

УДК: 524.827

ОБЪЕКТЫ С КОНТИНУАЛЬНЫМ СПЕКТРОМ ВТОРОГО БЮРАКАНСКОГО ОБЗОРА НЕБА

С.К.БАЛАЯН¹, О.В.ВЕРХОДАНОВ²

Поступила 10 марта 2004

Принята к печати 7 июля 2004

Приводятся результаты исследований объектов с непрерывным спектром, отобранных в ходе Второго Бюраканского спектрального обзора неба. Проведена кросс-корреляция с каталогами инфракрасных, радио- и рентгеновских источников. Для наиболее ярких объектов на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории получены спектры.

1. *Введение.* Основной задачей Второго Бюраканского обзора неба (SBS) [1] является отбор и составление выборок внегалактических объектов с целью их всестороннего исследования. Среди них квазары, галактики Маркаряна (галактики с UV-избытком), галактики с эмиссионными линиями [2-5].

Наряду с внегалактическими объектами, по низкодисперсионным спектрам обзора, как впоследствии было выявлено после щелевой спектроскопии, отбирались и звезды, в основном, белые карлики и горячие субкарлики. Результаты классификации более шестисот звезд, проведенной по щелевым спектрам, приведены в работах [6,7]. В их число входит 20 объектов, для которых в полученных спектрах не было спектральных линий и природа объекта осталась не выяснена. Согласно принятой в SBS классификационной схеме по щелевым спектрам, эти объекты классифицированы "Continual".

В эту выборку могут попадать совершенно различные объекты: как галактические, например, белые карлики (WD) DC класса или WD с большими магнитными полями, со слабыми или мало контрастными линиями, так и внегалактические BL Lac или QSO, в случае, если их эмиссионные линии оказались вне наблюдаемого спектрального диапазона.

Для выяснения природы SBS-объектов с непрерывным спектром, наиболее яркие из них наблюдались с лучшим отношением сигнал-шум, по сравнению с ранее полученными для них оптическими спектрами. Кроме того, для всех объектов была проведена кросс-идентификация с источниками известных рентгеновских, инфракрасных и радиообзоров.

2. *Объекты с непрерывным спектром SBS-обзора.* В большинстве обзорных работ "звездообразный" объект классифицируется как

DC WD, если в наблюдаемом спектральном диапазоне нет линий на уровне 5-10% от непрерывного спектра [8]. Список звезд SBS-обзора включает пять DC карликов, которые были обнаружены и классифицированы ранее в других работах, и уже вошли в каталог WD [9]. Остальные двадцать объектов обзора с континуальным спектром ранее не были известны. Согласно принятой в SBS классификационной схеме, эти объекты классифицированы "Continual". Такое решение, главным образом, обусловлено тем, что для классификации WD - DC, кроме спектральных признаков, поскольку они являются галактическими объектами, необходимо наличие собственного движения, в противном случае их классификация как "Continual" более оправдана. Надо отметить, что не все DC WD, вошедшие в каталог [9], являются таковыми. Как следует из работы [10]: по крайней мере, три классифицированных ранее DC WD из PG-обзора [11], после более детальных исследований, оказались объектами типа BL Lac. Кроме того, нередки случаи, когда звезда, ранее классифицированная как DC WD, после повторных спектральных наблюдений с лучшим отношением сигнал-шум оказывалась WD другого типа.

Таблица 1

СПИСОК ОБЪЕКТОВ С КОНТИНУАЛЬНЫМ СПЕКТРОМ

SBS название	α_{2000}	δ_{2000}	m_{SBS}
0811+582	08 15 13.99	+58 03 31.65	18.0
0936+522	09 39 36.58	+52 01 47.01	18.0
0939+535	09 43 11.35	+53 19 15.06	19.5
0940+566	09 44 00.68	+56 25 42.48	19.0
0941+565	09 45 11.15	+56 20 05.22	18.5
0955+524	09 58 46.16	+52 14 55.68	18.0
1012+529	10 15 26.12	+52 42 16.77	16:0
1013+565	10 16 37.14	+56 15 18.62	18.0
1056+517	10 59 16.44	+51 24 41.18	15.5
1057+556	11 00 30.54	+55 22 37.56	17.5
1102+595	11 06 01.39	+59 17 33.83	17.5
1107+602	11 10 10.97	+60 01 40.84	18.0
1149+598	11 51 42.36	+59 34 32.29	18.5
1215+552	12 18. 15.77	+54 58 05.11	19.5
1227+553	12 29 37.00	+55 06 15.21	16.5
1257+576	12 59 44.29	+57 23 43.52	16.5
1312+537	13 14 16.66	+53 27 58.45	16.5
1316+503	13 18 26.37	+50 03 50.72	17.0
1441+562	14 42 18.46	+56 02 28.32	17.5
1507+577	15 08 29.58	+57 32 30.09	18.0

