АСТРОФИЗИКА

ТОМ 47 МАЙ, 2004 ВЫПУСК 2

УДК: 524.33

ПОИСКИ HH-ОБЪЕКТОВ И ЭМИССИОННЫХ ЗВЕЗД В ОБЛАСТЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ. II. ОБЛАСТЬ GM1-61 И V453 ORI

Т.Ю.МАГАКЯН, Т.А.МОВСЕСЯН, Е.Г.НИКОГОСЯН

Поступила 15 октября 2003
Принята к печати 18 января 2004

В работе представлены результаты наблюдений объектов, расположенных в темном облаке L1582A, в котором находятся кометарные туманности GM1-61 и V453 Ori. В области было выявлено 5 неизвестных ранее HH-объектов, которые, по всей видимости, формируют несколько потоков. Рассмотрена морфология туманностей и обсуждены возможные источники HH-потоков. Обнаружена еще одна отражательная туманность, видимая в основном в ИК-диапазоне.

1. *Введение.* Представленная работа является частью обзора туманных объектов и областей звездообразования с целью поиска новых объектов и потоков Хербига-Аро (в дальнейшем HH), который с 1998г. проводится на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории. Обнаружение этих форм проявления активности молодых нестационарных звезд важно как для изучения самого явления направленного истечения (которое и порождает HH-объекты и потоки) и его взаимодействия с межзвездной средой, так и для поиска новых областей и групп звездообразования [1]. Некоторые результаты обзора уже опубликованы (см. [2] и упомянутые там работы).

В настоящей работе представлены результаты наблюдений в области Ориона, в районе двух небольших кометарных туманностей GM1-61 ($\alpha = 5^h31^m54^s$, $\delta = +12^\circ31'31''$; здесь и далее в статье приводятся координаты 2000г.) [3] и V453 Ori ($\alpha = 5^h31^m49^s$, $\delta = +12^\circ31'59''$) [4], расположенных в темном облаке Lynds 1582A [5]. Предположительное расстояние облака - от 300 до 400 пк [6,7].

Вышеупомянутая область примыкает к южному окончанию гигантского направленного потока S-образной формы, существование которого было выявлено при изучении HH-объекта HH243 (RNO43) (см., например, [8]). Источником его, по мнению авторов работы [9], является ИК-объект IRAS 05295+1247. Дальнейшие оптические наблюдения выявили еще ряд HH-объектов, входящих в данный поток: HH245, HH244 и самый южный из них - HH179 [9], рядом с которым и находится изучавшаяся нами область. Отметим, что здесь наблюдается также интенсивный молекулярный поток [10] протяженностью ~5 пк, и в целом

данное образование представляет собой один из самых больших из известных в настоящее время гигантских потоков.

Что касается расположенных в данной области кометарных туманностей и связанных с ними звезд, то вплоть до настоящего времени о них было мало что известно. Туманность GM1-61 была найдена на Паломарском атласе в ходе поисков кометарных туманностей и HH-объектов [3], при этом было замечено, что соседняя с ней звезда V453 Ori также туманна. Последняя неоднократно описывалась как визуально-двойная звезда со слабой и, вероятно, переменной эмиссией Hα (см., например, [11,12]).

2. *Наблюдения*. Изображения рассматриваемой области были получены в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории 20 октября 1998г. Наблюдения проводились с помощью спектральной камеры ByuFOSC-2 и ПЗС с форматом 1060×514 пикселов. Поле снимков составляет $12' \times 6'$. Качество изображений при наблюдениях было около $2''$. Для выявления HH-объектов сопоставлялись снимки, полученные в континуальном фильтре *I* и узкополосных интерференционных фильтрах [SII] ($\lambda_c = 6730$ Å, $\Delta\lambda = 75$ Å) и Hα ($\lambda_c = 6670$ Å, $\Delta\lambda = 85$ Å). Суммарные экспозиции в каждом фильтре составляли: *I* - 600 с, [SII] - 2400 с и Hα - 900 с.

3. *Объекты Хербига-Аро*. Для поиска HH-объектов нами была использована основанная на их спектральных особенностях известная методика сопоставления изображений, полученных в определенных фильтрах [13]. С ее помощью в исследуемой области был выявлен ряд неизвестных ранее HH-объектов. Их координаты приводятся в табл.1, где они перечислены в порядке прямого восхождения под окончательно присвоенными им номерами.

