

УДК: 524.37

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ПЯТИ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

М.А.КАЗАРЯН, Э.С.ПАРСАМЯН, Л.ПАРРАО

Поступила 26 марта 1998

Принята к печати 25 мая 1998

Приводятся результаты спектрального исследования пяти планетарных туманностей. Определены относительные интенсивности эмиссионных линий, наблюдавшихся в них. Определены электронная концентрация и электронная температура центральной области туманности KJ Pn 8. Было показано, что возбужденность газа в этой области очень высокая.

1. *Введение.* Благодаря открытию вокруг ядер некоторых планетарных туманностей особых симметричных образований, снова возрос к ним интерес. У каждой из этих туманностей выделяются несколько пар образований, компоненты которых находятся в диаметрально противоположных направлениях и, примерно, на одинаковом расстоянии от ядра туманности. По всей вероятности, компоненты каждой пары выбрасывались из ядра одновременно с одинаковой скоростью. Следует полагать, что пары выбрасывались с разными скоростями. Такие пары были обнаружены в ряде туманностей: Fleming I, NGC 6543, He3-1475, KJ Pn 8 и др. [1-5]. В туманности KJ Pn 8, Лопес и др. обнаружили биполярные, вращающиеся, эпизодические выбросы, обозначенные ими как (BRET) [5]. Подробное исследование комплексов образований в туманности NGC 6543 было проведено на хаббловском телескопе [6]. На основании этого исследования, в туманности были выделены низко возбужденные симметричные пары, так называемые "caps" и "ansae", а также выбросы, движущиеся с большими скоростями. Согласно Балику это быстрые низкоионизированные эмиссионные области (FLIER) [7].

Некоторые параметры для ядра NGC 6543 были определены в работе [8], согласно которой спектрофотометрическая температура равна 25000°K, бальмеровский скачок,  $D = -0.20$ , спектральный класс ядра - WN6. Туманность NGC 6543 является рентгеновским источником.

Отмеченные особенности, как у NGC 6543, так и у других планетарных туманностей, могут быть ключом к разгадке истинного механизма происхождения этих деталей. Несомненно окончательное решение этих задач прольет свет на эволюцию планетарных туманностей.

Настоящая работа посвящена спектрофотометрии пяти планетарных

туманностей, открытых ранее нами [9] и обозначаемые как KjPn [10]. Ниже в табл.1 приведены некоторые данные относительно этих объектов. В первом и во втором столбцах приведены их порядковые номера согласно работам [9,10], соответственно. Координаты туманностей приведены для эпохи 2000г., величины угловых размеров и  $m$ , (интегральная красная звездная величина взяты из [9]).

Таблица 1

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ТУМАННОСТЯХ

№ туманности по [9]	№ туманности по [10]	$\alpha_{2000}$	$\delta_{2000}$	Размеры	$m$ ,
1	K4-51	20 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> .2	+40°50'.2	13x13"	15 <sup>m</sup> .7
2	K3-75	20 15.3	+40 40.3	17x10	16.0
5	K3-77	20 29.8	+40 22.2	19x19	13.0
6	K4-58	22 47.9	+67 02.5	17x12	14.0
8	K3-89	23 24.3	+67 57.0	13x13	15.0

2. *Наблюдательный материал.* Наблюдения были проведены одним из авторов (Э.С.П.) на 2.12-м телескопе обсерватории Г.Аро в Кананеа (Мексика) со спектрографом LFOS в фокусе Кассегрена, позволяющим получить спектральную область около  $\lambda$  4000-7100 Å с дисперсией примерно 5.5Å/pixel. Разрешающая сила системы, примерно 15Å [11]. В табл.2 приведены даты наблюдений, экспозиции и количество использованных спектров. Ширина щели была 3", а высота 360".

