$) соответствуют спектральному классу F2-G0, если звезда имеет V класс светимости и если межзвездное поглощение до звезды мало. На рис.5 представлены кривые блеска звезды от времени и фазовые кривые с периодом $P=0.2211$ суток. На световых кривых наблюдается некоторое ослабление блеска со временем. Эта тенденция особенно заметна в полосе B . Как можно видеть в верхней части рис.5, в 2012г. звезда была более слабая, чем в 2009-2010гг. Правда, следует отметить, что в 2012г. галактика наблюдалась в течение всего одной ночи. Точки, соответствующие этой ночи, на фазовой кривой попадают на минимум блеска. Вполне возможно, что глубина минимума меняется со временем. Если предположить, что звезда относится к тесным двойным системам, то на фазовой кривой, построенной с двойным периодом $P=0.4422$ суток (рис.6), видно, что глубины первого и второго минимума

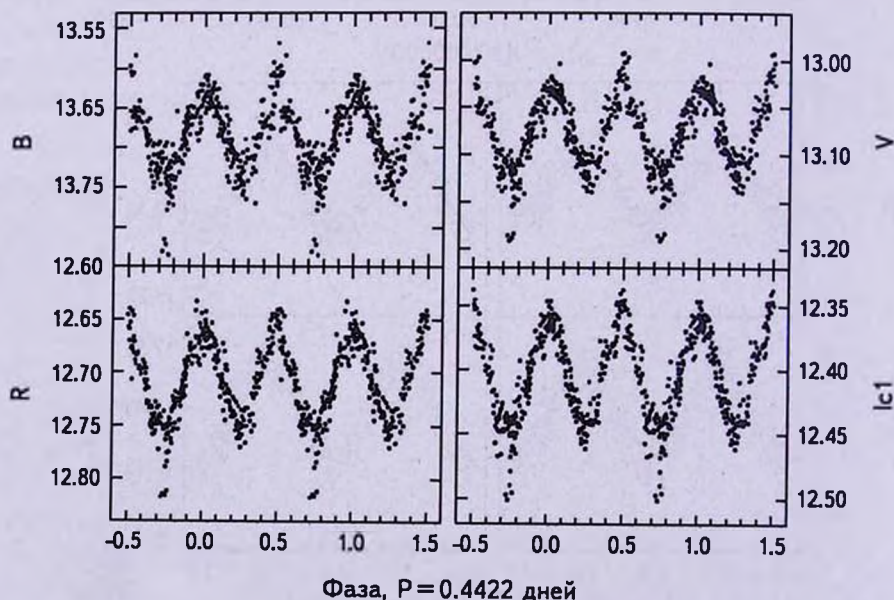


Рис.6. Фазовые кривые блеска звезды №9 в поле галактики Mrk 1513 (=II Zw 136) с периодом $P=0.4422$ суток.

разные, а максимумы одинаковые, что может указывать на принадлежность этой звезды к классу тесных двойных звезд типа W UMa. Чтобы исследовать стационарность орбиты или выяснить, систематически ли меняется во времени глубина одного из минимумов, нужны дальнейшие наблюдения.

3.8. *СТА 102.* Этот объект имеет довольно низкую преимущественную яркость на уровне примерно $16^m.0$ - $16^m.5$, но иногда случаются мощные вспышки, достигающие до $14^m.5$ в 2004г.[13] и до $13^m.5$ в 2012г. в полосе *R* (www.astro.spbu.ru/staff/vlar/). В СТА 102 отмечена довольно большая степень поляризации излучения в оптической области, объект является сильным радиоисточником. Наблюдался с конца сентября по конец ноября 2012г. в течение 12-ти ночей. Обычно для наблюдений СТА 102 рекомендованы к использованию звезды №1 и №2 из работы [12], для которых ими были вычислены только *BVR* звездные величины. Выбранные нами кандидаты в звезды сравнения представлены на рис.2. Для 9-ти звезд в поле СТА 102 мы определили *BVR* звездные величины относительно звезды №1. Но предварительно, в течение 3-х хороших фотометрических ночей звезда №1 была калибрована относительно основных звезд в полях 10-ти галактик, которые наблюдались за 1-2 часа до и после того, как проводились наблюдения СТА 102. Оценки блеска кандидатов в звезды сравнения даны в табл.2. За время наблюдений среди выбранных звезд не было обнаружено переменных. Вычисленные нами звездные величины звезд №1 и №2 очень хорошо согласуются с данными из работы [12], о чем свидетельствует табл.3.