Таблица 1

КООРДИНАТЫ HH-ОБЪЕКТОВ

N	RA(2000)	Dec(2000)	N	RA(2000)	Dec(2000)
HH 716	$05^h31^m43^s.6$	$+12°33'04''$	HH 719A	$05^h32^m07^s.2$	$+12°31'25''$
HH 717	05 31 48.8	+12 31 06	HH 719B	05 32 07.4	+12 31 31
HH 718	05 31 51.1	+12 31 48	HH 720	05 32 08.5	+12 32 01

Сами объекты отмечены на рис.1a, где показано изображение области в фильтре [SII]. Для сравнения на рис.1b приводится также изображение области в континууме. Подробно остановимся на каждом объекте.

HH 716. Структура этого объекта более детально показана на рис.2. В фильтре [SII] в нем можно различить два сгустка (A и B), которые погружены в общую диффузную оболочку. Расстояние между ними ~ $7''$. В целом объект имеет приблизительно коническую форму. На изображении

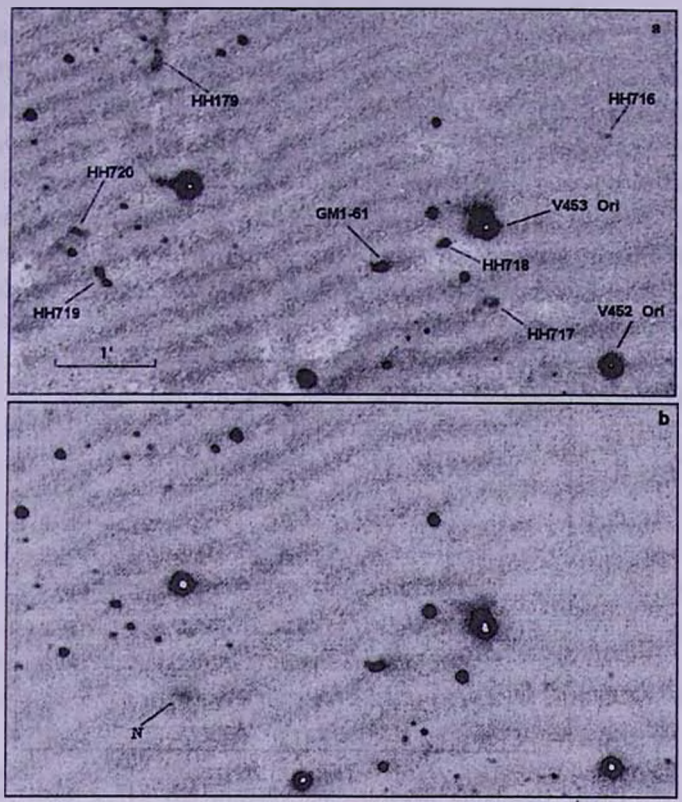

Рис.1. Изображение исследованной области: a - фильтр [SII], b -фильтр I. Отмечены НН-объекты и туманности, рассмотренные в статье.

в Hα в этой области различимы несколько размытых пятнышек, которые, скорее всего, являются деталями проходящего здесь края молекулярного облака. В континууме объект практически не виден.

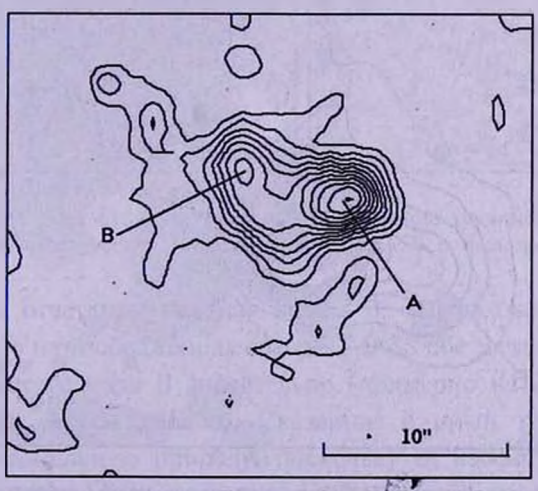

Рис.2. Изолинии изображения объекта НН 716 в фильтре [SII].

HH 717. Объект имеет дугообразную форму, ориентированную в западном направлении, с относительно ярким сгущением в головной части (см. рис.3). В континууме HH 717 полностью отсутствует. В фильтре Hα объект намного слабее, чем в [SII], и его структура трудно различима из-за наложения светлого края самого облака L 1582A. В целом HH 716 и HH 717 несколько схожи по форме, каковая характерна для HH-объектов, представляющих собой так называемые bow-shock. Логично предположить, что источник потока, к которому относится HH 717, расположен к востоку от него.