Для выяснения природы SBS-объектов с континуальным спектром в мае 2003г. на 2.6-м телескопе для наиболее ярких из них проведены спектральные наблюдения. Кроме того, проведена кросс-идентификация

с источниками известных рентгеновских, инфракрасных и радиообзоров по астрономической базе данных CATS [12], а по оцифрованным изображениям Паломарского обзора неба DSS-1 и DSS-2 проверено, имеют ли эти объекты собственные движения (для данной подвыборки это означает, являются ли эти объекты галактическими).

В табл.1 приводится список объектов с континуальным спектром SBS-обзора. В столбцах таблицы даны соответственно: SBS название объекта; координаты для эпохи 2000г.; звездная величина m_{SBS} , согласно визуальным оценкам, принятым в обзоре.

3. Радио и рентгеновские отождествления объектов. Отождествление объектов было проведено с использованием базы данных CATS [12], созданной и поддерживаемой в CAO РАН.

Результатом поиска с окном отождествления радиусом в 60 секунд дуги явились три совпадения с радиоисточниками - для объектов SBS 0941+565, SBS 1013+565 и SBS 1316+503 и одно с рентгеновским источником - для SBS 1056+517.

Радиоданные для трех отождествленных объектов собраны в табл.2. В столбцах таблицы приводятся: SBS название объекта; название радиообзора и соответствующая ссылка на него; радиокоординаты на эпоху 2000 года и их внутренние ошибки измерения; частота радиообзора в МГц; поток в Ян и ошибки его измерения. В предпоследнем столбце таблицы приводятся отношения правдоподобия (LR) отождествления.

Для двух объектов, SBS 0941+565 и SBS 1013+565, рассчитаны спектральные индексы, значения которых равны соответственно -1.00

Таблица 2

ДАННЫЕ РАДИООТОЖДЕСТВЛЕНИЙ

Название	α_{2000}	$\Delta\alpha$	δ_{2000}	$\Delta\delta$	ν	F	ΔF	LR	Лит.
SBS 0941+565									
6CIII	09 45 12.980	-	+56 20 08.63	-	151	0.160	-	7.3	[13]
NVSS	09 45 14.230	0.076	+56 20 21.88	0.61	1400	0.0172	.0006	0.1	[14]
WENSS	09 45 14.637	-	+56 20 20.66	-	325	0.082	.0037	0.1	[18]
SBS 1013+565									
6CIII	10 16 40.070	-	+56 14 47.33	-	151	1.280	-	4.2	[13]
MIYUN	10 16 40.3	1.3	+56 14 31.6	12.6	232	0.5	.05	0.1	[15]
TXS	10 16 40.516	0.123	+56 14 44.95	0.5	365	0.548	.042	-	[16]
NVSS	10 16 40.323	0.038	+56 14 45.14	0.32	1400	0.1188	.0037	-	[14]
GB6	10 16 38.500	2.4	+56 14 31.00	21.0	4850	0.019	.004	3.4	[17]
WENSS	10 16 40.156	-	+56 14 43.42	-	325	0.626	.0036	-	[18]
SBS 1316+503									
NVSS	13 18 26.600	0.733	+50 03 22.59	5.08	1400	.0036	.0004	0.8	[14]

и -1.08. Эти величины показывают, что радиисточники имеют крутые спектры, свойственные внегалактическим объектам. В этом случае их красные смещения должны быть расположены в интервале 0.2 - 0.4, чтобы эмиссионные линии оказались вне наблюдаемого спектрального диапазона.

Третий объект, SBS 1316+503, отождествленный в радиообзоре, имеет плотность потока, близкую к пороговой. Отсутствие данных в низкочастотных каталогах говорит о том, что это источник не с крутым спектром. Если объект и является AGN, то радиоспокойным.

