

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГОЛУБЫХ ЗВЕЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ FBS. ПОЛОСА $\delta = +35^\circ$

П.К.СИНАМЯН, А.М.МИКАЕЛЯН

Поступила 25 июля 2007

Принята к печати 13 февраля 2008

Приводится очередной список результатов спектрального исследования голубых звездных объектов (BSOs). 58 объектов FBS полосы с центральным склонением  $\delta = +35^\circ$  наблюдались на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории в 1990-1991гг. Дополнительно, на телескопах БАО-2.6м и ОНР-1.93м с современной аппаратурой в 1997-2000гг. наблюдались 3 объекта (получено 3 CCD спектра). Выявлены 9 белых карликов, 47 горячих субкарликов и 2 звезды HBV. Приводятся спектры 10 наиболее интересных объектов.

Ключевые слова: *звезды:белые карлики:субкарлики: звезды HBV - планетарные туманности*

1. *Введение.* Данная работа является продолжением спектрального исследования голубых звездных объектов (BSOs). Цели и подробности программы спектральных исследований голубых звездных объектов FBS даны в работах [1,2].

В данной работе приводятся результаты спектральных наблюдений 58 объектов FBS полосы с центральным склонением  $\delta = +35^\circ$ .

2. *Наблюдения.* Наблюдения проводились в 1990-2000гг. на 2.6-м телескопе БАО и 1.93-м телескопе ОНР (Франция). При наблюдениях в 1990-1991гг. использовался спектрограф UAGS с трехкаскадным ЭОП-ом УМК-91В [3], установленным в кассегреневском фокусе 2.6-м телескопа с дифракционной решеткой 600 шт/мм, что соответствует дисперсии в  $101 \text{ \AA}/\text{мм}$  и разрешению 8-9  $\text{ \AA}$ .

Наблюдения объектов FBS 468, 568 и 609 на телескопе ОНР-1.93 в 1997-1998гг. проводились в кассегреневском фокусе с использованием спектрографа CARELEC с длиной щелью (5'.5) [4]. В 1997-1998гг. использовалась решетка 150/мм с дисперсией  $263 \text{ \AA}/\text{мм}$  ( $7.1 \text{ \AA}/\text{pix}$ ) и CCD TK512CB 512 x 512 с размером пикселей 27 x 27 мкм. Соответственно, наблюдался спектральный диапазон  $\lambda 3810 - 7365 \text{ \AA}$ . Ширина щели была равна 2".0. Спектральное разрешение, измеренное по эмиссионным линиям ночного неба, равно  $14.3 \text{ \AA FWHM}$ . Во время наблюдений в 1999г. использовалась решетка 300/мм с дисперсией

133 Å/мм (1.8 Å/pix) и CCD-матрица EEV42-20 2048 x 1024 с размером пикселей 13.5 x 13.5 мкм. Соответственно, наблюдался спектральный диапазон  $\lambda 4262 - 7910 \text{Å}$ . Ширина щели была равна 2".0, спектральное разрешение - 6.6 Å.

Для калибровки потоков наблюдались стандартные звезды BD +25°3941, BD +28°4211, BD +40°4032, Feige 15, Feige 25, Feige 34, Feige 92, Hiltner 600 [5].

Всего для 127 объектов полосы FBS  $\delta = +35^\circ$  наблюдалось 147 спектров, причем часть из них была опубликована в работах [6,7]. Среди них наблюдались также известные объекты для проверки спектральных классов и стандартизации классификации. В данной статье для сравнения спектров и достоверности классификации использовались также 19 спектров SDSS (<http://www.sdss.org/dr5/>). Приводятся результаты наблюдений 63 спектров для 58 объектов, включая 60 фотографических, 3 CCD спектра. Для 3 объектов имеются также SDSS спектры, которые подтвердили нашу классификацию.

**3. Оцифровка и обработка спектров.** Для оцифровки фотографических спектров использовался сканер EPSON Expression 1680 Pro, работающий также в режиме сканирования прозрачных материалов (transparency mode) и дающий позиционную точность в 8 мкм и фотометрическое разрешение в 16 бит. С учетом параметров сканирования наших данных, мы получили оцифрованные спектры, соответствующие CCD спектрам размерами 1650 x 121 pix и размерами пикселей в 16 x 16 pix. Это дало возможность обработать фотографические спектры аналогично цифровым. Номинальная дисперсия для этих спектров получается равной 1.56 Å/pix, номинальное спектральное разрешение - примерно 4.5 Å.

