

Для расширения сведений о структуре межзвездной среды в направлении ассоциации Cas OB5 со спектрографом НЭС 6-м телескопа БТА были получены, обработаны и проанализированы спектры высокого разрешения ( $R=60\,000$ ) для выборки ОВА-сверхгигантов в составе ассоциации. Спектры звезд в ассоциации отличаются большим количеством компонент у межзвездных линий NaI, CaII, KI и диффузных межзвездных полос (DIBs). По положениям D-линий NaI, KI, CaII и полос DIBs измерены лучевые скорости, усредненные впоследствии для объектов с несколькими накопленными спектрами. Кроме того, были измерены эквивалентные ширины DIBs, значения которых также усреднялись. Ошибки измерений лучевых скоростей и эквивалентных ширин не превышают  $0.5\text{ км/с}$  и  $0.01\text{ \AA}$ , соответственно. По лучу зрения выделены до 9 компонент у межзвездных линий в широком диапазоне скоростей от  $-70\text{ км/с}$  до  $+30\text{ км/с}$ . С использованием калибровочных зависимостей эквивалентных ширин DIBs от величины покраснения, для 8ми членов ассоциации определено межзвездное поглощение  $A_v$  в диапазоне величин  $2.4\text{--}2.7^m$ .

## ВВЕДЕНИЕ

Ассоциация Cas OB5 расположена во втором квадранте приблизительно в пределах  $l=114.9^\circ\text{--}118.0^\circ$  и  $b=-2.4^\circ\text{--}1.3^\circ$  на расстоянии около  $2.5\text{ кпк}$ . На карте распределения CO во втором квадранте излучение было отождествлено с гигантскими молекулярными комплексами в спиральных рукавах Персея с лучевой скоростью вблизи  $-20\text{ км/с}$  и Лебеда со скоростями между  $-50$  и  $-60\text{ км/с}$  [1]. Ранее удавалось другим авторам разрешить на профиле дублета NaI в спектрах некоторых звезд ассоциации лишь пару компонент, например в работе [2], которые, как предполагалось, формируются в рукаве Персея и Местном рукаве.

В непосредственной близости к ассоциации существуют предположительно несколько оболочек HI. В работе [3] авторы, изучая среду в окрестностях Cas OB5 на разных длинах волн, отождествили гигантскую оболочку на расстоянии  $2.5\text{ кпк}$  с центром в  $l=117.6^\circ b=0.0^\circ$  и в диапазоне скоростей  $-60\text{--}+3\text{ км/с}$  со скоростью расширения  $\sim 20\text{ км/с}$ . В статье [4] приводятся доводы о наличии нескольких таких оболочек в этом диапазоне скоростей и более детально исследуется одна из них, с центром в  $l\approx 117.9^\circ b\approx 1.2^\circ$  и системной скоростью  $-44\text{ км/с}$ , в которую попадают следующие интересующие нас объекты как HD 223767, HD 224055 и HD 225094. Полный же список исследуемых объектов с их галактическими координатами, спектральным классом, звездной величиной, показателем цвета и расстоянием приведен в Таблице 1.

## СПЕКТРОСКОПИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Спектры были получены на 6-м телескопе БТА САО РАН, используя эшелле спектрограф высокого разрешения НЭС [5] ( $R=60\,000$ ,  $S/N \geq 200$ ). Большая часть спектров получена в диапазоне длин волн от  $470$  до  $780\text{ нм}$ . Дополнительно некоторые спектры были сняты на том же приборе, но в диапазоне длин волн  $\sim 395\text{--}698\text{ нм}$ , т.е. включая бленду He и CaII. Для звезд HD 223385A, HD 223960, HD 224055 и HD 225094 все измеренные значения были усреднены по нескольким спектрам, в то время как для оставшихся объектов использовались значения, измеренные только по одному доступному спектру.

Таблица 1: Список параметров исследуемых объектов

Name	l	b	SpType	V, mag	B-V, mag	d, kpc
HD 223385A	115.71	0.22	A3Ia	5.59	0.61	2.98
BD +61 2531	115.69	0.26	B0III	9.42	0.32	2.98
HD 223767	116.02	-0.20	A5Ib	7.25	0.58	3.09
HD 223960	115.97	-1.24	A0.1Ia	7.61	0.71	2.93
HD 224055	116.29	-0.30	B3Ia	7.23	0.61	2.75
HD 225094	117.63	1.26	B2.9Iab	6.22	0.34	1.22
HD 225146	117.23	-1.24	O9.7Iab	8.60	0.36	3.05
LS I +61 35	115.20	0.27	A4Ib	10.52	0.88	5.79

Таблица 2: LSR лучевые скорости компонент межзвездных линий. Двоеточием отмечены неуверенные измерения слишком слабых или блендированных компонент.

