

УДК 524.3

Л.Н. КОНДРАТЬЕВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НII ОБЛАСТИ Sh 2-266

Приводятся результаты многолетних спектральных и фотометрических наблюдений НII области Sh2-266 и ее центральной звезды MWC 137. Анализ спектров, полученных в разных сечениях туманности, позволяет выявить структурные особенности ионизованного газа. Получены оценки блеска центральной звезды и эквивалентные ширины эмиссионных линий в ее спектре. Рассматриваются возможные механизмы формирования широких эмиссионных линий водорода в спектре MWC 137.

Объект Sh2-266 с координатами $\alpha_{2000} = 6^{\text{h}}19^{\text{m}}$, $\delta_{2000} = +15^{\circ}17'$ представляет собой область ионизованного газа с размерами $\sim 40 \times 70''$ (см. рис. 1). В центре области расположена звезда MWC 137, которая служит источником ионизующего излучения. Первоначально объект Sh2-266 был включен в Каталог планетарных туманностей [1]. Однако вскоре, на основе результатов инфракрасных наблюдений, этот объект был классифицирован, как НII область [2]. Результаты спектральных наблюдений Sh2-266, проведенных в 1989 и 1994 гг., опубликованы в работе [3]. В Астрофизическом институте первые спектрограммы Sh2-266 были получены в 1971 г. В спектре объекта были выявлены эмиссионные линии низкого возбуждения: H_I, [NII], [OI] и [SII], а в спектре центральной звезды - эмиссионные линии H_I, FeII, HeI и широкие эмиссионные линии H_I: FWHM (H _{α}) = 5.6 ± 0.3 [4]. Активное изучение звезды MWC 137 началось в конце 80-х годов. Она была включена в программы исследований звезд различных типов: Be, B[e] и Ae/Be Хербига, соответственно изменялась и ее спектральная принадлежность: Be [2], B0 [5], B[e]-supergiant [6,7] и Cont [8]. В статье [9] отмечается уникальность звезды MWC 137, а именно слишком большой поток радиоизлучения, высокая степень поляризации $\sim 6\%$ и большие значения эквивалентной ширины линии H _{α} : EW = 300–500 Å.

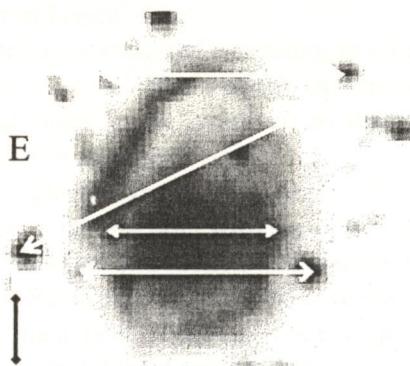


Рис. 1. Изображение туманности Sh2-266 в «красных лучах»

В данной работе приводятся результаты многолетних спектральных и фотометрических наблюдений объекта Sh2-266 и его центральной звезды.

Туманность Sh2-266

Наблюдения были выполнены в АФИФ в 1971–2007 гг. на дифракционном спектрографе, установленном на телескопе АЗТ-8. До 1999 г. приемником излучения служил ЭОП УМ-92 – трехкаскадный электронно-оптический преобразователь, изображения фиксировались на астрономическую фотопленку. Позднее спектрограф был оснащен матрицей ST-8. Аппаратура и методика наблюдений подробно описаны в статье [10]. Спектрограммы с дисперсией 70–150 Å mm⁻¹ перекрывали широкий диапазон длин волн, $\lambda\lambda = 4000$ –7600 Å. Дополнительно были получены спектрограммы с дисперсией 15–20 Å mm⁻¹ для исследования профилей эмиссионных линий. При работе с матрицей максимальная дисперсия составляла 0.18 Å пиксель⁻¹. На рис. 1 отчетливо прослеживаются структурные неоднородности, в частности, кольцо состоит из отдельных фрагментов с довольно четкими границами. Исследование проводились в отдельных зонах туманности, стрелки на рис. 1 показывают положения щели спектрографа во время спектральных наблюдений.