Обработка осуществлялась в пакете программ ESO MIDAS. Использовались специально созданные для этих спектров программы автоматической обработки *callambaophot* и *extbaophot*. Точность калибровки по длине волны - не хуже 0.5 Å.

В ходе анализа спектров (выполненном также в пакете программ MIDAS) отождествлялись все спектральные линии, измерялись их параметры, оценивался наклон и форма непрерывного спектра для последующей классификации. В качестве главных параметров для классификации принимались присутствующие линии и средние FWHM и FWHM бальмеровских линий. Процедура оцифровки и обработки спектров подробно изложена в работе [1].

**4. Результаты.** В табл.1 приведен список исследуемых голубых звездных объектов FBS. В последовательных столбцах приведены: 1 - номер FBS, 2 - обозначение FBS, 3 - низкодисперсионный (low-dispersion

spectral, LDS) тип, 4 - звездная величина  $B$  и 5 - показатель цвета  $B-V$  согласно суммарной фотометрии MAPS [8] и USNO-B1.0 [9], 6 - дата

Таблица 1

## СПИСОК ИССЛЕДУЕМЫХ ГОЛУБЫХ ЗВЕЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ FBS

FBS #	FBS название	LDS Тип	$B$	$B-V$	Дата наблюдения	Эксп. сек	Линии водорода	FWOI Å	FWHM Å	Спектр. класс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
434	0026+360	B2	14.4	0.5	25.09.1990	2100	H $\beta$ - H $\delta$	59.6	15.3	DA
437	0039+361	B2e	15.7	-0.4	15.09.1991 16.09.1991	7200 7200	H $\gamma$ , H $\delta$			sd:
442	0047+347	B2	16.5*		15.09.1991	5400	H $\beta$ - H $\delta$	32.9	6.1	sdOA
444	0053+360	B2	14.5	0.3	07.10.1991	4500	H $\beta$ - H $\delta$	32.8	6.5	sdOA
445	0055+343	B3	15.1	0.4	26.09.1990	2700	H $\beta$ , H $\gamma$			sd:
447	0102+362	B1	12.4	-0.9	19.09.1990	300	H $\beta$ - H $\delta$	31.1	7.8	sdB-O
448	0104+333	B2	13.7	0.2	25.09.1990	1200	H $\beta$ - H $\delta$	62.5	13.7	DAB
449	0106+353	B2	15.0*		27.09.1990	2100	H $\beta$ - H $\delta$			sd:
452	0123+332	B2	13.4	-0.3	20.09.1990	900	H $\beta$ - H $\delta$	43.0	17.1	sdB
453	0124+345	B2	15.6	0.1	15.09.1991	5400	H $\beta$			sd:
458	0212+349	B2	14.6	0.5	25.09.1990	1800	H $\beta$ - H $\epsilon$	37.8	7.5	sdB:
