

УДК: 524.575:520.828

О КОМЕТАРНОЙ ТУМАННОСТИ ПАРСАМЯН 21

В. М. ПЕТРОСЯН

Поступила 19 апреля 1984

Принята к печати 25 мая 1984

Приведены результаты изоденситометрического и спектрофотометрического исследования кометарной туманности P21 и связанного с ней ядра. Форма изоденс ядра отличается от таковых для нормальных звезд, чем напоминает R Моп. Спектральное исследование ядра P21, проведенное на основе наблюдательного материала за 1981—1982 гг., показывает, что оно является звездой класса F2—F5V, с оболочкой, расширяющейся со скоростью около 120 км/с.

1. *Введение.* Кометарная туманность Парсамян 21 (P21) [1] по своей внешней форме напоминает известную кометарную туманность NGC 2261, связанную с объектом R Моп. Она входит в «Каталог кометарных туманностей и родственных объектов» [2] под номером 88 и описана как объект класса Ia, в который входят туманности конической формы с ядром в вершине конуса и прототипом которых является NGC 2261.

Ядром туманности P21 служит переменный в непрерывном спектре и в линиях звездообразный объект [3, 4]. По излучению в инфракрасном диапазоне длин волн ядро P21 отнесено Коэном к тому же типу объектов, что и ядро NGC 2261 [5].

P21 расположена в периферии безымянной, маленькой по размерам темной туманности, находящейся в созвездии Орла. На западной стороне туманности наблюдается явно связанное с ней сгущение.

Область P21 наблюдалась в основных линиях и линиях-спутниках гидроксила. Излучение или поглощение в этих линиях от указанной области не обнаружено [6, 7]. P21 наблюдалась также с целью обнаружения высокоскоростной ^{12}CO эмиссии [8], но таковая для нее не наблюдалась. Обнаруженная CO эмиссия в линии 115 GHz ($J = 1 \rightarrow 0$) имела полуширину всего $\Delta V = 3\text{ км/с}$. Туманность наблюдалась также в непрерывном спектре в радиодиапазоне, величина радиопотока от нее на 12 см меньше 20 мЯн, а на 21 см — 50 мЯн [9].

В настоящей работе приведены результаты детального изоденситометрического и спектрофотометрического исследования туманности P21 и ее ядра.

2. *Наблюдательный материал и его обработка.* Прямой снимок P21, использованный для изоденситометрического исследования, получен на 2-м телескопе Таугенбургской обсерватории ЦИА АН ГДР в V-лучах.

Спектральные наблюдения P21 проведены в первичном фокусе 6-м телескопа Специальной астрофизической обсерватории АН СССР со спектрографом UAGS с телевизионным 500-канальным сканнером со счетом фотонов. Эффективное спектральное разрешение при наблюдениях составляло около 5А (дисперсия 100 А/мм).

В табл. 1 приведены данные о спектральных наблюдениях туманности P21. Часть туманности, для которой был получен спектр, находится в среднем на расстоянии 5" севернее ядра P21.

Таблица 1

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТУМАННОСТИ P 21
ЗА ПЕРИОД 1981—1982 гг.

Область	Дата	Экспоз. (мин)	Спектр. диапазон. (А)
Ядро P 21	9.5.1981	15	5840—7220
"	13.5.1981	15	"
"	26.7.1981	15	"
"	"	10	4740—6100
"	"	10	3780—5120
"	28.7.1981	10	5840—7220
Туман. P 21	"	10	"
Сгущ. в P 21	"	10	"
Ядро P 21	19.6.1982	10	6120—7510

Изоденситометрическое исследование туманности P21 проведено фотографическим методом [10] в фотолаборатории Таугенбургской обсерватории. На рис. 1 приведены фотографии девяти изоденситометрических сечений P21.

