

(ДТОО «Астрофизический институт им. Фесенкова», Алматы, Республика Казахстан)

## О КРИТЕРИЯХ СПЕКТРАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В ЗВЕЗД ПО УФ СПЕКТРАМ

*Цели.* Показать возможность использования особенностей УФ спектра для спектральной классификации В и Ве звезд.

*Методы.* Используются измеренные ранее эквивалентные ширины выбранных особенностей УФ спектров группы В и Ве звезд разных спектральных подклассов и двух светимостей для поиска связи изменения средней эквивалентной ширины со спектральным подклассом и цветовой температурой.

*Результаты.* Хорошим критерием для спектральной классификации В звезд является отношение эквивалентных ширин линий SiII и SiIII. Эквивалентная ширина линии CIV может быть критерием для выделения Ве звезд.

**Ключевые слова:** В и Ве звезды, спектральная классификация, ультрафиолетовые наблюдения.

**Тірек сөздер:** В және Ве жұлдыздары, спектрлік жіктеу, ультрақұлгін бақылаулары.

**Keywords:** В and Ве stars, spectral classification, ultraviolet observations.

Наша цель – найти критерии для спектральной классификации В звезд по УФ наблюдениям. Для этой цели использованы эквивалентные ширины особенностей, выбранных в УФ спектрах группы В и Ве разных спектральных подклассов\*. Для каждого спектрального подкласса найдены средние значения эквивалентных ширин (EW) для выбранных линий. С этой целью значения эквивалентной ширины каждой выбранной линии были нанесены на графики в зависимости от спектрального подкласса, и выполнена аппроксимация полиномом 3-го порядка. Затем с полученной кривой сняты средние значения эквивалентной ширины соответствующей линии для каждого спектрального подкласса. На рисунке 1 приведен пример аппроксимации для линии  $\lambda 1334/35A$ . Полученные средние значения приведены в таблицах 1–3. Для определения цветовой температуры звезд использовалось сравнение непрерывного спектра звезды с модельным спектром (использовался закон излучения Планка в приближении Вина).

---

\* Курчаков А.В., Князева Л.Н. Количественные критерии спектральной классификации В звезд по УФ спектрам. I. Предварительные результаты // Известия НАН РК. – Серия физ.-мат. – 2012. – № 3. – С. 7-10.