4. *Заключение.* Исследованы звездные поля вокруг 8-ми галактик с активными ядрами, 4 из которых относятся к сейфертовским галактикам с узкими линиями (тип NLS1), две - к сейфертовским галактикам 1-го типа (Sy1), одна - к сейфертовским галактикам 2-го типа (Sy 2) и один объект (СТА 102) классифицируется как квазар. С довольно хорошей точностью (с ошибкой не хуже $0^m.008$ для звезд 15^m величины в полосе *I*) измерены *BVR* величины 79-ти звезд в окрестностях этих галактик. Обнаружены две переменные звезды, возможно, относящиеся к типу W UMa. Результаты работы могут быть использованы для дифференциальной фотометрии активных ядер галактик.

Эта работа была поддержана грантом 12-02-01237-а Российского Фонда Фундаментальных исследований (РФФИ). В.Т.Дорошенко благодарна В.П.Горанскому за полезные советы, касающиеся переменных звезд.

¹ Южная станция Московского им. М.В.Ломоносова Государственного Университета, Москва, Россия, e-mail: vdorosh@sai.crimea.ua или dorvalen@mail.ru

² НИИ Крымская астрофизическая обсерватория КНУ им. Т.Г.Шевченко, Украина, e-mail: sergeev@crao.crimea.ua borman.ga@gmail.com nadya@mao.kiev.ua astrotourist@gmail.com des488201074@yandex.ru

³ National Astronomical Research Institute of Thailand, Thailand

BVRI CCD-PHOTOMETRY OF COMPARISON STARS IN THE FIELDS OF ACTIVE GALAXIES. V

V.T.DOROSHENKO¹, S.G.SERGEEV², Yu.S.EFIMOV², G.A.BORMAN²,
D.N.OKHMAT², N.G.PULATOVA^{2,3}, S.V.NAZAROV²

Results of the CCD *BVRI* observations of 79 comparison stars in the fields of seven Seyfert galaxies (Akn 79, Mrk 374, Mrk 382, Mrk 478, Mrk 493, Mrk 618 and Mrk 1513) and one quasar (CTA 102) are presented. The stellar magnitudes of the observed stars cover the range from 12^m.9 to 18^m.4. The typical photometric uncertainty of 15^m stars is 0^m.008, 0^m.011, 0^m.009 and 0^m.015 in the *BVRI* bands, respectively. The *BVRI* magnitudes of the majority of selected stars have not been known before. A variable star with the period $P=0.1705$ days was detected in the field of Mrk 478, and a star which changed its brightness with the period $P=0.2211$ days was found in the field of Mrk 1513. It is possible, that these stars belong to the contact binaries W UMA-type stars with the orbital periods $P=0.341$ and $P=0.4422$ days, respectively. The finding charts are presented as well. These results can be used for the differential photometry of AGNs.

Key words: *Extragalactic astronomy: AGN: comparison stars: photometry*

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Н.И.Меркулова и др., *Астрофизика*, 48, 191, 2005.
2. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Н.И.Меркулова и др., *Астрофизика*, 48, 365, 2005.
3. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Ю.С.Ефимов и др., *Астрофизика*, 50, 57, 2007.
4. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Ю.С.Ефимов, С.А.Климанов, С.В.Назаров, *Астрофизика*, 51, 41, 2008.
5. M.-P.Véron-Cetty, P.Véron, A.C.Gonçalves, *Astron. Astrophys.*, 372, 730, 2001.
6. R.Bachev, A.Strigachev, V.Dimitrov, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 147, 175, 2000.
7. W.Webb, M.Malkan, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 130, 165, 2000.
8. E.S.Klimek, CM.Gaskell, C.H.Hedrick, *Astrophys. J.*, 609, 69, 2004.
9. J.N.González-Pérez, M.R.Kidger, F.Martín-Luis, *Astron. J.*, 122, 2055, 2001.
10. M.J.Pension, M.V.Pension, A.Sandage, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 83, 783, 1971.
11. H.R.Miller, *Astron. J.*, 86, 87, 1981.
12. CM.Raiieri, M.Villata, L.Lanteri, M.Cavallone, G.Sobrito, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 130, 495, 1998.
13. A.Osterman Meyer, H.R.Miller, K.Marshall et al., *Astron. J.*, 138, 1902, 2009.