Таблица 1. Относительные интенсивности эмиссионных линий для разных сечений туманности

Длина волны	Сечение 1	Сечение 4	Сечение 3
6300 [OI]	14.6	10.9	15.4
6548 [NII]	25.1	21.2	28.2
6563 H _{β}	300	300	300
6583 [NII]	90.8	63.2	82.3
6717 [SII]	53.6	41.0	61.9
6731 [SII]	28.5	21.5	41.7

В Таблице 1 даны средние для каждого сечения интенсивности линий в шкале $I(\text{H}\alpha) = 300$. Распределение относительных интенсивностей эмиссионных линий $\text{H}\alpha$, [NII], 6583 и [SII], 6717, 6731 Å вдоль выбранных сечений приводится на Рис. 2. Можно отметить, что интенсивность линии $\text{H}\alpha$ слабо меняется в пределах туманности и вдоль отдельных сечений. В то же время относительные интенсивности линий [NII] и [SII] зависят от наблюдаемой структуры туманности. Прежде всего, по данным Таблицы 1, запрещенные линии имеют минимальную интенсивность в центральной области туманности (Сечение 4) и увеличиваются в северном и южном направлениях. Рассмотрим сечение 1 (Рис. 2а),

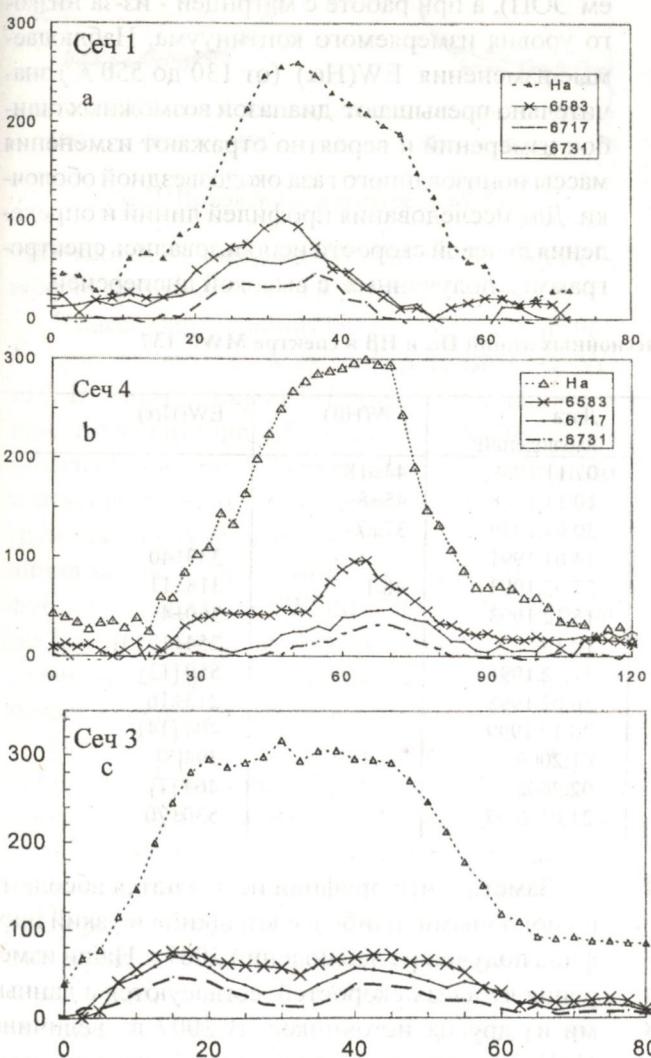


Рис. 2. Распределение относительных интенсивностей эмиссионных линий вдоль сечений.

оно пересекает сначала западную часть туманности с довольно размытой структурой и заканчивается плотным фрагментом северного кольца. Его положение отмечено максимальной интенсивностью линий $\text{H}\alpha$, [NII] и [SII]. При этом отношение $I(6583)/I(\text{H}\alpha) \approx 0.40$ и $I(6717)/I(\text{H}\alpha) \approx 0.25$. В центральной зоне эти отношения примерно в 1.5 раза меньше (см. Рис. 2c). Но и здесь максимальная интенсивность запрещенных линий приходится на небольшую зону повышенной яркости в середине сечения. Сечение 3 (Рис. 2в) проходит через два плотных фрагмента в южной части кольца, и их положения совпадают с максимумами излучения в линиях [NII] и [SII], но никак не прослеживаются в эмиссии $\text{H}\alpha$.