459	0212+334	B1	13.4	-0.4	19.09.1990 28.09.1990	600 1200	H $\beta$ - H $\delta$	47.6	21.8	sdB
462	0223+365	B1a:	13.7	0.5	27.09.1990 07.10.1990	1500 4500	H $\beta$ , H $\delta$			sd
463	0224+330	B1	12.8	-1.1	19.09.1990	900	H $\beta$	26.8	4.4	sdOB
465	0235+338	B1	14.2	-0.5	27.09.1990	1500	H $\beta$ - H $\delta$			sd:
466	0235+353	B2	14.2	-0.2	25.09.1990	1800	H $\beta$ - H $\delta$	55.4	5.7	DZ:
467	0244+366	B1	12.8	-0.7	25.09.1990	600	H $\beta$	36.1	28.7	DBA:
468	0306+333	B1	12.7	1.0	27.10.1997 28.09.1990	1065 2400	H $\beta$ - H $\delta$	85.6	69.4	DA
469	0311+365	B2	14.7	0.2	10.02.1991	4200	H $\beta$ - H $\epsilon$	59.6	12.6	sdOB
475	0654+366	B1	11.8	-0.6	24.02.1990	600	H $\beta$ - H $_{10}$	32.6	8.3	sdOA
476	0656+367	B1	14.7	-0.9	27.02.1990	5400	H $\beta$ - H $\delta$	47.6	14.9	sdB
477	0658+350	B1	12.3	-0.2	24.02.1990	2400	H $\beta$ - H $_{11}$	44.3	15.3	sdB
478	0701+355	B2	13.9	-0.3	24.02.1990	2400	H $\beta$ - H $_{12}$	37.3	11.0	sdOA
479	0716+365	B1	14.4	-0.3	26.02.1990	3000	H $\beta$ - H $_9$	59.2	28.0	DA
485	0812+354	B1	13.5	-0.6	26.02.1990	2700	H $\beta$ - H $_9$	41.6	15.9	sdB
487	0823+333	B2	12.9	-0.1	26.02.1990	1200	H $\beta$ - H $_{13}$	37.2	13.0	sdB
488	0839+336	B1	14.5	-0.1	27.02.1990	5400	H $\beta$ - H $_9$	45.1	14.3	sdB
489	0843+364	B2	14.9	0.1	10.02.1991	3600	H $\beta$ - H $_{10}$	43.2	14.9	sdB
500	0955+337	B2	12.8	1.1	06.02.1991	4200	H $\beta$ - H $_9$	52.4	23.8	DA
502	0956+365	N1	12.2	-0.7	08.02.1991	1200	H $\beta$ - H $_{11}$	31.9	11.2	HB B
506	1027+346	B1	12.5	-0.3	14.02.1991	2100	H $\beta$ - H $_9$	37.1	12.1	sdOA
514	1122+336	B2	14.5	-0.3	06.02.1991	4800	H $\beta$ - H $_{10}$	37.2	14.3	sdB
515	1125+345	B2a:	16.0	-0.3	18.04.1991	4200	H $\beta$ - H $\delta$	42.0	15.0	sdA-F
521	1157+343	B3	15.7	0.3	08.02.1991	5400	H $\beta$ - H $\delta$	41.5	6.5	sdOA
543	1350+372	B1	14.1	-0.4	14.02.1991	3600	H $\beta$ - H $_{10}$	35.4	10.5	sdOA
565	1519+343	B2	15.9	0.3	18.04.1991	4500	H $\beta$ - H $\epsilon$	41.6	11.3	sdB
568	1523+363	N1	17.0	0.9	25.05.1998	1200	H $\alpha$ - H $\gamma$	56.6	17.3	DZ:
571	1533+349	B2	14.9	-0.5	19.04.1991	2100	H $\beta$ - H $\epsilon$	48.2	9.1	sdB