Для всех радиисточников, попадающих в указанный бокс поиска, рассчитана LR по формуле, приведенной в работе [19]. При расчете отношения правдоподобия использованы ошибки определения оптических координат, равные 0".2, и значение плотности распределения для BSO (голубых звездообразных объектов) [20]. Для радиокаталога 6CIII использованы максимальные ошибки определения радиокоординат, 2".3 по прямому восхождению и 40" по склонению, согласно [13].

Для SBS1056+517 в боксе с радиусом в 60 секунд дуги имеются два рентгеновских источника, один из них, а именно RXJ105916+5124.7, совпадает с оптическим. Отношение правдоподобия отождествления при средней плотности распределения оптических объектов [20] составляет $LR = 7.4$, что подтверждает надежность отождествления.

4. *Оптические наблюдения.* Для одиннадцати из наиболее ярких континуальных объектов SBS в мае 2003г. были получены спектры на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории. Спектры были получены со спектральной камерой SCORPIO на ПЗС Loral 2068 x 2058, с размером элемента 15 мкм² при помощи гризмы 600 штрих/мм, пик пропускания которой приходится на 5000 Å, в результате был зарегистрирован диапазон

Таблица 3

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

SBS-названия	Дата набл.	Суммарная экс.	Тип объекта
0811+582	2003-05-03	4800	F
0936+522	2003-05-04	7200	DAH:
1012+529	2003-05-03	4800	DB
1056+517	2003-05-02	1200	DA
	2003-05-05	5400	
1057+556	2003-05-03	4800	DB
1227+553	2003-05-02	1200	QSO
1257+576	2003-05-04	4800	DOB
1312+537	2003-05-05	6600	Cont
1316+503	2003-05-05	4800	BL Lac:
1441+562	2003-05-03	4800	DAH:
1507+577	2003-05-11	3000	F

длин волн 3900-7400 Å (с учетом чувствительности CCD, 4100-7400 Å) с дисперсией 1.7 Å/пиксель и пространственным разрешением 0.42"/элемент. Щель спектральной камеры соответствовала 2" и была ориентирована в направлении восток-запад.

Спектры обрабатывались с помощью пакета программ MIDAS, включающего стандартные процедуры редукции астрономических данных. Для калибровки спектров в течение ночи наблюдалась стандартная звезда GRW705824 [21].

Журнал наблюдений объектов, спектры которых получены на SCORPIO, приводится в табл.3, а на рис.1 для нескольких из них представлены спектры.