Отношение интенсивностей $I(6583)/I(\text{H}\alpha)$ вдоль сечения 3 меняется от 0.25 (плотные фрагменты) до 0.10 – в промежуточной области. Соответственно, отношение $I(6717)/I(\text{H}\alpha)$ меняется в пределах 0.23 – 0.07. Электронная плотность газа в туманности очень низкая, в так называемых «плотных» фрагментах кольца она составляет $\sim 100 - 150 \text{ см}^{-3}$.

Итак, в исследуемой туманности, по крайней мере, в выбранных сечениях, относительные интенсивности линий [NII], 6583 Å и [SII], 6717 Å меняются в 2.5 – 3.0 раза. Причем, как показывают наблюдения, излучение запрещенных линий явно связано с наиболее плотными фрагментами структуры туманности. Предположение о том, что это связано со стратификацией ионизующего излучения не находит подтверждения, так как в этом случае в центральной зоне туманности вместо исчезающих линий низкого возбуждения должны были бы появиться эмиссии HeI, 6678,7065 и [SIII], 6312 Å, однако их нет.

Изменения интенсивностей запрещенных линий может быть обусловлено неоднородностями химического состава и (или) колебаниями электронной температуры. Фрагменты кольца, в которых фиксируется повышенное излучение запрещенных линий, на Рис. 1 имеют довольно четкие границы. Возможно, они сформировались при прохождении фронта ударной волны, в этом случае можно ожидать повышения электронной температуры газа в этих зонах, и, как следствие – усиления интенсивности запрещенных линий. С другой стороны, возможно, что уже после формирования кольцевой структуры центральная

область постепенно заполнялась веществом, преимущественно состоящим из водорода. По крайней мере, глобулы и джеты «ударного» происхождения, в спектрах которых наблюдается усиление запрещенных линий, найдены в ряде объектов [11,12].

Центральная звезда MWC 137.

Фотометрические данные для центральной звезды приводятся в Таблице 2. Процедура определения звездных величин подробно описана в статье [10]. Наряду с нашими результатами, использованы данные других авторов, соответствующие ссылки указаны в последнем столбце.

Таблица 2. Фотометрические характеристики MWC 137

Дата наблюдений	B	V	R	Ссылки
1972 -1974	12.9	11.20		[14]
Ноябрь 1981	13.23±0.02	12.05±0.02		[9]
10.11.1988		11.53±0.05		
15.02.1988		11.78±0.05		
Февраль 1991	13±0.02	11.84±0.02	10.74±0.02	[5]
21.01.2007	13.54±0.02	12.19±0.02	10.71±0.04	

Весьма скучные фотометрические данные, тем не менее, охватывают большой временной

интервал и показывают, что блеск звезды меняется в пределах ~ 0.5-0.6 зв. вел. Сечение 2 проходит через центральную звезду MWC 137. Наиболее яркими линиями в ее спектре являются H β , H α , FeII, 4924, 5018Å и HeI, 5876, 6678 и 7065Å. В таблице 3 приведены эквивалентные ширины EW (H α) и EW (H β), в первом и 4-м столбцах указаны даты наблюдений. Наряду с нашими результатами, в таблице приведены данные других авторов с соответствующими ссылками.

Как правило, значения EW определялись по измерениям 2-х и или трех спектрограмм, полученных в течение ночи. Точность большинства значений близка к 10%, большие ошибки (20 – 30%) возникали из-за передержанного изображения линии H α (при наблюдениях с использованием ЭОП), а при работе с матрицей - из-за низкого уровня измеряемого континуума. Наблюдавшие изменения EW(H α) (от 130 до 550 Å) значительно превышают диапазон возможных ошибок измерений и вероятно отражают изменения массы ионизованного газа околозвездной оболочки. Для исследования профилей линий и определения лучевой скорости использовались спектрограммы, полученные с высокой дисперсией.