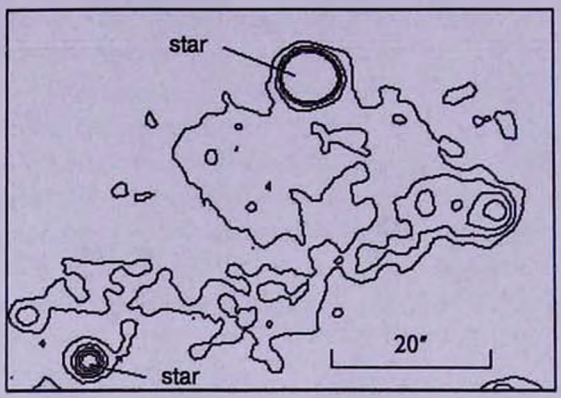

Рис.3. Изолинии изображения объекта HH 717 в фильтре [SII].

HH 718. В фильтре [SII] основной компонент этого объекта (сгусток A) имеет практически звездообразную форму (см. рис.4). Диффузной перемычкой он соединен со вторым, более размытым и гораздо более слабым компонентом B. Расстояние между ними около 5". Видимо,

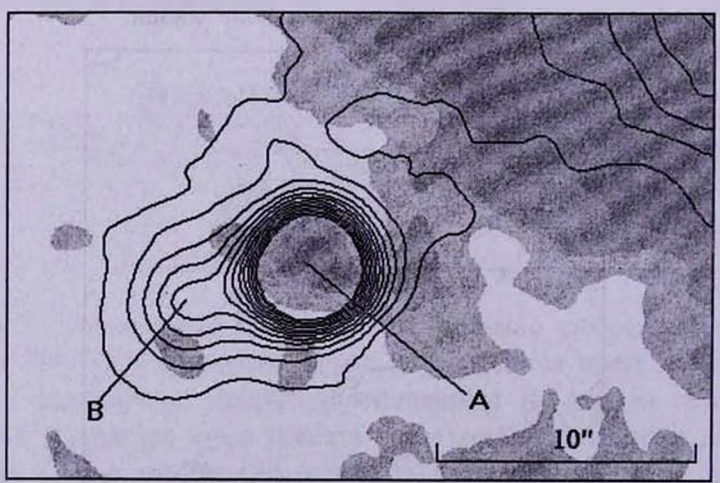

Рис.4. Структура объекта HH 718 в континууме, цвет *I* (заполненные изолинии) и в эмиссии [SII] (незаполненные изолинии).

компоненты значительно отличаются по своим уровням возбуждения, так как отношения их интенсивностей в линиях [SII] и Hα сильно разнятся: если в [SII] отношение интенсивностей между центральными частями A и B около 8, то в лучах Hα оно составляет всего 1.5. Отметим, что сгусток A очень слабо наблюдается также и в континууме (см. рис.4), однако на изображениях из обзора 2MASS [14] в данной области никаких точечных источников не видно.

HH 719. Состоит их двух компактных, почти сферических сгустков A и B практически одинаковой яркости, расстояние между центрами которых составляет примерно 8″. В фильтре Hα оба сгустка значительно слабее и имеют более размытый вид. В континууме объект отсутствует.

HH 720. В [SII] объект имеет относительно правильную форму эллипса с позиционным углом ~70° и диаметром ~ 12″. В фильтре Hα и континууме объект практически не виден.

4. *Туманности*. Наши изображения позволили более детально изучить также морфологию отражательных туманностей в данной области. На рис.5a показана структура туманности GM 1-61 в виде изофот изображения в континууме. Как видно, она действительно имеет характерную кометообразную форму. В центре туманности расположена звезда A, которая, вероятно, и является ее основным освещающим источником. К северо-востоку от звезды A, на расстоянии 8″ расположена гораздо более слабая,

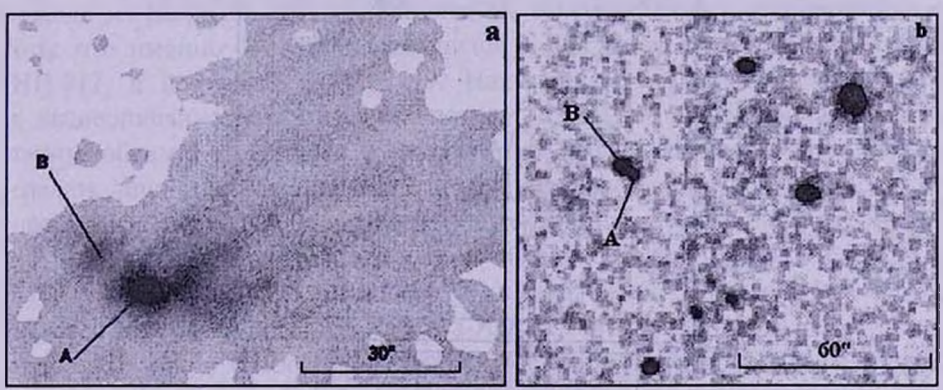

Рис.5. Туманность GM1-61: a - сглаженное изображение туманности в континууме; b - ИК-изображение туманности, согласно обзору 2MASS в фильтре K.