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
584	1650+366	B2	14.8	0.1	15.07.1991	3600	H $\beta$ - H $\delta$	36.7	9.4	sdOB
586	1654+352	B1	12.4	0.1	19.04.1991	600	H $\beta$ - H $\gamma$	36.7	8.5	sdB
593	1704+347	B2	15.1	-0.5	18.04.1991	2400	H $\beta$ , H $\gamma$			sd
600	1724+372	N2	13.8	-0.2	27.06.1990	1800	H $\beta$ - H $\epsilon$	21.3	5.8	sdB
607	1807+356	B3	14.9	-0.1	15.07.1991	4200	H $\beta$ - H $\epsilon$			sd:
609	1810+374	B2	14.5	-0.6	26.05.1998	1200	H $\alpha$ - H $\delta$	65.6	21.4	DA
					13.08.1991	3600				
613	2154+329	B1	13.0	0.5	20.09.1990	1200	H $\beta$ - H $\epsilon$	30.7	7.6	sdOA
614	2158+360	B2	13.1	-0.3	20.09.1990	1200	H $\beta$ , H $\gamma$			sd
616	2204+364	B2	11.7	-0.2	20.09.1990	480		35.1	12.3	sdOA
617	2207+359	B3	12.7	0.1	20.09.1990	900	H $\beta$ - H $\delta$	45.9	20.1	sdB
619	2209+354	B2	13.9	-0.4	20.09.1990	2400	H $\beta$ - H $\gamma$	47.7	17.7	sdOA
620	2212+335	B1	14.3	-0.3	20.09.1990	2400	H $\beta$ - H $\epsilon$	45.3	25.3	sdB
622	2237+362	B2	15.3	0.3	25.09.1990	3000	H $\beta$ - H $\delta$			sd
623	2238+369	B3	14.1	0.2	25.09.1990	1800	H $\beta$ - H $\epsilon$	35.2	4.4	sdB
625	2243+343	B3	13.1	-0.5	19.09.1990	900	H $\beta$ - H $\epsilon$	34.6	11.7	sdOA
626	2253+335	B1	12.5	0.0	19.09.1990	900	H $\beta$ - H $\epsilon$	31.6	10.1	sdB
627	2300+354	B2	13.9	0.0	19.09.1990	1800	H $\gamma$ - H $\epsilon$	18.8	9.45	sdB
628	2303+344	B2	12.9	0.0	20.09.1990	900	H $\beta$ - H $\epsilon$	28.4	9.9	HBB
629	2321+339A	B3	14.5	-0.6	20.09.1990	1800	H $\beta$ - H $\epsilon$	39.1	5.5	sdB
630	2321+3399B	B3	15.0	0.0	27.09.1990	2400	H $\beta$ - H $\delta$	32.5	4.4	sdB

\* Приведены данные по FBS, поскольку на DSS1 и DSS2 эти объекты попадают под изображение яркой звезды.

## Примечания к отдельным объектам табл.1:

- FBS 0047+347 В спектре намечаются также линии HeI 5016, 4922, 4713, 4471, 4026, 3888.
- FBS 0053+360 В спектре наблюдаются также линии поглощения He I4471, 4388, 4026.
- FBS 0102+362 В спектре наблюдается также линия поглощения HeI4471.
- FBS 0104+333 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI 5080, 4922, 4471, 4026.
- FBS 0224+330 Линии поглощения HeI 5016:, 4922, 4471, 4388, 4026:, HeII 4686.
- FBS 0235+353 В спектре наблюдаются также линии поглощения CaII(H&K).
- FBS 0244+366 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI 5080, 5016:, 4922, 4471, 4388.
- FBS 0306+333 На обзорных пластинках был предварительно классифицирован как CV: переменная. Однако целевой спектр показывает, что это DA карлик.
- FBS 0311+365 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI4471:, HeII 4686.
- FBS 0654+366 Бальмеровские линии имеют красные и голубые компоненты, HeI 4026, 4471 и 4922.
- FBS 0701+355 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI 5016, 4471, 4026.
- FBS 0823+333 Линии H $\beta$ , H $\gamma$ , H $\delta$  имеют красные и голубые компоненты.
- FBS 1027+346 Линии поглощения HeI4471, 4388, 4026.
- FBS 1125+345 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI5016, 4471, 4026, FeII4296:.
- FBS 1157+343 В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI4471, 4026.
- FBS 1350+372 Линии поглощения HeI4471:, 4026:.
- FBS 1523+363 В спектре наблюдаются также линии поглощения MgI5178 и CaII H и K, полоса G.

FBS 1650+366	В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI4922, 4471, HeII 4686.
FBS 2154+329	Линии поглощения HeI5016:, 4922, 4471, 4388, 4026.
FBS 2204+364	В спектре наблюдаются также линии поглощения HeI5016:, 4471, 4026.
FBS 2209+354	Линии поглощения HeI4922:, 4471:, 4026:, 5016:.
FBS 2243+343	Линии поглощения HeI4026, 4471.

наблюдений, 7 - длительность экспозиции в секундах, 8 - наблюдаемые спектральные линии водорода, 9 - средняя FWHM и 10 - средняя FWHM для бальмеровских линий в ангстремах, 11 - спектральный класс объектов.

Классификация проводилась по схеме, приведенной в [10]. Для разделения WD, sd и HBB приняты следующие пределы для FWHM и FWHM бальмеровских линий: WD: FWHM > 50 Å и/или FWHM > 25 Å; sd: FWHM = 25-50 Å и/или FWHM = 10-25 Å; HBB: FWHM < 25 Å и/или FWHM < 10 Å.