Таблица 3. Эквивалентная ширина эмиссионных линий H α и H β в спектре MWC 137

Дата наблюдений	EW(H β)	EW(H α)	Дата наблюдений	EW(H β)	EW(H α)
21.02.1971		362±35	07.11.1988	44±18	
10.02.1972		288±48	10.11.1988	45±8	
29.12.1972		180±40	30.01.1989	37±7	
21.02.1974	44.6±4.2	205±15	14.01.1991		330±40
02.03.1978	32.4±3.2		27.02.1993	48.1	318±11
31.03.1978	34.5±6.0		15.12.1993		360±40
03.04.1978		210±11	10.1994		254±17 [3]
04.04.1978		203±29	31.12.1996		550 [13]
06.04.1978	49.6±2.4		26.02.1998		213±16
07.03.1981		316±23	20.12.1999		404 [14]
09. 1981		133 [9]	01.2000	54.4	394[8]
09.1987		395[7]	02.2002		464 [7]
15.02.1988	53.5		21.01.2007		530±70

В Таблице 4 приведены значения FWHM (H α), характеризующие ширину профиля, и V r – проекции лучевой скорости на луч зрения, исправленные за движение Солнца. Для сравнения в правой части Таблицы 3 даны результаты других авторов. Соответствующие профили H α , приведенные к одному масштабу I $_{max}$ (H α)=300, приводятся на Рис 3. Ось X соответствует шкалам лучевых скоростей.

Заметно, что профили не являются абсолютно подобными, наиболее «гладкий» и узкий профиль получен из наблюдений 2007 г. Наши измерения лучевых скоростей согласуются с данными из других источников. В 2007 г. величина V r (H α) значительно уменьшилась, хотя лучевые скорости, измеренные по линиям HeI, λ5876, и 6678 за ту же дату, равны соответственно +29.7±8.0 км сек $^{-1}$ и +27 ±9.0 км сек $^{-1}$ т.е. мало

Таблица 4. Характеристики профиля линии Нα и лучевые скорости

Дата наблюдений	FWHM (Нα) (км сек ⁻¹)	Vr (Нα) (км сек ⁻¹)	Дата наблюдений	FWHM(Нα) (км сек ⁻¹)	Vr (Нα) (км сек ⁻¹)
29.12.1972	255±18	+43.7±9.0	Сентябрь 1987[7]	197	+42
21.02.1974		+47.4±10.0	Октябрь 1994 [3]	210	
15.12.1993	258±18	+42.3±9.0	Февраль 2002[7]	196	+43
21.01.2007	222±12	+28.6±8.0			

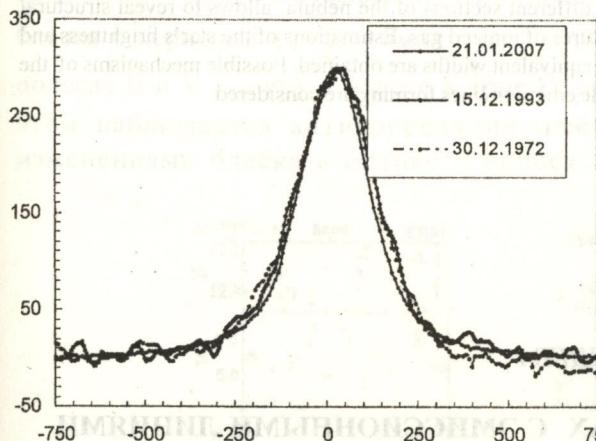


Рис 3. Профили Нα в спектре MWC137

отличаются от значения Vr (5876)= 32 км сек⁻¹, полученного в 2002 г. в работе [7].

Эмиссионные линии HeI, λλ 5876, 6678 и 7065 Å присутствуют на всех спектрограммах MWC 137. В статье Zickgraf [7] приводятся данные о том, что в сентябре 1987 г. линия λ 5876 наблюдалась в поглощении. Вероятно, это явление было кратковременным, так как на наших спектрограммах, полученных в феврале 1988г, эта линия наблюдалась в эмиссии. По данным последних наблюдений FWHM (5876) = 234±15 км сек⁻¹. Форма профиля асимметрична (см Рис. 4.), возможно, слабая абсорбция существует и оказывает влияние на «синее» крыло.