Спектральная чувствительность системы определялась по спектру

Таблица 2

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ УСЛОВИЯХ НАБЛЮДЕНИЙ

№ туманности	Дата наблюдений	Экспозиция (в мин.)	Количество спектров
1	04.07.95	30	1
2	04.07.95	20	1
5	04.07.95	10	1
6	04.07.95	20	1
8	20.06.95	30	1
8	08.07.95	40	1

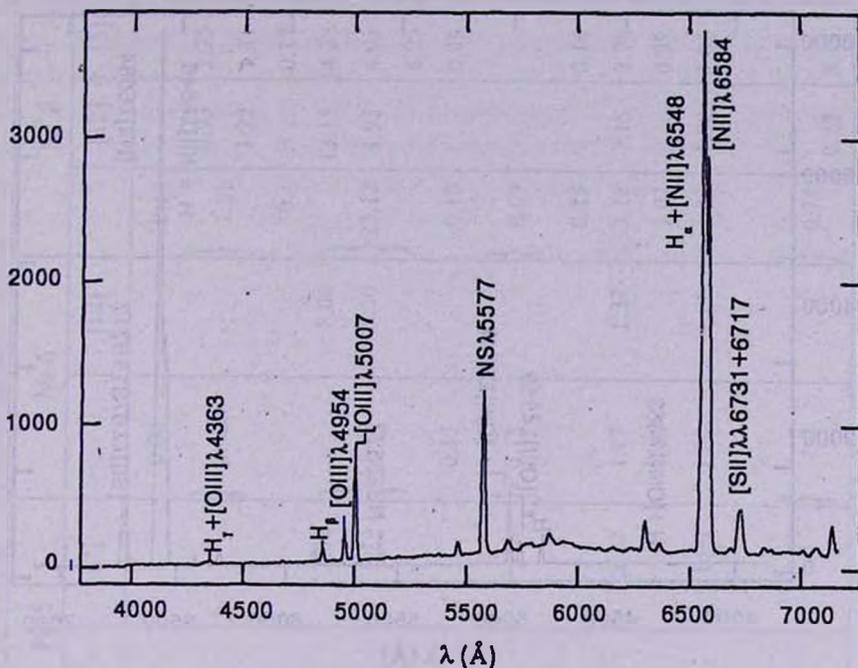


Рис.1. Спектр туманности №2.

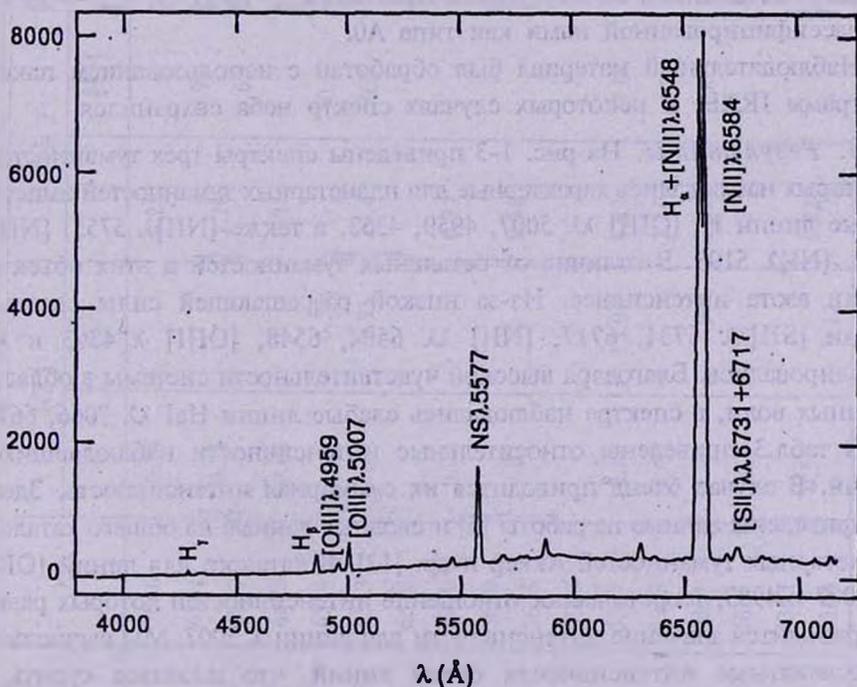


Рис.2. Спектр туманности №6.