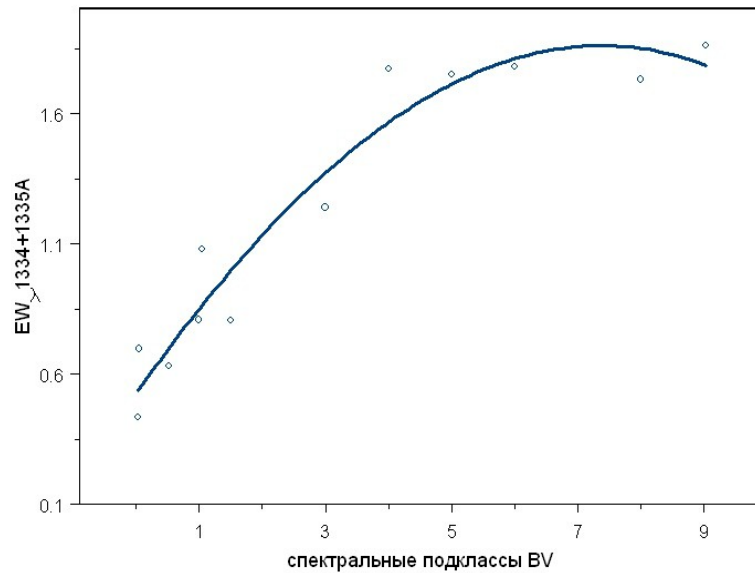


Рисунок 1 – Пример аппроксимации EW данных для линии  $\lambda 1334/35A$

Таблица 1 – Средние значения EW и Tc для B звезд главной последовательности

Спектр. класс	SiIII	SiII	CII	SiIV	SiII	SiII	CIV	HeII	Tc × 10 <sup>-4</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B0V	0.20	–	0.40	1.47	0.32	–	3.85	0.53	4.2
B0.5V	0.50	–	0.67	1.91	0.33	–	2.70	0.36	4.1
B1V	0.62	–	0.85	2.10	0.34	–	1.32	0.28	3.9
B1.5V	0.69	0.37	0.96	2.02	0.34	–	–		3.7
B2V	0.72	0.45	1.14	1.70	0.35	–	–		3.6
B3V	0.73	0.74	1.35	0.82	0.36	–	–		3.3
B4V	0.65	0.96	1.60	0.39	0.38	–	–		3.0
B5 V	0.61	1.25	1.66	–	0.41	0.43	–		2.8
B6V	0.50	1.40	1.73	–	0.45	0.46	–		2.6
B7 V	0.45	1.60	1.76	–	0.50	0.55			2.5
B8V	0.40	1.62	1.85	–	0.55	0.60			2.3
B9V	0.35	1.67	1.86	–	0.60	0.70			2.1

В колонке 1 приведены спектральные подклассы, в колонках 2-9 – эквивалентные ширины, 10 – вычисленные цветовые температуры.

Таблица 2 – Средние значения эквивалентных ширин и цветовых температур для звезд BIV

Спе	SiIII	SiII	CII	SiIV	SiII	SiII	CIV	HeII	Tc × 10 <sup>-4</sup>
-----	-------	------	-----	------	------	------	-----	------	-----------------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B0I	0.33	–	0.45	1.70	0.30	–	2.70	0.45	3.750
B0.5	0.50	–	0.60	1.75	0.32	–	2.85	0.43	3.700
B1	0.60	0.25	0.85	1.75	0.33	–	2.20	–	3.500
B1.5	0.62		1.20	1.70	0.35	–	–	–	3.450
B2	0.65	0.43	1.20	1.65	0.37	–	1.50	–	3.300
B3	0.67	0.72	1.45	1.01	0.40	–	–	–	3.040
B4	0.62	1.24	1.60	0.52	0.42	0.35	–	–	2.800
B5	0.55	1.36	1.70	0.26	0.47	0.42	–	–	2.600
B6	0.48	1.50	1.73	–	0.50	0.50	–	–	2.450
B7	0.44	1.79	1.80	–	0.55	0.57	–	–	2.320
B8	0.43	2.05	–	–	0.60	0.62	–	–	2.200
B9	0.42	2.30	1.85	–	0.62	0.70	–	–	2.100

В колонке 1 приведены спектральные подклассы, в колонках 2-9 – эквивалентные ширины, 10 – вычисленные цветовые температуры.

Таблица 3 – Средние эквивалентные ширины спектральных линий и цветовые температуры для звезд Be

Спектр. класс	SiIII 1299	SiII 1309	СII 1334/35	SiIV 1394	SiII 1526. 7	SiII 1533	CIV 1548	$T_c \times 10^4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B0.5 Ve	0.56	–	0.61	1.84	0.32		3.85	3.700
B1 Ve	0.61	0.10	1.05	1.25	0.30	–	3.50	3.500
B1.5 Ve	0.62	0.30	1.18	2.00	0.40	–	3.37	3.450
B2 Ve	0.62	0.35	1.42	1.77	0.42	–	2.88	3.300
B3 Ve	0.64	0.78	1.47	1.25	0.45	–	2.20	3.040
B4 Ve	0.65	0.96	1.91	0.87	0.48	0.45	1.50	2.800
B5 Ve	0.63	1.02	1.92	0.61	0.51	0.45	0.98	2.600
B6 Ve	0.57	1.17	2.00	0.48	0.52	0.45	0.62	2.450
B7 Ve	0.50	1.30	–	0.31	0.55	0.45	0.81	2.320
B8 Ve	0.42	1.43	1.90	–	0.56	–	0.25	2.200
B9 Ve	0.32	1.45	1.86	–	0.60	–	–	2.100

В колонке 1 приведены спектральные подклассы, в колонках 2-8 – эквивалентные ширины, 9 – цветовая температура.