но тем не менее отчетливо видимая звезда B. Заслуживает внимания то обстоятельство, что на изображениях обзора 2MASS обе звезды очень хорошо заметны, и при этом звезда B значительно (примерно на 2^m) превосходит по яркости звезду A (см. рис.5b). Связанная с ними туманность явно имеет чисто отражательную природу, поскольку ее изофоты на всех трех наших изображениях по форме практически не отличаются. Таким образом,

хотя нам не удалось обнаружить какие-либо признаки направленного эмиссионного истечения в непосредственных окрестностях звезд A и B, их яркость в ИК-диапазоне (согласно данным обзора 2MASS, звезда A: $K=13.64$, $J-K=2.58$; звезда B: $K=11.86$, $J-K=2.75$) и связь с туманностью говорят в пользу их вероятного нахождения на PMS-стадии. То, что данные звезды не содержатся в опубликованных списках эмиссионных звезд, вполне объясняется их слабостью в оптике.

Туманность около звезды V453 Oпi на наших снимках видна довольно четко. Она имеет меньшую поверхностную яркость, и ее форму тоже можно в общих чертах описать как веерообразную. Мы попытались получить спектр этого объекта с мультизрачковым спектрографом VAGR в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории. Результаты интегральной спектроскопии отчетливо демонстрируют двойственность звезды и довольно заметную эмиссию Hα у обоих компонентов, но никаких признаков наличия направленного истечения не обнаруживается.

К востоку от GM 1-61, почти в середине темного облака, на наших снимках в фильтре *I* был обнаружен еще один туманный объект ($\alpha = 5^h32^m03^s$, $\delta = +12°31'12''$). На рис.1b эта туманность отмечена буквой N. Изолинии ее изображения в континууме приводятся на рис.6a. Она

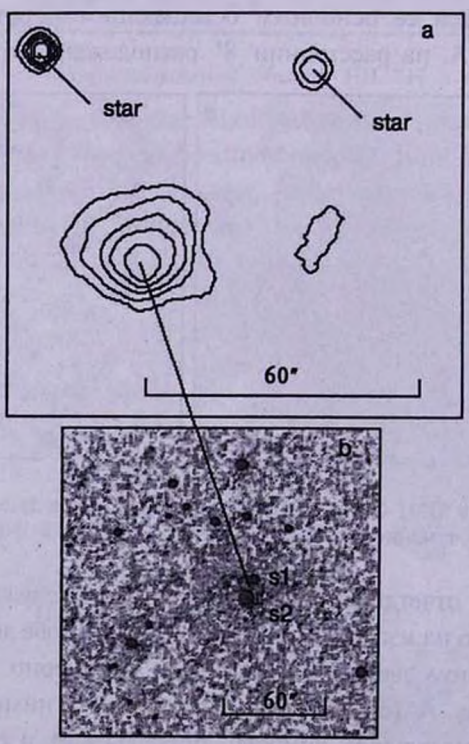

Рис.6. Туманность "N": a - изолинии в континууме; b - ИК-изображение, согласно обзору 2MASS в фильтре K.

слабо различима также и в фильтре [SII], но практически полностью отсутствует в Hα. На изображении данной области в цвете *K*, взятом из инфракрасного обзора 2MASS, хорошо заметны две звезды (s1 и s2 на рис.6b), координаты которых (s1: $\alpha = 5^h32^m02^s.6$, $\delta = +12°31'17''.2$; s2: $\alpha = 5^h32^m2^s.9$, $\delta = +12°31'05''.4$) практически совпадают с наиболее яркой областью туманности. Эти объекты отличаются очень красным цветом (s1: $K = 12.29$, $J-K = 4.48$; s2: $K = 10.18$, $J-K = 5.38$). Примечательно, что даже в полосе *K* в данном облаке почти не видно звезд, что свидетельствует о сильнейшем поглощении. Таким образом, очень вероятно, что обе описанные звезды принадлежат облаку и являются освещающими источниками этой очень красной туманности.