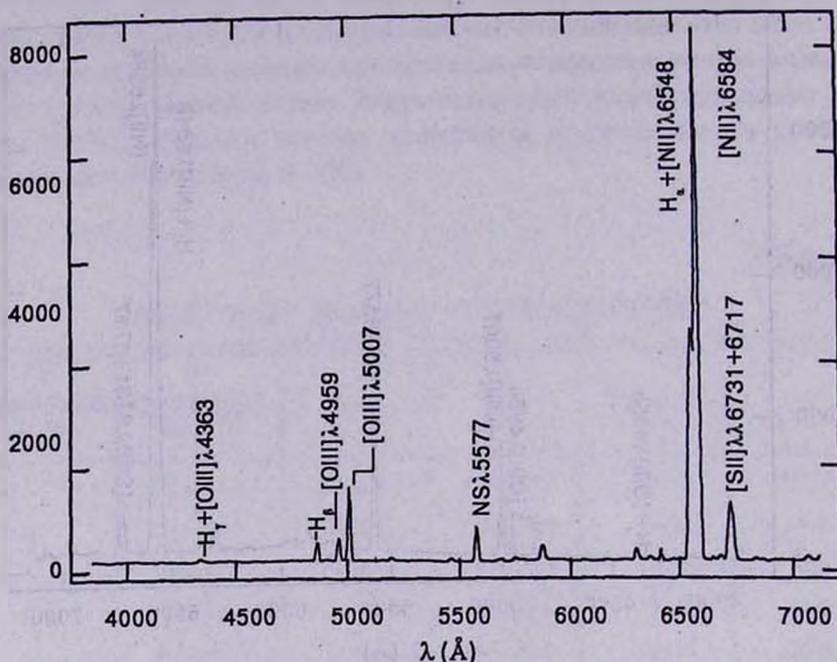


Рис.3. Спектр туманности №8.

звезды, находящейся около туманности N3, ( $\alpha_{2000}=20^h17^m.4$ ,  $\delta_{2000}=+38^{\circ}47'$ ) и классифицированной нами как типа A0.

Наблюдательный материал был обработан с использованием пакета программ IRAF. В некоторых случаях спектр неба сохранился.

**3. Результаты.** На рис. 1-3 приведены спектры трех туманностей, в которых наблюдались характерные для планетарных туманностей эмиссионные линии H, [OIII]  $\lambda\lambda$  5007, 4959, 4363, а также [NII]  $\lambda$  5755, [NII]  $\lambda$  5680, [NI]  $\lambda$  5198. В отличие от остальных туманностей в этих объектах линии азота интенсивнее. Из-за низкой разрешающей силы системы линии [SH]  $\lambda\lambda$  6731, 6717, [NII]  $\lambda\lambda$  6584, 6548, [OIII]  $\lambda$  4363 и  $H\gamma$  блендировались. Благодаря высокой чувствительности системы в области длинных волн, в спектре наблюдались слабые линии HeI  $\lambda\lambda$  7066, 6678.

В табл.3 приведены относительные интенсивности наблюдавшихся линий. В случае бленд приводится их суммарная интенсивность. Здесь же приведены данные из работы [5] и сводные данные из общего каталога планетарных туманностей Аккер и др. [12]. В каталоге для линий [OIII]  $\lambda\lambda$  5007 и 4959, теоретическое отношение интенсивностей которых равно 3, приводится значение интенсивности для линии  $\lambda$  5007. Мы вычислили относительные интенсивности обеих линий, что позволяет судить о погрешностях полученных данных, т.е. насколько вычисленные данные отличаются от теоретического. Как видно из табл.3, отмеченные

Таблица 3

Ион	$\lambda_0$	№ 1		№ 2		№ 5		№ 6		№ 8		
			[12]		[12]		[12]		[12]		[12]	[5]
HeI	7066	0.14		0.28		0.14		0.08		0.12		
[SII]	6731	} 0.24		} 1.28	} 0.97	} 4.43		} 0.42		} 1.51	0.93	1.25
[SII]	6717											
HeI	6678	0.08		0.04						0.1		0.17
[NII]	6584	} 6.34	} 0.53	} 24.4	} 10.5	} 6.16	} 2.02	} 13.72	} 8.06	} 23.12	13.15	4.33
H <sub>γ</sub>	6563											
[NII]	6548											4.95
[NII]	5755	0.04		0.23		0.30		0.15		0.10		0.09
NII	5680	} 0.07		} 0.56		} 0.23		} 0.15		} 0.09		
NII	5676											
NI	5198									0.15		0.16
[OIII]	5007	10.80	13.07	6.67	27.0	8.76	3.32	1.17	1.37	3.12	3.15	2.98
[OIII]	4959	3.40		2.11		2.84		0.45		1.07		0.98
H <sub>β</sub>	4861	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HeII	4686	0.13				0.23						
[OIII]	4363	} 0.57		} 1.22		} 0.76		} 1.0		} 0.74		
H <sub>γ</sub>	4340											

отклонения наших наблюдений для этих линий меняются в пределах 3-13%, что является достаточно хорошей точностью. Сравнение наших данных с данными из [5] и [12] показывает, что в пределах ошибок измерений они совпадают, кроме линий [OIII]  $\lambda\lambda$  5007, 4959 в туманности KJpн2 [5]. В случае туманности N2 наши данные, примерно, в 4 раза отличаются от данных каталога [12], а туманности N5 - в 2.7 раза. Такое отклонение или результат ошибок, или переменности. Для выяснения желательны новые наблюдения.

