

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

ФЕВРАЛЬ, 1974

ВЫПУСК 1

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КОМЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

М. МЕНДЕС, Э. С. ПАРСАМЯН

Поступила 30 ноября 1973

На 40" телескопе обсерватории Тонантцинта были проведены спектральные наблюдения четырех кометарных туманностей. Туманности № 17 и 18 характеризуются сильным непрерывным спектром без каких-либо линий. В туманности № 10, кроме эмиссионных линий водорода и металлов, обнаружена линия  $\lambda$  3727 [OII], а в туманности Корма<sub>1</sub> также линии N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>. Туманность Корма<sub>1</sub> оказалась переменной. Проведенная спектральная классификация туманностей показывает, что спектр туманности не определяется спектральным типом освещающей звезды. Сделано предположение о том, что стадия кометарной туманности является одной из постфуорных стадий.

В течение зимы 1968—1969 гг. на 40" телескопе обсерватории Тонантцинта были проведены спектральные наблюдения трех объектов, входящих в список кометарных туманностей [1], и туманности Корма<sub>1-2</sub>, ранее обнаруженной Г. Аро. Все четыре туманности по внешнему виду отнесены к кометарным. Очевидно, однако, что отнесение объектов к одной группе только по внешнему виду не всегда является правомерным. Поэтому целесообразно исследовать и другие характеристики объектов. Целью настоящей работы было получение ранее неизвестных спектров указанных выше туманностей и, в частности, выяснение вопроса, насколько правильно отнесение этих туманностей к кометарным только по внешнему виду. Здесь не лишне напомнить, что к кометарным туманностям относятся туманности, имеющие, по крайней мере, некоторые из следующих характеристик:

1. Внешний кометообразный вид.
2. Связь со звездой типа Т Тельца или с родственными по природе объектами.

## 3. Нарушение хаббловского соотношения.

## 4. Переменность.

Наиболее типичными представителями этого класса объектов считаются NGC 2261, NGC 6729, NGC 1555 и т. д. Из них наиболее хорошо изучена хаббловская туманность NGC 2261, с которой, в основном, мы и будем проводить сравнение. В табл. 1 приведен список туманностей, наблюдаемых в Тонантцинтла, номера приведены из списка [1].

Таблица 1

№	$\alpha_{1950}$	$\delta_{1950}$
10* = S 269	6 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 9	13°51'
17	55.7	— 7 52
18	57.3	— 7 42
Корма <sub>1--2</sub>	8 19	—36 05

1. S 269 = № 10 (рис. 1а). Туманность по внешнему виду напоминает биполярную кометарную туманность Апол 6<sup>h</sup>04<sup>m</sup>, но с более развитыми веерами. На Паломарских картах она намного ярче в красных лучах, чем в синих. Большой диаметр туманности порядка 2.5—3.0. Спектр туманности был получен с дисперсией 250 А/мм и 500 А/мм на пластинках Kodak ОаО и аЕ. Цели спектрографа была направлена вдоль большого диаметра туманности, что давало возможность получить спектр обеих частей. Наблюдения показали, что туманность имеет сильный непрерывный спектр, богатый эмиссионными и абсорбционными линиями. В туманности наблюдаются яркие линии H<sub>α</sub>, H<sub>β</sub>, H<sub>γ</sub>, H<sub>δ</sub>; линии H<sub>α</sub>, H<sub>β</sub>, H<sub>γ</sub> находятся в поглощении. Наблюдаются также эмиссионные линии FeI, FeII, TiI, TiII, CaI, CaII, [OII], а также линии поглощения FeI, FeII. В туманности, при наблюдениях с ЭОП-ом, алма-атинские астрономы [3] обнаружили в области λ 6200—7000 с дисперсией 58 А/мм линии λ 6584 [NII] и λ 6717 [SII]. Интенсивность линии λ 3727 [OII] почти такая же, как и у H<sub>β</sub>, не обнаружено следов N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>.

\* Из-за неточности в определении координаты  $\delta$  в списке [1] туманность не была отождествлена с S 259 [2]. Употребляемые здесь и ниже обозначения № 10, № 17 т. д. заменяют обычно принятые обозначения Парсамян 10, Парсамян 17 и т. д.