3. *Результаты.* Как видно из рис. 1 (изоденситометрические сечения 1 и 2), туманность P21 имеет классическую кометообразную форму с малым углом раствора ($\alpha \sim 15^\circ$). Распределение яркости по туманности неоднородно. Ее западная часть по яркости намного превосходит восточную. В западной части туманности на расстоянии 40" от ядра наблюдается сгущение иррегулярной формы, явно связанное с туманностью. Распреде-

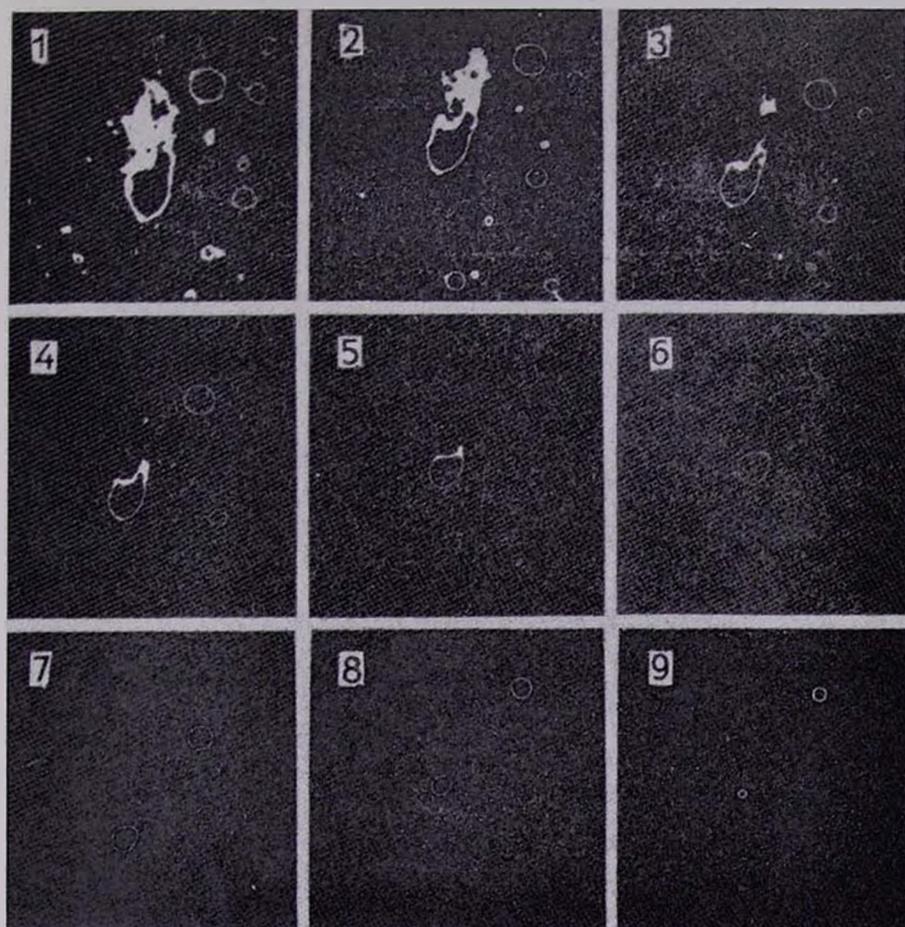


Рис. 1. Фотографии изоденситометрических сечений кометарной туманности P21. Плотность $D-D_0$ для сечений 1—9 равна соответственно 0, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.50, 0.70 и 1.10.

ние яркости и форма изоденс ядра P21 отличаются от таковых для звезд. Даже на крайне плотных изоденситометрических сечениях (рис. 1, сечения 8 и 9), для которых $D - D_{\text{фон}} = 0.7$ и 1.10 , соответственно, изоденсы ядра имеют эллипсоидальную форму. Этим, как неоднократно отмечалось ранее, ядро P21 напоминает ядро NGC 2261.