Используя данные этих таблиц, мы оценили отношения EW линий SiII ( $\lambda 1309A$ ,  $\lambda 1527A$ ) и SiIII( $\lambda 1299A$ ) для всех спектральных подклассов 2-х классов светимости для BVe звезд главной последовательности. Результаты приведены в таблице 4.

На рисунках 2 и 3 представлены отношения EW линий SiII ( $\lambda 1309A$ ,  $\lambda 1527A$ ) и SiIII( $\lambda 1299A$ ). На рисунке 2 отношение  $\lambda 1309/\lambda 1299$  показывает явную зависимость от спектрального подкласса, более того для разных классов светимости, кривые имеют разный наклон, поэтому данное отношение можно использовать для разделения классов светимости V и IV.

Отношения  $\lambda 1527/\lambda 1299$  хотя и показывают ход со спектральным подклассом, но нет четкого различия между двумя классами светимости.

Таблица 4 – Отношения линий SiII ( $\lambda 1309A$ ,  $\lambda 1527A$ ) к SiIII( $\lambda 1299A$ )

для всех спектральных подклассов 2-х классов светимости

Сп.кл.	EW $\lambda 1309$ / EW $\lambda 1299$			EW $\lambda 1527$ / EW $\lambda 1299$		
	V класс	IV класс	BVe	V класс	IV класс	BVe
1	2	3	4	5	6	7
B1	–	0.42	0.16	0.55	0.55	0.49
B1.5	0.53	–	0.48	0.53	0.50	0.64
B2	0.62	0.66	0.56	0.49	0.53	0.68
B3	1.01	1.07	1.22	0.49	0.60	0.70
B4	1.48	2.00	1.48	0.58	0.68	0.74
B5	–	2.47	1.62	–	0.85	0.81
B6	2.80	3.12	2.05	0.90	1.04	0.91
B7	3.56	4.07	2.60	1.11	1.25	1.10
B8	4.05	4.77	3.40	1.38	1.40	1.33
B9	4.77	5.48	4.53	1.71	1.67	–

В столбцах таблицы 4 даны: 1 – спектральный подкласс, 2-4 – значения отношений EW $\lambda 1309$ / EW  $\lambda 1299$  для двух классов светимости и BVe звезд, 5-7 – значения отношений EW $\lambda 1527$  / EW  $\lambda 1299$  для двух классов светимости и BVe звезд.

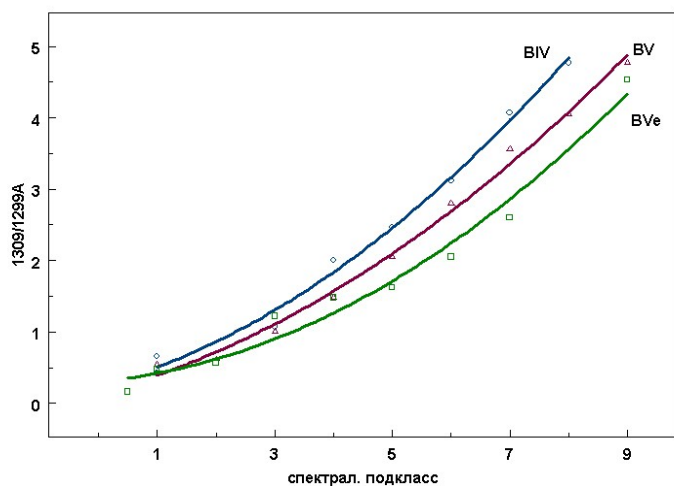


Рисунок 2 – Зависимость отношений  $\lambda 1309/\lambda 1299$  от спектрального подкласса для В звезд двух классов светимости и звезд Вe ГП