В спектре MWC 137 широкие эмиссионные линии имеют гладкие профили с одним максимумом. Причем, по данным 2007г., линия HeI, 5876 по ширине несколько превышает линию Нα. Иными словами, соответствующие значения скорости растут с увеличением потенциала ионизации линии и уменьшаются с удалением от звезды. Таким образом, подтверждается вывод, сделанный в статье [7] о том, что в спектре MWC 137 основным механизмом формирования широких эмиссионных линий является вращение.

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.

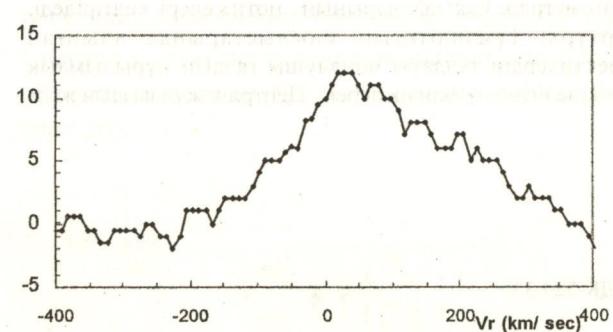


Рис. 4 Профиль эмиссионной линии λ 5876. Спектр получен 21.01. 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perek L., Kohoutek L. Catalogue of galactic Planetary Nebulae// 1967. Prague.
2. Frogel J., Persson S. Infrared photometry of the HII region Sh2-266// Astrophys/ Lett. 1972. V. 11, P. 95.
3. Esteban C., Fernandez M. S266: a ring nebula around a galactic B[e] supergiant// 1998. MNRAS. V.298, P. 185 – 192 .
4. Кондратьева Л.Н. Спектральные исследования объектов с широкими эмиссионными линиями //Труды АФИ. 1975. Т.25, 23-25.
5. Hellenbrand L., Strom S. et al. Herbig Ae/Be stars: Intermediate-mass stars surrounded by massive circumstellar accretion discs// Ap.J. 1992. V. 397, P. 613 – 643.
6. Hamann F., Person S. Emission-line studies of young stars.II. The Herbig Ae/Be stars// ApJSS. 1992. V. 82, P.285 – 308.
7. Zickgraf R. Kinematical structure of the circumstellar environments of galactic B[e]-type stars// 2006. A&A in publish
8. Hernandez J., Calvet N. Spectral analysis of Herbig Ae/Be stars// AJ. 2004. V. 127, P. 1682.
9. Finkenzeller U., Mundt R. The Herbig Ae/Be stars associated with nebulosity// 1984. AASS. V. 55, P.109 – 141.
- 10.Kondratyeva L., Spectral study of planetary nebulae at the Fessenkov Astrophysical Institute//2003, Astron Astrophys Trans. V 22, P. 181 – 191.
- 11.Sirianni M, Nota A. et al. A bipolar outflow in the M1-67 nebular around the W-R star WR 124//1997. A&A V. 320, P. 568 – 574
- 12.Wets K., Duschl W. et al. The bipolar structure of the LBV nebula around HR Carina// 1997. A&A, V. 320, P.120.

13. Oudmaijer R., Drew J. $\text{H}\alpha$, spectropolarimetry of B[e] and Herbig Be – stars// 1999. MNRAS. V. 305, P166 – 180.
14. Vink J., Drew J. Probing the circumstellar structure of Herbig Ae/Be stars//2002. MNRAS. V.337, P. 356.

Резюме

Sh2-266 HII аймағының және оның MWC 137 центрлік жұлдызының көпжылдық спектрлік және фотометрлік бақылауларының нәтижелері келтіріледі. Әртүрлі тұмандықтың қылыштарында алынған спектрлердің талдауы иондаушы газдың құрылымдық ерекшелігіне мүмкіндік береді. Центрлік жұлдыздың жал-

тырауының бағасы және оның спектріндегі эмиссиялық сыйықтардың баламалы ендері алынған. MWC 137 спектрінде сутегінің кең эмиссиялық сыйықтарын қалыптастырудың мүмкін механизмдері зерттеледі.

Summary

The results of the long-term spectral and photometric observations of the HII region Sh2-266 and it's the central star MWC 137 are presented. An analysis of the spectra, received in the different sections of the nebula allows to reveal structural features of ionized gas. Estimations of the star's brightness and H β equivalent widths are obtained. Possible mechanisms of the wide emission lines forming are considered.