На спектрограммах ядра P21, полученных 26.7.1981 г. и охватывающих спектральный диапазон 3780—7220 АА, наблюдаются абсорбционные линии бальмеровской серии водорода (начиная от H_{α} до H_{10} включительно), абсорбционные линии Fe I, Fe II, Ca II, Na I, Ti I, Ti II и линии других элементов. Так как спектральное разрешение при наблюдениях невысокое (5А), то многие линии сливаются в бленды. Всего было отождествлено 39 одиночных линий и бленд. При отождествлении были использованы таблицы [11, 12], а также таблицы отождествленных линий в спектрах Солнца [13] и Проциона [14]. По этим спектрограммам нами были определены эквивалентные ширины одиночных линий и бленд. Соответствующие данные приведены в табл. 2, в последовательных столбцах которой представлены: длины волн отождествленных линий и бленд, их эквивалентные ширины, лабораторные длины волн и соответствующие им химические элементы. Причем, для бленд приведены лабораторные длины волн всех линий, образующих бленду, и соответствующие им элементы.

В табл. 3 приведены значения эквивалентных ширин и центров тяжести линии H_{α} в спектре ядра туманности P21 в разные ночи.

В спектре самой туманности P21 нами уверенно отождествлены лишь две абсорбционные линии: H_{α} на λ 6557.7 и дублет ($D_1 + D_2$) Na I на λ 5892.0. Эквивалентные ширины этих линий соответственно равны: $W_{H_{\alpha}} = 5.0 \text{ \AA}$ и $W_{(D_1 + D_2)} = 3.3 \text{ \AA}$. На спектре туманности видны также следы линий Ca I + Fe I (6493.78 + 6494.98 А), и Fe I + Fe II (6246.33 + 6247.56 А).

Что касается спектра сгущения, наблюдаемого на западной стороне туманности P21 на расстоянии 40" от ядра, то в нем спектральные линии не обнаружены, что, возможно, объясняется слабостью полученного спектра.

3. *Обсуждение.* Согласно наблюдениям 1978 г. в спектре туманности и ее ядра у линии H_{α} наблюдался эмиссионный компонент и присутствовала эмиссионная линия [N II] λ 6584. А на всех спектрограммах туманности P21 и ее ядра, полученных за период 1981—1982 гг., линия H_{α} наблюдается только в поглощении, а линия [N II] λ 6584 отсутствует. Это свидетельствует о нестационарных процессах, происходящих в них. Следует заметить, что слабая эмиссия в H_{α} наблюдалась и ранее Дибам [15].

По абсорбционным линиям, наблюдаемым в спектре ядра туманности P21, сделана попытка оценить значение лучевой скорости объекта.

Таблица 2

АБСОРБЦИОННЫЕ ЛИНИИ, ОБНАРУЖЕННЫЕ
В СПЕКТРЕ ЯДРА ТУМАННОСТИ P21

$\lambda(A)$	$W_{\lambda}(A)$	$\lambda_{0}(A)$	Элемент
1	2	3	4
3796.0	5.6	3795.01	Fe I
		3797.52	Fe I
		3797.50	H 10
		3798.52	Fe I
		3799.56	Fe I
3830.0	7.9	3829.36	Fe I
		3832.30	Mg I
		3835.38	H 9
3873.3	1.6	3872.50	Fe I
3889.1	6.2	3886.28	Fe I
		3887.05	Fe I
		3888.52	Fe I
		3889.05	H 8
3931.6	8.0	3933.67	KCa II
3964.7	11.0	3968.47	HCa II
		3570.07	H ₂
4079.7	3.2	4077.71	Sr II
		4078.36	Fe I
		4078.47	Ti I
		4079.19	Fe-I
		4079.24	Mn I
		4079.42	Mn I
		4079.85	Fe I
		4080.23	Fe I
		4080.29	Fe I
4101.3	6.0	4101.74	H ₂
4175.9	1.7	4173.32	Fe I
		4173.45	Fe I
		4173.54	Ti II
		4173.93	Fe I