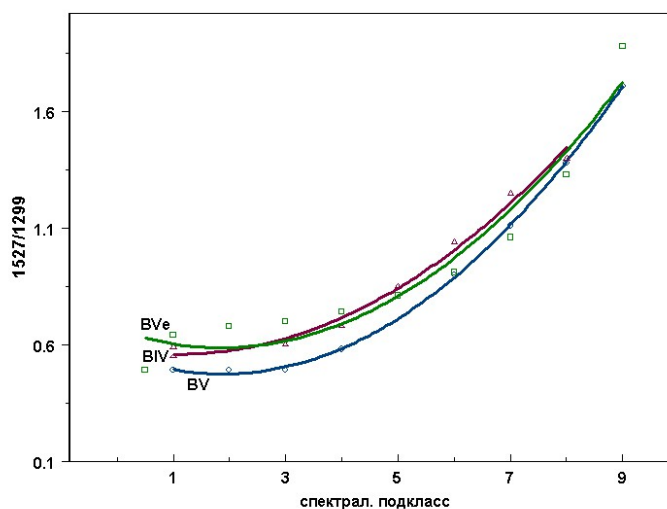


Рисунок 3 – Зависимость отношений  $\lambda 1527/\lambda 1299$  от спектрального подкласса для В звезд двух классов светимости и звезд Вe ГП

На рисунке 4 приведено поведение со спектральным подклассом наиболее сильной линии CIV в УФ спектрах звезд Ве. В отличие от нормальных В звезд эта линия присутствует во всех рассмотренных спектральных подклассах Ве.

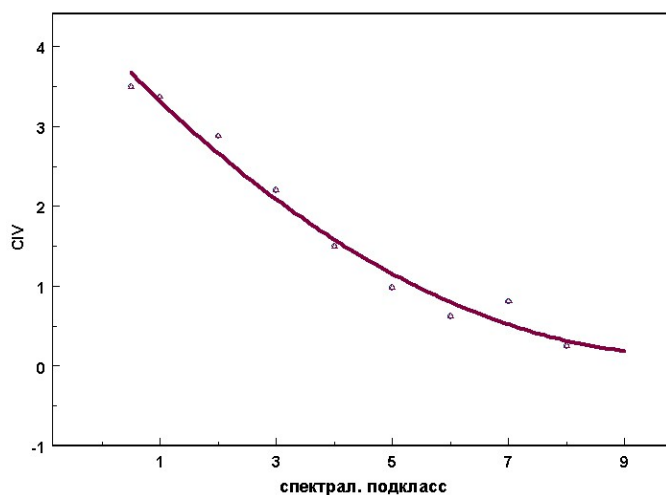


Рисунок 4 – Изменение EW линии CIV со спектральным подклассом для звезд Ве

На рисунке 5 графически представлено изменение выбранных нами особенностей УФ спектра для спектральной классификации. Данные таблиц 1–3 могут быть использованы для грубой спектральной классификации В звезд, используя УФ спектры.