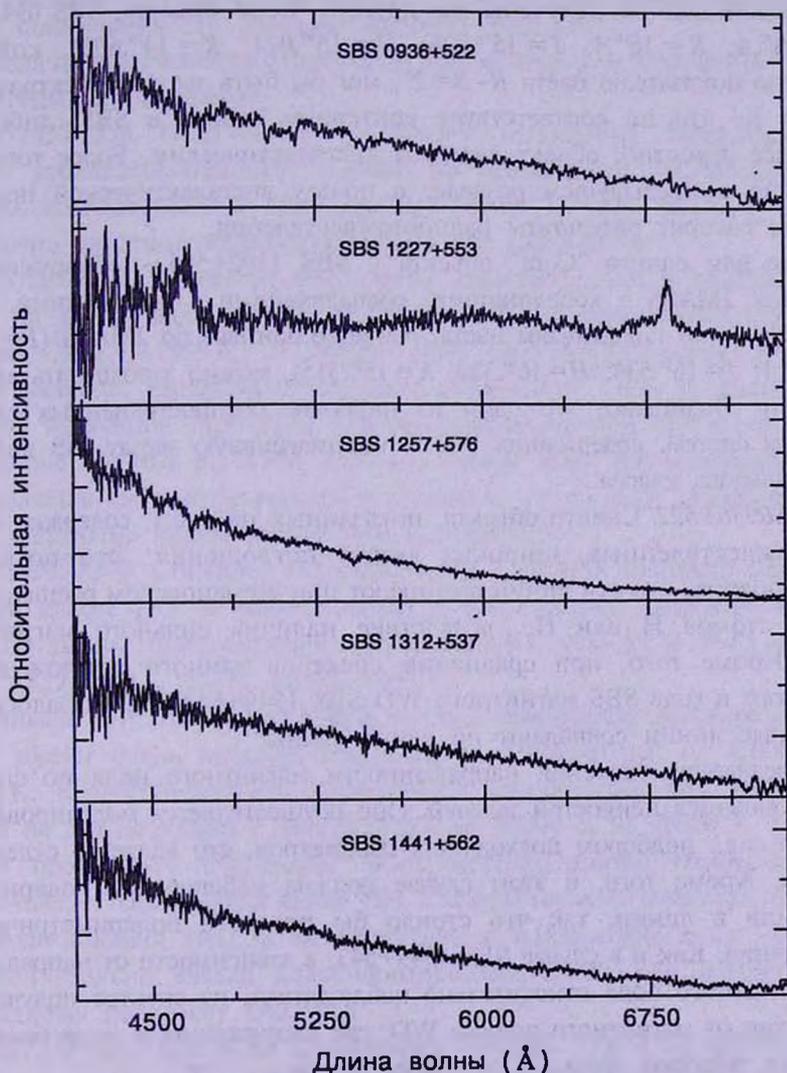


Рис.1. Спектры объектов, полученные на 2.6-м телескопе.

Ниже, наряду с описанием полученных спектров, приводится некоторая информация о наблюдаемых объектах.

SBS 0811+582. Хотя полученный спектр не имеет удовлетворительного отношения сигнал-шум, тем не менее, в нем отождествлены узкие линии: $H\beta$, FeII, NaD, $H\alpha$ и полоса MgB. Согласно этим данным объект классифицирован как звезда спектрального класса F (как первоначально было принято в обзоре). Спектральный класс объекта подтверждается по данным APM (Automatic Plate Measuring; <http://www.ast.cam.ac.uk/~mike/apmcat/>) и 2MASS, а именно, по звездной величине объекта в B , R , J , H , K фильтрах (соответственно $17^m.4$, $16^m.8$, $16^m.136$, $15^m.998$, $16^m.101$), что характерно для звезды позднего спектрального класса.

Схожие данные получены для другого "Cont" объекта, SBS 0941+565 ($B = 18^m.4$; $R = 16^m.4$; $J = 15^m.926$; $H = 15^m.071$; $K = 14^m.603$), который, согласно показателю цвета $R - B = 2^m$, мог бы быть звездой спектрального класса K, что не соответствует критериям отбора в SBS, либо, что наиболее вероятно, объект является внегалактическим. Более того, как отмечено в предыдущем разделе, в пользу внегалактической природы объекта говорят результаты радиоотождествления.

Еще для одного "Cont" объекта - SBS 1102+595 - обнаруживается источник 2MASS с координатами, совпадающими с оптическими. Но в этом случае по показателям цвета, согласно данным по 2MASS ($B = 17^m.0$; $R = 17^m.1$; $J = 16^m.534$; $H = 16^m.320$; $K = 15^m.315$), можно заподозрить двойственность. Возможно, это один из наиболее распространенных случаев двойных систем, содержащих WD и маломассивную звезду MS позднего спектрального класса.

SBS0936+522. Спектр объекта, показанный на рис.1, содержит много не отождествленных, широких линий поглощения. Это позволяет предположить, что эти линии возникают при зеэмановском расщеплении линий атомов H или He, вследствие наличия сильного магнитного поля. Кроме того, при сравнении спектров данного объекта и уже открытого в ходе SBS магнитного WD SBS 1349+543 [22] оказалось, что некоторые линии совпадают по длине волны.

Определение значения напряженности магнитного поля по спектру звезды является непростой задачей. Оно осуществляется моделированием спектра, т.е., подбором подходящих параметров, что является отдельной задачей. Кроме того, в этом случае должна наблюдаться поляризация излучения в линии, так что стоило бы провести поляриметрические наблюдения. Как и в случае SBS 1349+543, в зависимости от направления оси магнитного поля относительно наблюдателя, на спектре получают линии как от магнитного полюса WD, где напряженность поля большая, так и от экватора звезды с меньшим полем.

Приведенные выше аргументы позволяют на данном этапе классифицировать объект как DAH, с напряженностью магнитного поля в несколько сот мегагаусс (MG).