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4
		4174.09	Ti II
		4174.92	Fe I
		4175.64	Fe I
		4176.57	Fe I
4302.1	4.7	—	G-полоса
4339.8	7.4	4340.47	H _γ
4388.5	3.2	4385.26	Fe I
		4385.38	Fe II
		4387.90	Fe I
		4388.41	Fe I
		4390.95	Fe I
		4390.98	Ti II
4526.0	2.0	4522.63	Fe II
		4522.80	Ti I
		4525.14	Fe I
		4525.21	Ti II
		4526.51	Fe I
		4526.56	Fe I
		4526.47	Cr I
4549.6	3.0	4549.47	Fe I
		4549.63	Ti II
4590.1	2.4	4588.22	Cr II
		4589.89	Cr II
		4589.96	Ti II
		4591.39	Cr I
		4592.09	Cr II
		4592.53	Ni I
		4592.66	Fe I
4668.7	1.3	4666.75	Fe II
		4667.46	Fe I
		4667.58	Ti I
		4668.07	Fe I
		4668.14	Fe I

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4
4708.1	1.8	4702.99	Mg I
		4707.28	Fe I
		4707.49	Fe I
4733.0	0.8	4731.44	Fe II
4766.7	1.1	4765.86	Mn I
		4766.43	Mn I
4807.7	1.2	4805.10	Fe I
		4810.54	Zn I
4857.6	10.4	4861.3	H β
4921.02	2.0	4923.92	Fe II
		4924.78	Fe I
4985.2	0.8	4983.26	Fe I
		4983.86	Fe I
		4985.55	Fe I
5019.1	1.7	5018.43	Fe II
5169.9	2.1	5167.32	Mg I
		5167.49	Fe I
		5169.03	Fe II
5209.2	2.6	5206.04	Cr I
		5208.44	Cr I
		5208.60	Fe I
5233.0	1.5	5232.95	Fe I
5266.57	2.6	5265.56	Ca I
		5265.72	Cr I
		5266.56	Fe I
		5269.54	Fe I
		5270.27	Fe I
		5270.36	Fe I

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	5
5330.6	2.9	5328.04	Fe I
		5328.04	Cr I
		5328.53	Fe I
		5332.68	Fe I
		5332.90	Fe I
5529.4	1.5	5528.41	Mg I
5578.8	5.0	5572.85	Fe I
		5576.10	Fe I
		5581.98	Ca I
		5586.76	Fe I
5662.2	0.8	5662.71	Fe I
		5663.60	Fe I
		5665.71	Fe I
5685.8	0.8	5686.53	Fe I
5710.0	1.8	5708.44	Si I
		5709.38	Fe I
		5709.56	Ni I
		5711.09	Mg I
		5711.87	Fe I
		5712.14	Fe I
5786.0	1.0	5787.99	Cr I
		5791.00	Cr I
		5791.04	Fe I
5891.4	2.5	5889.95	Na I (D_1)
		5895.92	Na I (D_2)
6252.7	1.2	6247.56	Fe II
		6252.56	Fe I
		6254.25	Si I
		6254.26	Fe I
6493.8	2.2	6493.78	Ca I
		6494.98	Fe I

Таблица 3

НАБЛЮДЕНИЯ H_2 В СПЕКТРЕ ЯДРА
ТУМАННОСТИ P21

Дата	W_{H_2} (Å)	$\lambda_{ц.т.}$ (Å)
9.5.1981	5.0	6559.4
13.5.1981	5.6	6559.3
26.7.1981	5.7	6559.3
28.7.1981	5.3	6557.5
19.6.1982	5.5	5557.9

По наблюдениям спектра ядра туманности 1978 г. [4] у эмиссионной линии H_2 с коротковолновой стороны наблюдался смещенный абсорбционный компонент ($V_r = -270$ км/с), который, вероятно, образовался в расширяющейся оболочке ядра P21. Вероятно, что и в период наблюдений 1981—1982 гг. линии бальмеровской серии водорода, а также линии Ca II образовались в движущейся оболочке ядра. Исходя из сказанного, для определения скорости ядра P21 взяты только одиночные абсорбционные линии Fe I, Fe II, Mg I (всего 6 линий). По этим линиям для гелиоцентрической лучевой скорости получено значение $+27 + 21$ км/с. Следовательно, по отношению к местному стандарту покоя лучевая скорость ядра P21 будет равна $V_{LSR} = +10$ км/с.