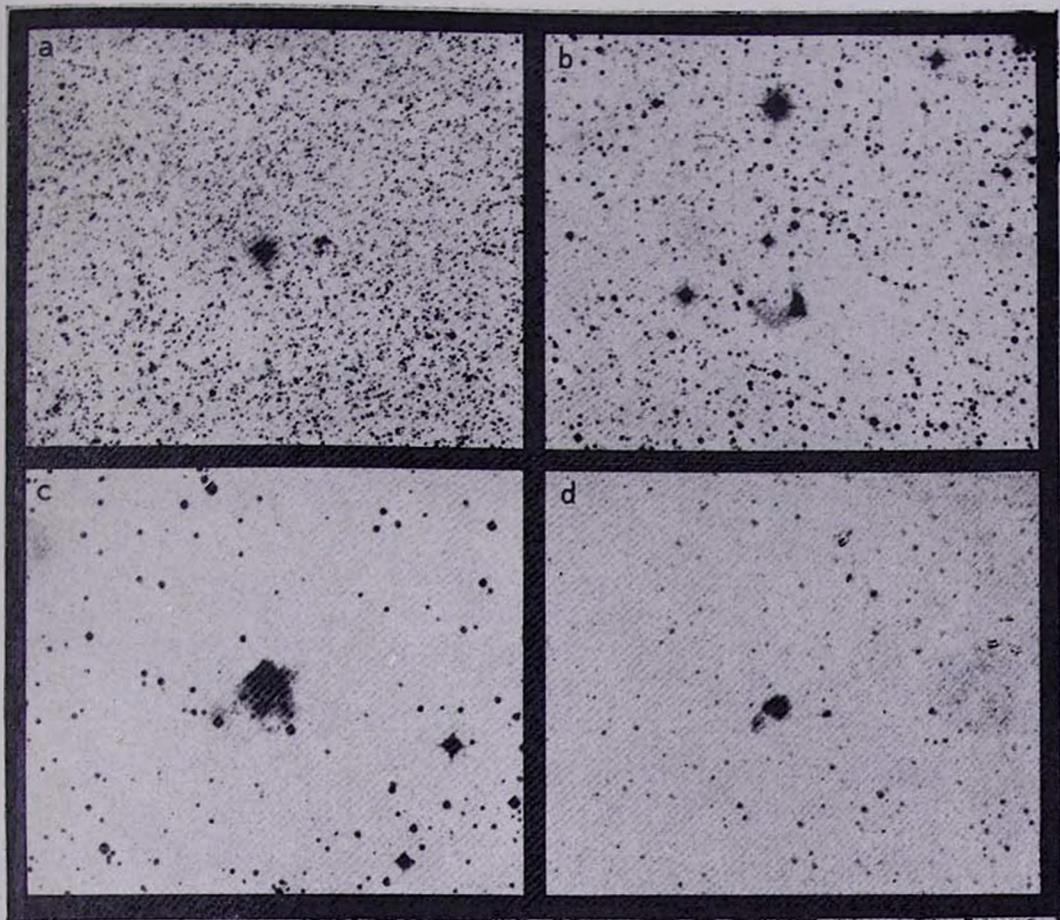


Рис. 1. Фотографии кометарных туманностей: а) туманность S 269 = № 10, б) туманность № 17, в) туманность № 18, д) туманность Корма<sub>1-2</sub>.

К ст. М. Мечдеса, Э. С. Парсамян

С удалением от центральной звезды вид спектра несколько меняется. Так, на расстоянии  $\sim 1'$  от звезды в восточной части туманности непрерывный спектр слабеет, а эмиссионные линии H и [OII] усиливаются; почти на том же расстоянии в западной части усиливается непрерывный спектр, а линии H и  $\lambda$  3727 [OII] слабеют. В общих чертах спектр S 269 похож на спектр кометарной туманности NGC 2261 [4].

Центральная звезда, по грубым оценкам на Паломарских картах, имеет  $m_{\text{PK}} \sim 14^{\text{m}}5--15^{\text{m}}0$  и  $CI_{\text{int}} \sim 0^{\text{m}}5--0^{\text{m}}6$ . В спектре звезды наблюдаются эмиссионные линии  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\delta}$ . Можно думать, что это звезда типа Be или Ae. В туманности S 269, как и в других кометарных туманностях, нарушается хаббловское соотношение (здесь и в дальнейшем  $m_{\text{e}}$  не исправлена за поглощение в туманности). Относительно переменности звезды или туманности нет данных. Туманность исследовалась в радиочастотах. Радионаблюдения дают следующие величины плотности потока для этой туманности [5, 6]:

$$\begin{array}{ll} 318 \text{ MHz} & 2700 \text{ MHz} \\ 0.8 \pm 0.2 & 1.1 \pm 0.7. \end{array}$$

Как отмечает Терзян [5], по-видимому, туманность имеет тепловой спектр. Радиоразмеры туманности порядка  $4' \times 12'$ . Это пока единственная кометарная туманность, от которой уверенно наблюдается радиоизлучение. Размеры и яркости остальных пока не позволяют получать уверенные данные.