SBS1012+529. Хотя ранее полученный спектр имел достаточно хорошее отношение сигнал-шум, для объекта были получены еще два спектра, в которых заметны абсорбционные детали. По отождествленным линиям HeI ($\lambda\lambda$ 4026, 4471 и 4921 Å) можно предположить, что это WD класса DB.

SBS1056+517. Этот объект ранее был отобран в ходе обзора "Поиск слабых голубых звезд" под названием LB01919 [23]. Для него получены четыре спектра и только две 40-минутные экспозиции оказались пригодными для классификации объекта. В спектре наблюдаются широкие линии поглощения H α , что соответствует WD DA.

Звезда отождествляется с рентгеновским источником RXJ105916+5124.7 (см. предыдущий раздел).

SBS1057+556. Полученное по спектру отношение сигнал-шум не вполне удовлетворительное, однако по нескольким абсорбционным деталям, совпадающим с линиями HeI ($\lambda\lambda$ 4471, 4921, 5875 Å), можно достаточно уверенно классифицировать его как DB.

SBS1227+553. В спектре (см. рис.1) заметны широкие эмиссионные линии на длинах волн λ 4680 Å и λ 6840 Å. Их отождествление показало, что это CIII] (λ 1909 Å) и дублет MgII (λ 2798 Å). Согласно этому, объект является квазаром с красным смещением 1.446 и абсолютной звездной величиной $M_b = -27.6$, которая определена при $H = 50$ км/с Мпк $^{-1}$ и величине $B = 16.6$ по АРМ данным. Кроме того, примечательно, что QSO является как инфракрасным источником, по данным 2MASS-обзора, так и достаточно ярким оптическим источником.

SBS1257+576. Согласно классификации, это WD довольно малочисленного класса DO. В спектре объекта наблюдаются широкие абсорбционные линии, принадлежащие HeII ($\lambda\lambda$ 4541, 4686 Å) и HeI ($\lambda\lambda$ 4471, 4713, 4929, 5015, 5876, 6678, 7065 Å).

Согласно [24], атмосферы WD, в которых доминирует ионизированный гелий, имеют очень высокие эффективные температуры, от 45000 К до 100000 К. В зависимости от эффективной температуры, DO WD разделяются на два подкласса с температурой от 45000 К до 70000 К и называются "прохладным подклассом". В их спектрах, помимо сильной линии HeII λ 4686 Å, наблюдаются линии HeI. Спектры горячего подкласса показывают только линии HeII, а их эффективные температуры выше 70000 К.

Окончательно звезда классифицирована DOB, или относится к прохладному подклассу DO WD.

SBS1312+537. Как и по имевшемуся спектру, так и по спектру (см. рис.1), полученному на 2.6-м телескопе, в наблюдаемом диапазоне нет

заметных линий.

Так как объект, с одной стороны, имеет отрицательный показатель цвета $B - V$, а с другой, является 2MASS источником с звездными величинами $J = 16^m.568$, $H = 16^m.044$, $K = 15^m.597$, то и здесь, как в случае SBS1102+595, можно заподозрить его двойственность.

SBS1316+503. К ранее имеющимся спектрам были добавлены еще два, которые не выявили заметных деталей. Учитывая, что оптический источник отождествляется с радиоисточником из каталога NVSS (см раздел 3), то его можно отнести к кандидатам в объекты типа BL Lac.

SBS1441+562. По спектру объекта, как и в случае SBS0936+522, можно предположить наличие большого магнитного поля. Его спектр, как и для аналогично классифицированного SBS0936+522, представлен на рис.1. Скорее всего, он также является водородным магнитным WD.

SBS1507+577. В спектре отождествлены линии поглощения, бальмеровские серии водорода, FeII $\lambda\lambda$ 5275, 5334 Å и NaD, а также полосы поглощения Mgb и G. Согласно этому, объект, как и в случае SBS0811+582, классифицирован как звезда спектрального класса F. Кроме того, звезда числится в [25] под именем G224-52 и имеет достаточно большое собственное движение $\mu = 0''.41$ в год.

5. Заключение. Результатом сравнения 20 объектов с непрерывным спектром SBS-обзора с каталогами радио и рентгеновских источников явились три совпадения с радио и одно с рентгеновскими источниками.

SBS0941+565 и SBS1013+565 являются радиоисточниками. Для них определены спектральные индексы, которые показывают, что радиоисточники имеют крутые спектры, что свойственно внегалактическим объектам. SBS1056+517 отождествляется с рентгеновским источником RXJ105916+5124.7.