Понятно, что имеется и ряд промежуточных объектов, классификация которых в некоторой степени неуверенна. Дополнительным критерием для разделения классов sdB и HBB служила величина бальмеровского скачка. В основном, наша классификация для белых карликов и субкарликов основана на работах [11,12].

После табл.1 приведены примечания для отдельных объектов с описанием спектров и другими данными. На рис.1 приведены 10 щелевых спектров полосы FBS  $\delta = +35^\circ$ .

5. *Заключение.* Приведены результаты спектральных наблюдений 58 объектов FBS полосы  $\delta = +35^\circ$ . Все эти объекты наблюдались фотографически на 2.6-м телескопе БАО, были оцифрованы с помощью профессионального сканера и обработаны в MIDAS как цифрованные спектры. На телескопах БАО-2.6 и ОНР-1.93 с современной аппаратурой в 1997-2000гг. наблюдались еще 3 спектра для 3 объектов. Выявлены 5 белых карликов типа DA, 1 - DAB, 1 - DBA, 2 - DZ, 21 горячих субкарликов класса sdB, 11-класса sdOA, 1-sdB-O, 1-sdA-F, 3 типа sdOB, 10 субкарликов без определенного подтипа, 2 звезды горизонтальной ветви HBB. Некоторые объекты имели опубликованные спектральные классы, однако после нашей классификации они пересмотрены.

Всего в полосе FBS  $\delta = +35^\circ$  получено 147 спектров для 127 BSO объектов. С учетом объектов с известными спектральными классами, практически завершено спектральное исследование звездных объектов полосы  $\delta = +35^\circ$ .

Авторы благодарны М.П.Верон-Сетти и Ф.Верону, а также К.Гигояну и Г.Абрамянцу за предоставление наблюдательного материала, полученного на телескопах ОНР и 2.6-м телескопе БАО, а также коллегам из Римского университета "La Sapienza" за любезное предоставление сканера и фондам

CRDF (грант ARP1-2849-YE-06) и ANSEF (702-PS) за поддержку нашего проекта.

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

## SPECTRAL OBSERVATIONS OF THE FBS BLUE STELLAR OBJECTS. ZONE $\delta = +35^\circ$

P.K.SINAMYAN, A.M.MICKAELIAN

We present the next list of results of spectral study of the FBS blue stellar objects. 58 FBS objects of the zone with central declination  $\delta = +35^\circ$  have been observed with the Byurakan Observatory 2.6m telescope in 1990-1991. In addition, 3 objects (3 CCD spectra obtained) have been observed with the BAO-2.6m and OHP-1.93m telescopes by means of modern technique in 1997-2000. 9 white dwarfs, 47 hot subdwarfs and 2 HBB stars have been revealed. Spectra for the most interesting 10 objects are given.

Key words: *stars:white dwarfs:subdwarfs:HBB stars - planetary nebulae*

### ЛИТЕРАТУРА

1. P.K.Sinamyan, A.M.Mickaelian, *Астрофизика*, **49**, 391, 2006.
2. P.K.Sinamyan, A.M.Mickaelian, *Астрофизика*, **51**, 51, 2008.
3. G.I.Bryukhnevich, L.V.Gyavgyanen, E.I.Zak et al., *Astrofizika*, **21**, 379, 1984.
4. G.Lemaitre, D.Kohler, D.Lacroix, J.-P.Meunier, A.Vin, *Astron. Astrophys.*, **228**, 546, 1989.
5. P.Massey, K.Strobel, J.V.Barnes et al., *Astrophys. J.*, **328**, 315, 1988.
6. A.M.Mickaelian, A.C.Gonçalves, M.P.Véron-Cetty et al., *Астрофизика*, **42**, 5, 1999.
7. A.M.Mickaelian, A.C.Gonçalves, M.P.Véron-Cetty et al., *Астрофизика*, **44**, 21, 2001.
8. J.E.Cabanela, R.M.Humphreys, G.Aldering et al., *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **115**, 837, 2003.
9. D.G.Monet, S.E.Levine, B.Casian et al., *Astron. J.*, **125**, 984, 2003.
10. Г.В.Абрамян, А.М.Микаелян, *Астрофизика*, **35**, 197, 1991.
11. E.M.Sion, J.L.Greenstein, J.Landstreet et al., *Astrophys. J.*, **269**, 253, 1983.
12. R.F.Green, M.Schmidt, J.Liebert, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **61**, 305, 1986.