Туманности № 16, 17 и 18 находятся в одной и той же области, могут быть связаны с одним и тем же когломмератом поглощающей материи и, как заметил Целлер [7], могут представлять скопление кометарных туманностей.

2. Туманность № 17 (рис. 1b) имеет кометарную форму, в апексе которой есть звезда или звездообразный объект, вытянутый по направлению север—юг. Фотографическая звездная величина  $\sim 15^{\text{m}}7$ . Диаметр  $\sim 0.6--0.7$ . В юго-восточном углу туманности есть яркая звезда, по-видимому, спроектированная на это направление и не связанная с туманностью. Цвет звезды в апексе по Паломарским картам красный.

Туманность имеет большую поверхностную яркость. Спектр туманности был получен с дисперсией 250 А/мм и 500 А/мм. Он непрерывный, с максимумом интенсивности у  $\lambda$  4700, без следов каких-либо линий. Если освещающей звездой является вышеупомянутый

звездообразный объект, тогда соотношение Хаббла нарушается на 3 звездные величины. Этот объект можно отнести к кометарным туманностям.

3. *Туманность № 18* (Рис. 1с). Эта туманность также имеет кометарную форму с диаметром 1'.6. В апексе туманности имеются две звезды. Просмотр прямых снимков этой туманности, имеющихся в Тонантцинтла, в визуальных и красных лучах показал, что эти звезды красные, вероятно, благодаря большому поглощению в туманности. За 12 лет, с 1953 г. по 1965 г., на красных пластинках эти звезды показывают изменение яркости, обе они стали ярче. Целлнер [7] измерил поляризацию света одной из них, находящейся в северо-восточной части, и получил, что  $P = 2.4\% \pm 0.8$ ,  $\theta = 14^\circ \pm 9^\circ$ .

Спектр туманности № 18, как и в случае № 17, непрерывный, без линий, с максимумом интенсивности у  $\lambda 4600$ . При ориентации щели на две звезды опять был получен непрерывный спектр, с сомнительным уплотнением в области линий H и K CaII. Очевидно, что и в этом случае мы имеем кометарную туманность.

4. *Туманность Корма<sub>1-2</sub>* (рис. 1d) названа так потому, что друг около друга расположены две туманности, из них Корма<sub>1</sub> по внешнему виду типичная кометарная туманность, а Корма<sub>2</sub> похожа на планетарную туманность, однако не исключено, что это кажущееся явление и на самом деле это одна туманность. Диаметр Корма<sub>1</sub>  $\sim 1.5$ . Южнее этой туманности есть два сгущения, которые на инфракрасных снимках имеют звездообразный вид. Спектр туманности был получен с дисперсией 250 А/мм на пластинках Kodak OaO несколько раньше одним из авторов (М. М.). Туманность имеет непрерывный спектр с эмиссионными линиями: N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>,  $\lambda 4068$  [SII],  $\lambda 4471$ ,  $\lambda 3727$  [OII]. Спектр похож на спектр туманности Ориона. Это пока единственная кометарная туманность, у которой наблюдаются линии [OIII].

В обсерватории Тонантцинтла были пластинки этой области с интервалом в 16 лет в различных цветах. Наиболее удачна для сравнения следующая пара пластинок:

Номер пластинки	Эмульсия	Экспозиция	Дата
2393	Kodak-103aO	10 <sup>m</sup>	1952
3856	"	10	1968

Сравнение показало, что за этот промежуток времени одно из сгущений уменьшило свою яркость по отношению к другому и яркость самой туманности также ослабла. По-видимому, туманность и сгущения являются переменными объектами. Звездообразные сгущения особенно ярки в красных и инфракрасных лучах. Если это звезды, являющиеся источниками свечения туманности, то следует допустить, что в туманности имеет место сильное поглощение.

Туманность Корма<sub>1</sub> является чрезвычайно интересным объектом. С одной стороны, по внешнему виду туманность похожа на кометарные туманности, с другой стороны, эмиссионный спектр напоминает спектр низко возбужденных диффузных туманностей. Однако нам не известна ни одна диффузная туманность, которая была бы переменной. Нам кажется, что Корма<sub>1</sub> является также кометарной туманностью.

Имеющиеся данные о спектрах кометарных туманностей позволяют провести классификацию этих объектов по степени возбуждения водорода и запрещенных линий кислорода.

Проведем подразделение кометарных туманностей на три класса:

1. Сильный непрерывный спектр с очень слабой H-эмиссией или абсорбцией.
2. Сильный непрерывный спектр с интенсивными линиями H в эмиссии и абсорбции, линии металлов и  $\lambda$  3727 [OII].
3. Сильный непрерывный спектр с интенсивными линиями H, [OII], [OIII].