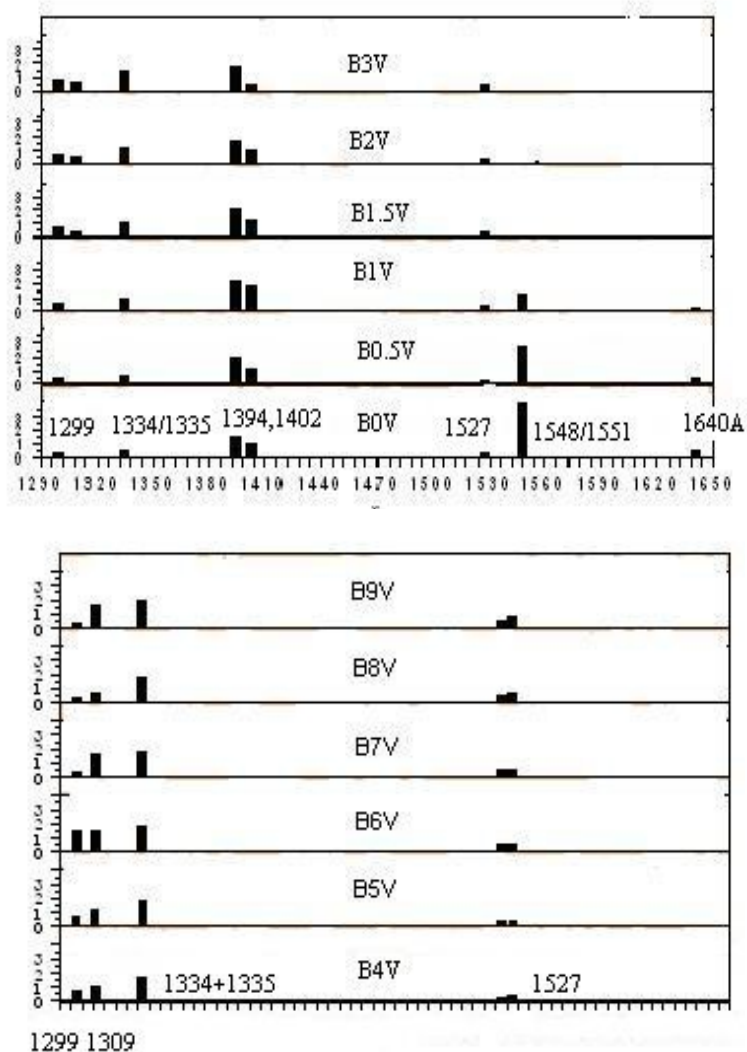


Рисунок 5 – Изменение разных особенностей УФ спектра со спектральным классом для В звезд главной последовательности

*Заключение.* Основной целью данной работы было – показать возможность использования УФ спектров для выбора критериев спектральной классификации. В результате было установлено, что отношение  $EW \lambda 1309 / \lambda 1299$  показывает явную зависимость от спектрального подкласса, но разный наклон для обоих классов светимости, поэтому это отношение можно использовать для разделения классов светимости V и IV. Сильная линия CIV может быть хорошим критерием для выделения звезд Be.

Результаты работы являются предварительными, так как спектры высокого разрешения не очень подходят для выбора критериев спектральной классификации. Для получения дополнительных уверенных критериев спектральной классификации в УФ

необходимы специальные наблюдения в УФ группы стандартных В звезд с умеренным разрешением.

*Работа выполнена в рамках программы 002 «Прикладные исследования в области космической деятельности».*

## Резюме

*А. В. Курчаков, Л. Н. Князева*

(«Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан Республикасы)

### УК СПЕКТРЛЕРІ БОЙЫНША В ЖҰЛДЫЗДАРЫНЫҢ СПЕКТРЛІК ЖІКТЕУЛЕРІНІҢ ӨЛШЕМДЕРІ

*Мақсаты.* В және Ве жұлдыздарының спектрлік жіктеулерінің үшін, ультракүлгін (УК) спектрлерінің ерекшеліктерін қолдану мүмкіншілігін көрсету.

*Әдісі.* Өртүрлі спектрлік кластар тармақтарының (кластар астындағы немесе класшалар) В және Ве жұлдыздар топтарының УК спектрлерінің ерте кезде өлшенген баламалы енінің ерекшеліктері және түрлі-түсті температура, спектрлік тармақтары бар орташа баламалы енінің өзгеруіне байланысты іздеу үшін екі жарқырауды қолдану.

*Нәтижелері.* SiII және SiIII сызықтарының баламалы енінің қатынасы В жұлдыздарының спектрлік жіктеуі үшін жақсы өлшемдер болып табылады. CIV сызығының баламалы ені, Ве жұлдыздарын жекешелеуге арналған өлшем болуы мүмкін.

**Тірек сөздер:** В және Ве жұлдыздары, спектрлік жіктеу, ультракүлгін бақылаулары.

## Summary

*A. V. Kurchakov, L. N. Knyazeva*

(D TOO «Fesenkov Astrophysical Institute», Almaty, Republic of Kazakhstan)

## ABOUT CRITERIA OF SPECTRAL CLASSIFICATION OF B STARS IN UV

*Aims:* To demonstrate the ability to use features of the UV spectrum for spectral classification of B and Be stars.

*Methods:* The equivalent widths of the chosen features in UV spectra of group of B and Be stars are used in order to obtain the connection between the average equivalent widths and spectral subclass and color temperature.

*Results:* The good UV criterion for spectral classification of B stars is the ratio of the equivalent widths of the SiII and SiIII. lines. The equivalent width of line CIV can be criterion for selection of Be of stars.

**Keywords:** B and Be stars, spectral classification, ultraviolet observations.

*Поступила 2.09.2013г.*