Name	el.	Component $V_{LSR}$ , km/s								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
HD 223385A	NaI		-57.3	-45.3		-26.9	-14.1	3.5	+17.7	+30.3
	KI		-58.4	-46.8			-18.1	-4.0		
	CaII			-46.9			-12.9			
BD +61 2531	NaI		-58.7	-43.6			-15.0	-4.1		
	KI			-42.1			-18.4	-3.3		
HD 223767	NaI			-43.4	-31.5		-13.0	-2.4	+14.8	
	KI			-43.4	-31.1		-17.5	-3.2		
HD 223960	NaI			-49.2	-35.3	-29.3	-16.1	-2.6	+15.4	
	KI			-49.6	-35.6		-17.8	-0.3		
	CaII			-50.7			-18.4	-3.0	+13.4	
HD 224055	NaI	-69.9		-44.4	-31.2		-15.8	-3.2	+13.1	
	KI			-46.0			-18.4	-2.4		
HD 225094	NaI		-55.8				-9.3	-1.8	+16.2	
	KI						-9.1	-0.7		
	CaII		-54.0				-2.4	+17.2	+36.3	
HD 225146	NaI			-46.2	-40.1	-33.9	-17.7	-1.1		
	KI				-40.9		-16.8	-0.3		
LS I +61 35	NaI	-72.6	-56.5	-46.6		-27.7	-14.0	-1.0	+20.9	
	KI		-58.7	-50.2		-27.8	-10.6			

Метод измерения лучевых скоростей основан на совмещении исходного профиля линии с зеркально отображенным. Значения LSR лучевых скоростей  $V_{LSR}$ , полученные для каждой отождествляемой компоненты профилей межзвездных линий NaI, KI и CaII, приведены в Таблице 2. Ошибки измерения лучевых скоростей не превышают  $0.5\text{ км/с}$ . Следуя моделям траекторий спиральных рукавов [1], LSR лучевые скорости рукава Персея в районе ассоциации на расстоянии  $\sim 3\text{ кпк}$  должны быть порядка  $-30\text{ км/с}$ . Из данных таблицы, а также на рис. 1, где представлены профили линии NaI  $\lambda 5896\text{ \AA}$ , можно сразу выделить два комплекса деталей, присущих всем объектам: компоненты 3 и 6-7 (см. Таблицу 2), которые могут соответствовать рукаву Персея (у HD 225094 не наблюдается из-за более близкого расстояния к Солнцу) и Местному рукаву соответственно. Предполагая появление компонент зависимым от пространственного положения объектов, можно выделить следующие тенденции: 2я компонента проявляется только у звезд с  $b>0^\circ$  (возможно, исключением является HD 225094, у которой она значительно слабее и может иметь отличное происхождение); 4я и в большинстве случаев 5я компонента, возможно, также формируются в рукаве Персея, что соответствует моделям [1], хотя, также можно отметить, что 4я компонента проявляется у объектов с  $l \gtrsim 160^\circ$ ; интересной является 8я компонента с положительной скоростью,

которая присутствует практически у всех объектов, за исключением наиболее горячих, которую пока не с чем отождествить; последние компоненты 1 и 9 наиболее загадочные, если еще можно предположить, что у наиболее удаленного объекта LS I +61 35 1я компонента формируется в пространстве между рукавами Персея ( $\sim 3\text{ кпк}$ ) и Лебеда ( $\sim 7\text{ кпк}$ ), то происхождение остальных компонент пока остается не разрешенным.

Таблица 3 содержит значения лучевых скоростей DIBs, усредненных по нескольким спектрам, значения избытков цвета, полученных с использованием зависимостей эквивалентных ширин от избытков цвета из работы [6], и также рассчитанные значения поглощения и значения из литературы. Эквивалентные ширины среди избранных DIBs ( $\lambda 5780$ ,  $\lambda 5797$ ,  $\lambda 6196$ ,  $\lambda 6270$ ,  $\lambda 6379$ ,  $\lambda 6445$ ,  $\lambda 6613$ ,  $\lambda 6660$ ) были получены путем вычисления среднего значения между интегральной площадью и площадью, вписанного профиля функции Гаусса. Ошибки измерения эквивалентных ширин не превышали  $0.01\text{ \AA}$ . Принимая соотношение поглощения к избытку цвета равным  $R=3.1$ , значение межзвездного поглощения получаются в диапазоне  $A_v \approx 2.4\text{--}2.7^m$ .