Расстояние туманности P21, соответствующее этому значению V_{LSR} , получается порядка 0.7 кпс (для постоянной Оорта взято значение $A = 15$ км/с кпс).

Расстояние до P21 можно оценить независимым образом, с помощью межзвездных линий (D_1, D_2) NaI.

Как показано ниже, ядро P21 имеет спектральный класс F2—F5. Поэтому, «собственные» линии NaI у него должны быть очень слабыми и, исходя из этого, можно предположить, что наблюдаемые в спектре P21 линии NaI имеют межзвездное происхождение. Для значения дублетного отношения линий NaI получим значение $DR \approx 1.25$. Пользуясь формулой, приведенной в работе Мюнча [17], для полного числа атомов натрия на луче зрения при данном значении DR получим $N = 3 \cdot 10^{13}$ ион/см². При этом, предположив, что распределение атомов NaI по лучу зрения равномерное, может быть определено расстояние до P21, если известна плотность атомов натрия в данном направлении. Взяв из [18] ее значение, равное $11 \cdot 10^{-9}$ атом/см³, получим $r = 600$ пс, что по порядку величины не отличается от расстояния, определенного по величине V_{LSR} .

Как отмечалось ранее, ядро P21 является переменным объектом. Согласно [3] его визуальная звездная величина может меняться от 14^m8

до 13^m6 . Если принять, что общее поглощение в направлении P21 равно 1^m0 [19], то получим оценку абсолютной визуальной звездной величины ядра $+4^m6 \div 3^m4$. Так как P21 связана с темной туманностью, то эта оценка, вероятно, соответствует нижнему пределу светимости ее ядра.

На низкую светимость ядра P21 указывает отсутствие в его спектре заметной линии CaI $\lambda 4226$ в поглощении и хорошо развитая G-полоса.

Поэтому ядро P21 можно классифицировать как звезду пятого класса светимости.

Для определения спектрального класса ядра P21 нами были использованы следующие характерные линии: KCa II, H_γ + HCa II, H_β, G-полоса, H_γ. В работе Копылова [20] приведена эмпирическая зависимость между спектральным классом звезды и величиной $W_\lambda = \frac{1}{2}[W(H_\gamma) + W(H_\beta)]$. Согласно этой зависимости, при $W_\lambda = 6.7$ А спектральный класс ядра будет F2.

В работе Андрия и др. [21] в качестве индикаторов спектрального класса отобраны линии, указанные выше. Используя приведенную в ней таблицу зависимости эквивалентных ширин абсорбционных линий от спектрального класса и значения эквивалентных ширин отмеченных линий, приведенных в табл. 2, мы получим данные, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

СПЕКТРАЛЬНЫЙ КЛАСС ЯДРА P21, ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ПО ЭКВИВАЛЕНТНЫМ ШИРИНАМ АБСОРБЦИОННЫХ ЛИНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ НАБЛЮДЕНИЙ 1981—1982 гг.

Линии	W_λ (А)	Sp
KCa II	8.0	F2
H _γ + HCaII	11.0	F5
H _β	6.0	F5
G-полоса	4.0	F5
H _γ	7.4	F2

Таким образом, на основе вышесказанного можно утверждать, что спектральный класс ядра туманности P21 находится в интервале F2—F5.