5. *Обсуждение и заключение.* Полученные результаты со всей очевидностью указывают, что рассматриваемая область представляет собой зону активного звездообразования, в которой наблюдаются несколько коллимированных потоков. Вероятно, она, в свою очередь, входит в еще более обширную область звездообразования, связанную с OB-ассоциацией λ Ori.

Имеющийся в нашем распоряжении материал пока не позволяет сделать определенные выводы об ориентации и составе потоков. Однако чисто морфологически можно предположить, что звезда в GM 1-61 может быть источником для HH 718. С другой стороны, HH 716, судя по его форме, также мог бы находиться в одном потоке с HH 718. Далее, исходя из расположения туманности N, можно сделать предположение о том, что именно одна из находящихся в ней звезд является источником HH 717, а возможно, и HH 719. Наконец, HH 720 может относиться к вышеописанному гигантскому потоку IRAS 05295+1247, продолжая его, таким образом, еще южнее. Разумеется, надежные заключения можно сделать лишь при наличии более детальной информации, что предполагает необходимость дальнейших фото- и спектрометрических наблюдений.

Таким образом, в рассмотренной области вблизи туманностей GM 1-61 и V453 Ori, общей площадью ~70 кв. мин, были обнаружены 5 новых, неизвестных ранее объектов Хербига-Аро. Сами туманности имеют отражательную природу и могут быть отнесены к классу кометарных туманностей. Кроме того, была обнаружена еще одна очень красная отражательная туманность, расположенная в центральной области темного облака и связанная с одной или двумя звездами, видными только в ИК-диапазоне. Важность дальнейшего изучения данной области представляется очевидной.

Авторы признательны проф. Б.Рейпурту (США) за присвоение новых номеров НН-объектов до публикации статьи. Данная работа была частично поддержана грантами INTAS 00-00287 и NFSAT AS 062-02/CRDF 12009. Обзор 2MASS является совместным проектом Университета Массачусетса и Центра обработки и анализа инфракрасных данных (IPAC) Калифорнийского Технологического Института.

Некоторые результаты, вошедшие в данную статью, были представлены на семинаре "Jets 2002: Theory and Observations in YSO's" съезда JENAM-2002 в Порто, Португалия.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: tigmag@sci.am

SEARCH OF HH OBJECTS AND EMISSION-LINE STARS IN THE STAR FORMING REGIONS. II. THE REGION OF GM1-61 AND V453 Ori NEBULAE

T.Yu.MAGAKIAN, T.A.MOVSESSIAN, E.H.NIKOGOSSIAN

The results of the observations of the objects, embedded in the dark cloud L1582A, in which the cometary nebulae GM1-61 and V453 Ori are located, are presented. Five new HH objects are discovered in this field. They probably form several flows. The morphology of the nebulae is analyzed and the probable sources of the outflows are discussed. One more reflection nebula, visible mainly in the infrared, is found.

Key words: *stars:emission line - ISM:cloud:jets and outflows*

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.Reipurth, J.Bally*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., **39**, 403, 2001.
2. *Т.Ю.Магакян, Т.А.Movсесян, Е.Г.Никогосян*, Астрофизика, **46**, 5, 2003.
3. *А.Л.Гюльбудагян, Т.Ю.Магакян*, Письма в Астрон. ж., **3**, 113, 1977.
4. *G.H.Herbig, K.R.Bell*, Lick. Obs. Bull, No.1111, 1988.
5. *C.W.Lee, P.C.Myers*, Astrophys. J. Suppl., **123**, 233, 1999.
6. *P.Murdin, M.V.Penston*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **181**, 657, 1977.
7. *D.O.S.Wood, P.C.Myers, D.A.Daugherty*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **95**, 457, 1994.
8. *T.P.Ray*, Astron. Astrophys, **171**, 145, 1987.
9. *B.Reipurth, J.Bally, D.Devine*, Astron. J., **114**, 2708, 1997.
10. *S.J.Bence, J.S.Richer, R.Padman*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **279**, 866, 1996.
11. *R.Duerr, C.L.Imhoff, C.J.Lada*, Astrophys. J., **261**, 135, 1982.
12. *P.Hartigan, K.M.Strom, S.E.Strom*, Astrophys. J., **427**, 961, 1994.
13. *S. van den Bergh*, Publ. ASP, **87**, 405, 1975.
14. http://www.ipac.caltech.edu/2mass/.