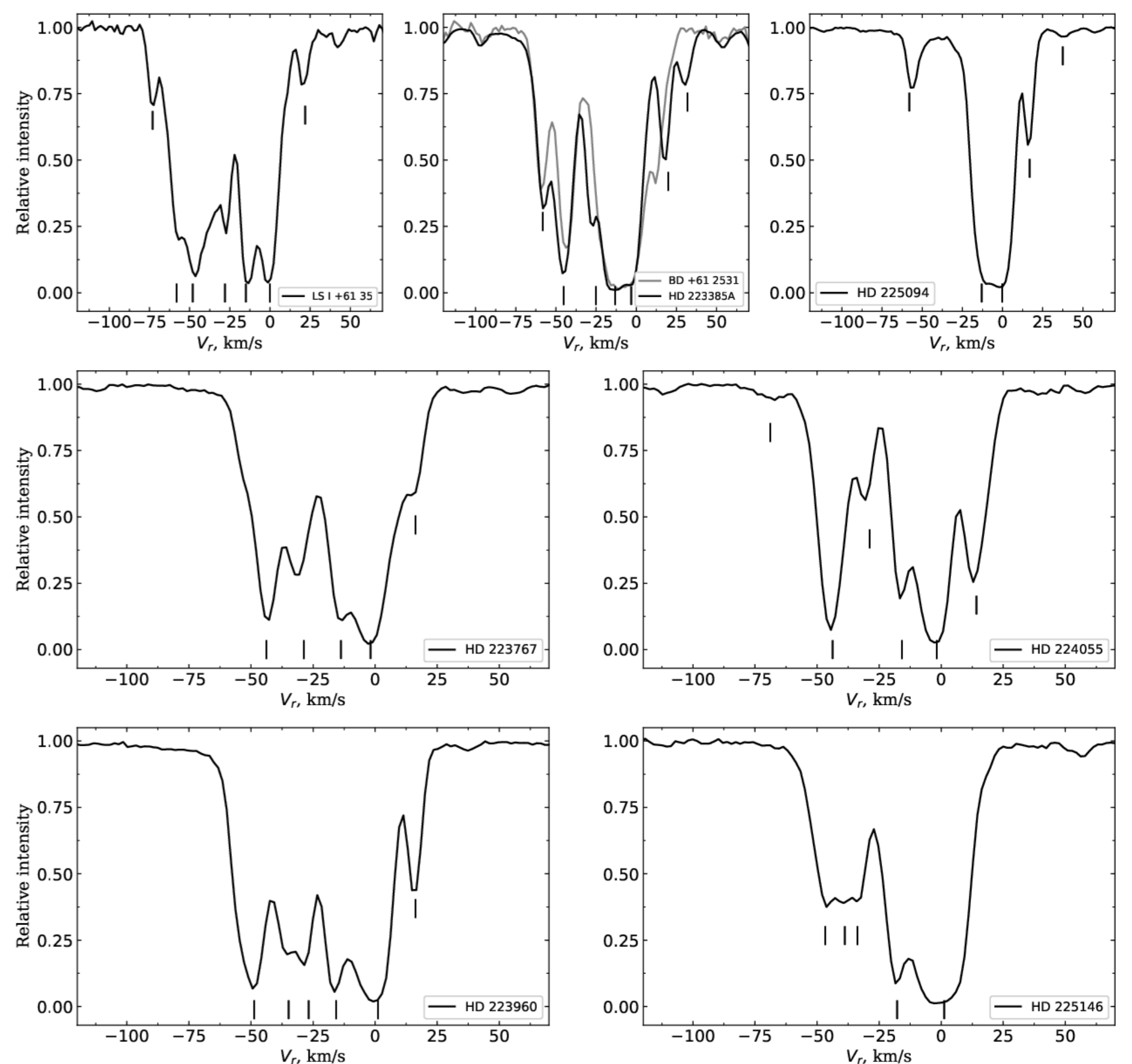


Рис. 1: Профили линии NaI  $\lambda 5896$ . Отождествляемые отдельные компоненты отмечены вертикальными линиями.

Таблица 3: Результаты измерений LSR лучевых скоростей и избытков цвета DIBs. Значения избытков цвета для сравнения приведены из работы [7].

Name	$V_{LSR}$ (DIB's), km/s	E(B-V), mag	$A_v$ , mag	$E(B-V)_{ref}$ , mag,
HD 223385A	-8.4	0.76	2.36	0.69
BD +61 2531	-8.9	0.82	2.54	0.69
HD 223767	-5.2	0.81	2.51	0.62
HD 223960	-1.8	0.78	2.42	0.75
HD 224055	-2.8	0.84	2.60	0.84
HD 225094	-2.6	0.74	2.29	0.47
HD 225146	0.47	0.88	2.73	0.69
LS I +61 35	-9.9	0.83	2.57	0.86

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Vallée, Jacques P. 2008, The Astronomical Journal, v. 135, Issue 4, pp. 1301-1310.
- [2] Münch, G. 1957, Astrophysical Journal, v. 125, p. 42
- [3] Moór, A. and Kiss, Cs. 2003, Communications of the Konkoly Observatory Hungary, v. 103, pp. 149-152
- [4] Suad, L. A., Cichowolski, S., Noriega-Crespo, A., et. al. 2016, Astronomy & Astrophysics, v. 585, pp. A154.
- [5] Panchuk, V. E., Klochkova, V. G., Yushkin, M. V. 2017, Astron. Rep. v. 61, p. 820.
- [6] Kos, J., Zwitter, T. 2013, The Astrophysical Journal, v. 774, Issue 1, p. 72.
- [7] Garmany, C. D., Stencel, R. E. 1992, Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser., v. 94, pp. 211-244