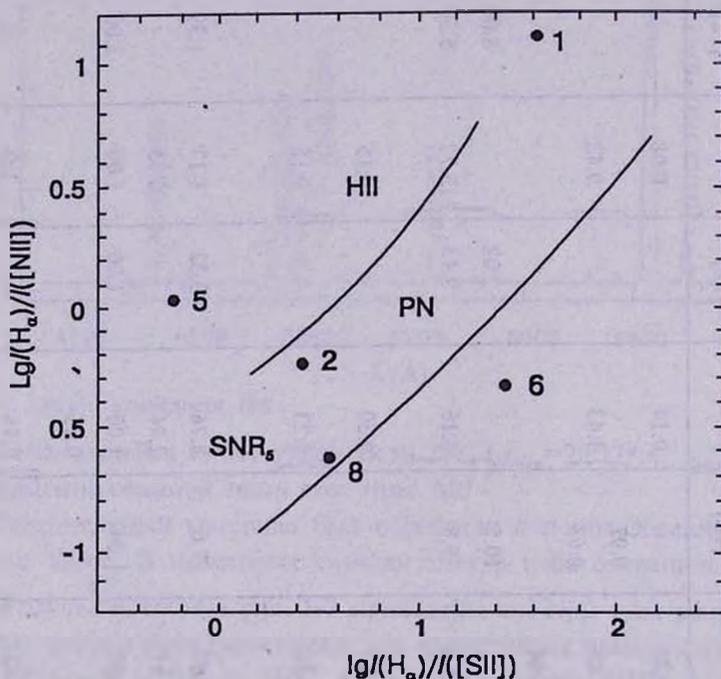


Рис.4. Диаграмма зависимости  $\lg I(H_\alpha)/I([NII])$  от  $\lg I(H_\alpha)/I([SII])$

4. *Обсуждение результатов.* На рис.4 приведена зависимость

$$\lg I(H_\alpha)/I([NII]) \text{ от } \lg I(H_\alpha)/I([SII]), [5],$$

где изученные объекты, в основном, попадают в область, занимаемую планетарными туманностями [5]. На рис.5, приведена зависимость

$$\lg I([OIII])/I(H_\beta) \text{ от } \lg I([NII])/I(H_\alpha), [13],$$

где объекты попадают в область, примыкающую к области, свечение которых вызывается ударными волнами.

По данным табл.3 и работы [12] нами определены электронная плотность  $n_e$  и электронная температура  $T_e$  для туманностей KJpн 1,2,8 (табл.4). Значения этих параметров для центральной части туманности KJpн 8 приведены в работе [5]. Они были определены по интенсивностям

линий ионов [SII] и [NII] и относится к ее низко-возбужденной области. Как видно из табл.4 результаты наших измерений и работы [5] несколько отличаются.

В центральной части KJpn 8 наблюдаются также линии [OIII]  $\lambda$

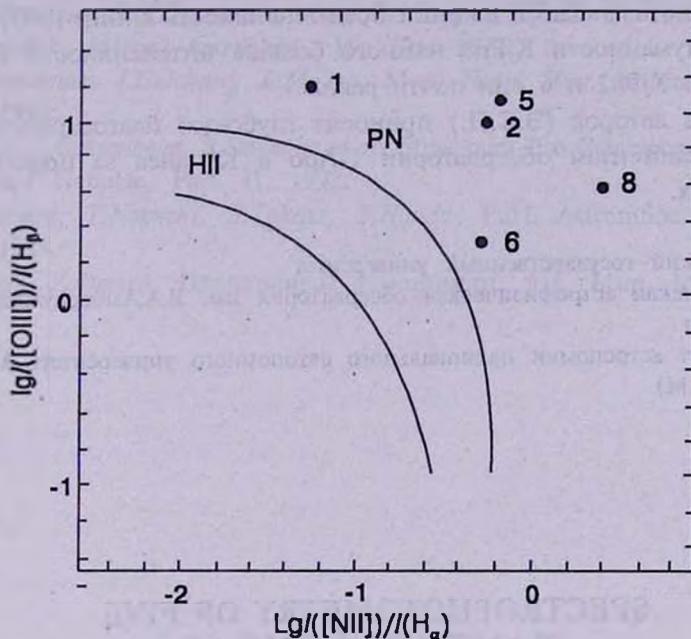


Рис.5. Диаграмма зависимости  $\lg I(\text{OIII})/I(\text{H}_p)$  от  $\lg I(\text{NII})/I(\text{H}_a)$ .