Тот факт, что по наблюдениям 1966 г. спектр ядра P21 был классифицирован Дибам как A5e α [15], по всей вероятности был обусловлен повышенной активностью звезды. На это указывало и присутствие линии H_α в эмиссии. Можно считать, что спектральный класс ядра P21 меняется в пределах A5e α — F5.

Если считать, что абсорбционные линии бальмеровской серии водорода и Ca II образуются в расширяющейся оболочке ядра, то скорость расширения оболочки, измеренная по линиям H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} и KCa 11, будет $117 \text{ км/с} \pm 36 \text{ км/с}$.

4. *Заключение.* На основе результатов настоящего изоденситометрического и спектрофотометрического исследования P21 можно сделать следующие выводы:

1. Распределение яркости и форма изоденс ядра P21 отличаются от таковых для нормальных звезд.

2. Туманность P21 находится на расстоянии около 700 пс.

3. Ядро P21 является объектом главной последовательности. Его спектральный класс — F2—F5V.

4. Бальмеровские линии водорода и линии Ca II, по всей вероятности, образуются в оболочке ядра, расширяющейся со скоростью около 120 км/с.

В заключение автор выражает благодарность Э. С. Парсамян за постоянное внимание и обсуждение результатов, Л. В. Мирзояну за ценные замечания, Ф. Бёрнгену за предоставление пластинки со снимком туманности P21, В. Хёгнеру за помощь при построении изоденс туманности, сотрудникам САО АН СССР за помощь при наблюдениях со сканнером.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE COMETARY NEBULA PARSAMIAN 21

V. M. PETROSSIAN

The results of isodensitometric and spectrophotometric investigations of the cometary nebula P 21 and the coherent nucleus are presented. The shape of isodenses is different from that of normal stars and resembles R Mon. The spectral investigation of the nucleus of P 21 (1981—1982) shows that it has a spectral type F2—F5V and an envelope expanded with V , about 120 km/s.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. С. Парсамян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ.-мат. наук, 18, 146, 1965.
2. Э. С. Парсамян, В. М. Петросян, Сообщ. БАО, 51, 3, 1979.
3. Э. С. Парсамян, В. М. Петросян, Астрофизика, 14, 521, 1978.
4. Э. С. Парсамян, В. М. Петросян, Вспыхивающие звезды, фюоры и объекты Жерби-га—Аро, ред. Л. В. Мирзоян, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1980, стр. 281.

5. *M. Cohen*, PASP, 86, 813, 1974.
6. *B. E. Turner*, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 37, 1, 1979.
7. *J. D. Fix, R. L. Mutel*, Astrophys. Letters, 19, 37, 1979.
8. *J. Bally, C. J. Lada*, Ap. J., 265, 824, 1983.
9. *K. C. Turner, Y. Terzian*, A. J., 87, 881, 1982.
10. *W. Höpner*, Sterne, 50, 35, 1974.
11. *А. Н. Зайденъ, В. К. Прокофьев, С. М. Райский, В. А. Славный, Е. А. Шрейдер*,
Таблицы спектральных линий, М., 1969.
12. *C. E. Moore*, A Multiplet Table of Astrophysical Interest, Princeton, 1945.
13. *C. E. Moore, M. G. J. Minnaert, J. Houtgast*, The Solar Spectrum, 2935-A to
8770 A, National Bureau of Standards Monograph, 61, Washington, 1966.
14. *J. W. Swenson*, Ap. J., 103, 207, 1947.
15. *Э. А. Дибай*, Астрофизика, 5, 249, 1969.
16. *G. H. Herbig*, Ap. J., 214, 747, 1977.
17. *G. Münch*, Ap. J., 125, 42, 1957.
18. *L. Binnedijk*, Ap. J., 115, 428, 1952.
19. *Т. А. Уранова*, Сообщ. ГАИШ, № 163, 35, 1970.
20. *И. М. Копылов*, Изв. Крымской обс., 35, 11, 1966.
21. *Y. Andrillat, S. Souffrin, D. Alloin*, Astron. Astrophys., 19, 405, 1972.