Для одиннадцати из наиболее ярких непрерывных объектов на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории получены щелевые спектры с достаточно хорошим отношением сигнал-шум, благодаря чему, удалось определить природу объекта.

По полученным спектрам удалось классифицировать два WD DB и по одному DO и DA класса, из внегалактических объектов QSO и BL Lac. Еще по два объекта оказались звездами спектрального класса F и кандидатами в водородные магнитные WD.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: sbalayan@bao.sci.am

² Специальная астрофизическая обсерватория, Россия, e-mail: vo@sao.ru

OBJECTS WITH CONTINUAL SPECTRA IN THE
SECOND BYURAKAN SKY SURVEYS.K.BALAYAN¹, O.V.VERKHODANOV²

Results of investigation of objects with continual spectra selected in the Second Byurakan sky survey are given. Spectra of the brightest objects were obtained with the 2.6-m telescope of Byurakan observatory. For all of them cross-correlation with catalogues of infrared, radio and X-ray sources were made.

Key words: *stars: identification - galaxies: identification*

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Е.Маркарян, Д.А.Степанян, *Астрофизика*, **19**, 639, 1983.
2. J.A.Stepanian, V.A.Lipovetsky, V.H.Chavushian et al., *Astrofiz. Issled. (Izv. SAO)*, **36**, 5, 1993.
3. Y.I.Izotov, A.D.Dyak, F.H.Chaffee et al., *Astron. J.*, **458**, 524, 1996.
4. С.А.Акопян, С.К.Балаян, *Астрофизика*, **45**, 329, 2002.
5. L.Carrasco, A.Serrano, H.M.Tovmassian et al., *Astron. J.*, **113**, 1527, 1997.
6. С.К.Балаян, *Астрофизика.*, **40**, 153, 1997.
7. С.К.Балаян, *Астрофизика.*, **40**, 327, 1997.
8. E.M.Sion, J.L.Greenstein, J.Landstreet et al., *Astrophys. J.*, **269**, 253, 1983.
9. G.P.McCook, E.M.Sion, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **121**, 1, 1999.
10. T.A.Flaming, R.F.Green, B.T.Jannuzi et al., *Astron. J.*, **106**, 1729, 1993.
11. R.F.Green, M.Schmidt, J.Liebert, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **61**, 305, 1986.
12. O.V.Verkhodanov, S.A.Trushkin, H.Andernach, V.N.Chernenkov, *The CATS Database to Operate with Astrophysical Catalogs. In Proc. of the "Astronomical Data Analysis Software and Systems - VI"*, eds. G.Hunt, H.E.Payne, *APS Conference Ser.*, **125**, 322, 1997.
13. S.E.G.Hales, C.R.Masson, P.J.Warner, J.E.Baldwin, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **246**, 256, 1990.
14. J.J.Condon, W.D.Cotton, E.W.Greisen et al., *Astron. J.*, **115**, 1693, 1998.
15. X.Zhang, Y.Zheng, H.Chen et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **121**, 59, 1997.
16. J.N.Douglas, F.N.Bash, F.A.Bozyan et al., *Astron. J.*, **111**, 1945, 1996.
17. J.J.Condon, J.J.Broderick, G.A.Seielstad et al, *Astron. J.*, **107**, 1829, 1994.
18. R.B.Rengelink, Y.Tang, A.G. de Bruyn et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **124**, 259, 1997.

19. М.Госс, Ю.Н.Парийский, Н.С.Соболева и др., Препр. 83Л. САО. РАН. Санкт-Петербург, 1992.
20. A.M.Cohen, R.W.Porcas, I.W.Browne et al., Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 84, 1, 1977.
21. B.Oke, Astron. J., 99, 1621, 1990.
22. J.Liebert, G.D.Schmidt, M.Lesser et al, Astrophys. J., 421, 733, 1993.
23. W.J.Luyten, "A Search for Faint Blue Stars", N I-L., 1933-1968.
24. F.Wesemael, J.L.Greenstein, J.Liebert et al., Publ. Astron. Soc. Pacif., 105, 761, 1993.
25. H.L.Giclas, R.Burnham, N.G.Jr.Thomas, Lowell Observ. Bull., No. 7, 67, 1968.