5007, 4959 и [OIII]  $\lambda$  4363, которые образуются в ее высоко-возбужденных областях. Для определения  $n_e$  и  $T_e$  в этой области нами было использовано известное соотношение между отношением интенсивностей  $I(5007)+I(4959)/I(4363)$  и величинами  $n_e$ ,  $T_e$ . Так как последние две величины неизвестны, то для определения  $T_e$  было использовано общепринятое значение  $n_e=10^4\text{см}^{-3}$ , характерное для области, где образуются линии [OIII]. Согласно нашему определению,  $T_e$  оказалась равной

Таблица 4

#### ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛОТНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

№ туманности	$n_e$ [SII]	$T_e$ [NII]	$T_e$ [OIII]	$n_e$ [SII] [5]	$T_e$ [NII] [5]
1	-	-	11000K	-	-
2	$3000\text{см}^{-3}$	-	-	-	-
8	150	8500K	32000	$300\text{см}^{-3}$	7500K

32000°К. В табл.4 приведена величина  $T_e$  также и для туманности KjPn1, вычисленная аналогичным путем.

Таким образом, центральная область туманности KjPn8 является одновременно и областью высокого возбуждения.

Как видно из табл.3 и из рис.1-3, интенсивность линии [NII]  $\lambda$  6584 в спектре туманности KjPn8 намного больше интенсивности  $H_{\alpha}$ , а у туманностей KjPn2 и 6 они почти равны.

Один из авторов (Э.С.П.) приносит глубокую благодарность всем ночным ассистентам обсерватории Г.Аро в Кананса за помощь при наблюдениях.

Ереванский государственный университет

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,  
Армения

Институт астрономии национального автономного университета Мексики  
(IAUNAM)

## SPECTROPHOTOMETRY OF FIVE PLANETARY NEBULAE

M.A.KAZARIAN, E.S.PARSAMIAN, L.PARRAO

The results of spectrophotometry of five planetary nebulae are presented. The relative intensities of observed emission lines are obtained. The electron concentration and electron temperature for central region of KjPn8 are determined. It is shown that the excitation of the gas in this region is very high.

## ЛИТЕРАТУРА

1. J.A.Lopez, M.Roth, M.Tapia, *Astron. Astrophys.*, 267, 194, 1993.
2. J.A.Lopez, J.Meaburn, J.Palmer, *Astrophys. J.* 415, 135, 1994.
3. J.P.Harrington, K.J.Borkowski, *BAAS*, 26, 1469, 1964.
4. M.Bobrowsky, A.A.Zijlstra, E.K.Grebel et al., *Astrophys. J.*, 446, L89, 1995.
5. J.A.Lopez, R.Vazquez, L.F.Rodriguez, *Astrophys. J.*, 455, L63, 1995.

6. *P.Harrington*, Newsletters, 12, №1, 3, 1995.
7. *V.Balick, M.Perinotto, A.Maccioni, Y.Terzian, A.Hajian*, Astrophys. J., 424, 800, 1994.
8. *М.А.Казарян*, Сообщ. Бюраканск. обсерв., 39, 35, 1968.
9. *М.А.Казарян, Э.С.Парсамян*, Астрон. Цирк., №602, 6, 1971.
10. *L.Kohoutek*, Astron. Astrophys., 16, 291, 1972.
11. *E.S.Parsamian, J.Guichard, R.Mujica*, Mon. Notis. Roy. Astron.Soc., 270, 893, 1994.
12. *A.Acker, F.Ochsenbeim, B.Stenholm et al.*, Strasbourg-Eso Catalogue of Galactic Planetary Nebulae, Part. II, 1992.
13. *Н.Маехара, Т.Ногучи, В.Такаса, Т.Ханда*, Publ. Astron.Soc.Japan, 39, 393, 1987.
14. *Л.Аллер, У.Лиллер*, Планетарные туманности, изд. Мир, М., 1971.