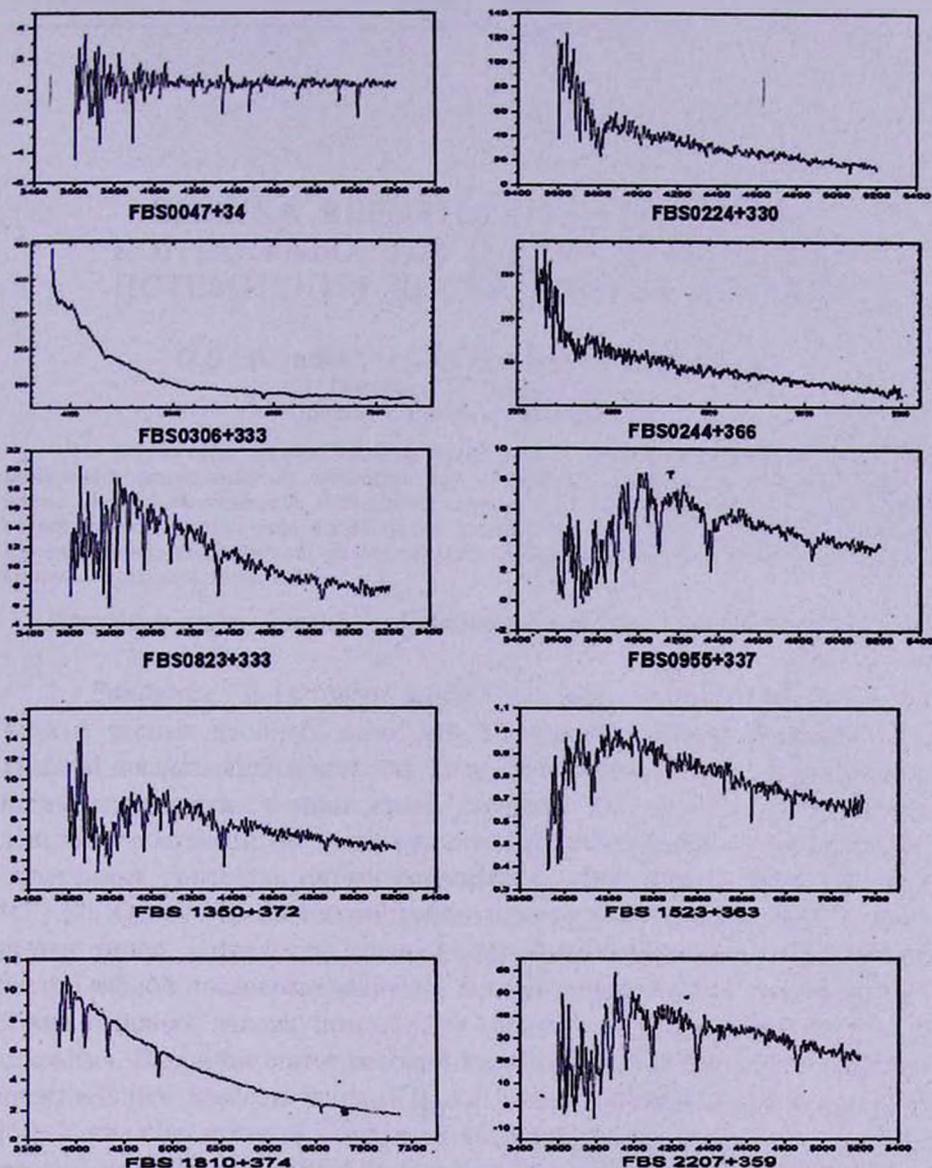


Рис.1. Щелевые спектры 10 голубых звездных объектов FBS полосы  $\delta = +35^\circ$ .