В табл. 2 приводится такая спектральная классификация. Здесь же приводятся спектральные классы связанных с туманностями звезд.

Таблица 2

I		II		III	
№ 17	—	NGC 2261	A-Fpe	Корма <sub>1</sub>	Be-Ae
№ 18	—	NGC 6729	A-Fpe	T Ori	B8-A3pe
B10	dK6 <sub>o</sub>	№ 10=S269	Be-Ae		
6 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	B5-B9 <sub>o</sub>	NGC 1999	B8-A2 <sub>e</sub>		

Из табл. 2 видно, что среди спектров кометарных туманностей существует некоторое разнообразие от чисто непрерывных, характерных для отражательных туманностей, до эмиссионных, напоминающих спектры низко возбужденных диффузных туманностей. По-видимому,

эта последовательность отражает роль фактора отражения в разных туманностях. В то же время, если обратить внимание на спектральные классы звезд, связанных с кометарными туманностями, то становится ясно, что класс звезды не определяет спектральный тип туманности. Еще в 1954 г. В. А. Амбарцумян [8], изучая явление непрерывной эмиссии в нестационарных звездах и связанных с ними кометарных туманностях, пришел к выводу, что если отражение и играет какую-то роль в свечении туманностей, то далеко не основную. Он предположил, что значительная часть свечения кометарных туманностей является результатом непосредственного освобождения в объеме туманности энергии, перенесенной посредством какого-то механизма из внутренних слоев звезды в область туманности. Факт обнаружения линий [OII], [OIII] в кометарных туманностях не оставляет сомнения в том, что кометарные туманности имеют собственные источники свечения, независимо от спектрального класса звезд, с которыми они связаны. Одним из механизмов возбуждения свечения туманности и, в частности, ионизации газа туманности являются, по-видимому, вспышки звезд, связанных с туманностями, или процессы, аналогичные появлению фуора [9]. Надо учесть, что в основном кометарные туманности связаны со звездами спектральных классов Ве-Ае, А-Фге, которые не принадлежат к обычным вспыхивающим звездам, но вообще могут быть результатом возгорания фуоров. Как известно, последние связаны с туманностями и до вспышки и по имеющимся данным являются звездами типа Т Тельца. Интересно, что, как было ранее замечено [10], ядра кометарных туманностей в звездных агрегатах, где есть вспыхивающие звезды, находятся среди объектов с наиболее ранними спектрами звезд типа Т Тельца и характеризуются высокими светимостями. Возможно, что одной из постфуорных стадий является стадия кометарной туманности. Таким образом, в тех случаях, когда фуор образуется в газо-пылевой среде, не исключено, что источники энергии, которые явились причиной повышения блеска фуора, могут начать ионизацию окружающей среды, и в зависимости от энергии источника вид спектра кометарной туманности может быть различным.

Национальный университет  
Мехики

Бюроанская астрофизическая  
обсерватория

## SPECTRAL OBSERVATIONS OF SOME COMETARY NEBULAE

M. MENDEZ, E. S. PARSAMIAN

On the 40" telescope of Tonantzintla observatory spectral observations of four cometary nebulae have been made. The nebulae No. 17 and No. 18 are characterized by strong continuum without any lines. In the nebula No. 10 besides emission lines of hydrogen and metals the  $\lambda$  3727 [OII] was also found. In addition to the emission lines of hydrogen and  $\lambda$  3727 [OII] in the nebula Puppis<sub>1</sub> the lines N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> have been observed too. It is shown that nebula Puppis<sub>1</sub> is variable. Spectral classification of cometary nebulae shows that the spectra of the nebulae are not defined by the spectral type of illuminating star. It is supposed that the cometary nebula state is one of the possible postfluor stages.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Э. С. Парсамян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ.-мат. наук, 18, № 2, 1965.
2. S. Sharpless, Ap. J., Suppl., 4, 257, 1959.
3. Ю. И. Глушков, частное сообщение.
4. М. А. Каварян, Э. Е. Хачикян, Астрофизика, 8, 17, 1972.
5. Y. Terzian, A. J., 75, 1155, 1970.
6. E. Churchwell, M. Felli, A. J., 75, 69, 1970.
7. B. Zellner, A. J., 75, 182, 1970.
8. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюраканской обс., 13, 3, 1954.
9. В. А. Амбарцумян, Астрофизика, 7, 557, 1971.
10. Э. С. Парсамян, Сообщ. Бюраканской обс., 44, 3, 1972.