

ТРИ НН-ОБЪЕКТА, СВЯЗАННЫХ С ВЫБРОСАМИ

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 23 ноября 2011

Принята к печати 4 апреля 2012

Три НН-объекта связаны с молекулярными облаками. Наблюдения этих молекулярных облаков показали, что в обоих облаках присутствует молекулярное истечение, причем синее истечение около НН 188 совпадает по направлению с оптическим выбросом, в красное истечение около НН 83 противоположно этому выбросу. Одно из молекулярных облаков вращается. Все три объекта связаны с точечными источниками IRAS и с ИК-звездами, одна из этих звезд имеет ИК-цвета МЗО (молодого звездобразного объекта). Около одного из объектов (НН 83) имеется ИК-звезда с двумя туманностями в виде полуколец.

Ключевые слова: *НН-объекты:ИК-звезды:молекулярные облака*

1. *Введение.* Эта статья является одной из работ, посвященных изучению южных областей звездообразования и связанных с ними молекулярных облаков (см., например [1,2]). Области звездообразования связаны с молекулярными облаками, во многих областях звездообразования встречаются НН-объекты, кометарные туманности, МЗО, молекулярные истечения. Как известно, многие НН-объекты связаны с выбросами (джетами) и с МЗО (см. например [3]). В данной статье рассмотрены два подобных объекта, расположенных в одном молекулярном облаке, и третий объект, расположенный в Ori A. Исследованы молекулярные облака, связанные с этими объектами.

2. *Звезды, связанные с исследуемыми объектами.* С исследуемыми объектами в основном связаны ИК-звезды. Все три исследуемых НН-объекта частично видны в оптическом диапазоне и частично в ИК, то есть они не полностью погружены в молекулярное облако. Ниже приводится табл.1, в которой представлены данные об этих ИК-звездах. В первом столбце таблицы дается номер звезды, во втором и третьем - координаты звезд, в 4-6 - ИК-цвета этих звезд (данные взяты из Vizier).

Как видно из данных табл.1, только звезда 2 имеет ИК-цвета, типичные для МЗО, для которого типичны большие значения $H-K$. Близок к МЗО и объект 7.

Объект НН 188 на DSS2 R изображении (см. рис.1a) имеет вид сгущения со спиральным выбросом в южном направлении, такой же вид имеет объект на 2MASS K изображении (см. рис.1b), но со спиральным выбросом в

северном направлении. В сгущении имеются две звезды, это звезды 4 и 5 из табл.1.

Таблица 1

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С НН-ОБЪЕКТАМИ

NN	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	J	$J - H$	$H - K$
1	05 ^h 33 ^m 29 ^s .918	-06°29'22".43	18.439	2.320	1.368
2	05 33 32.517	-06 29 44.19	16.528	3.694	2.467
3	05 33 32.670	-06 29 55.80	12.720	1.391	0.790
4	08 20 58.250	-49 34 45.66	14.208	1.375	1.073
5	08 20 58.600	-49 34 44.38	13.281	0.648	0.333
6	08 21 05.966	-49 40 51.20	15.216	2.219	1.279
7	08 21 06.087	-49 40 50.09	14.653	1.152	1.647

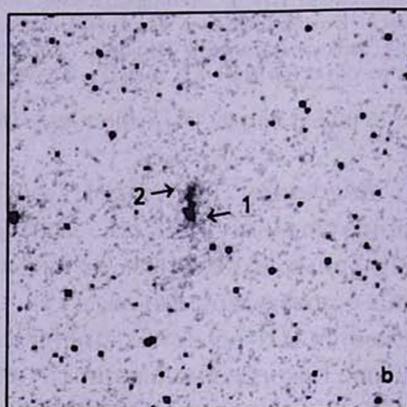
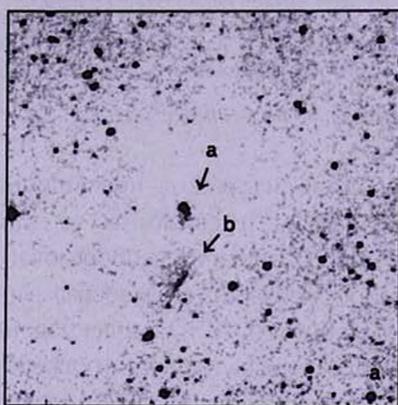


Рис.1. а) DSS2 R изображение объекта НН 188. а - сгущение со звездами 4 и 5; б - спиральный выброс. Размеры изображения $6' \times 6'$, север - наверху, восток - слева. б) 2MASS K изображение объекта НН 188. 1 - сгущение со звездами 4 и 5 из табл.1, 2 - спиральный выброс. Размеры изображения $6' \times 6'$, север - наверху, восток - слева.

Объект Re5 на DSS2 R изображении (см. рис.2а) имеет вид прямолинейного выброса, а на 2MASS K изображении (см. рис.2б) на конце прямолинейного выброса видно сгущение, причем в сгущении находятся звезды 6 и 7 из табл.1. Прямолинейный выброс на DSS2 R является продолжением выброса на 2MASS K изображении, что является следствием частичного поглощения молекулярным облаком.

Объект НН 83 на DSS2 R изображении (см. рис.3а) имеет вид трех сгущений с прямолинейным выбросом посередине, а на 2MASS K изображении (см. рис.3б) имеет вид сгущения с двумя туманностями в виде полуколец, причем сгущение связано со звездой 2 из табл.1. Это единственная ИК-звезда, которая является МЗО в табл.1. Южнее этой ИК-звезды расположена другая ИК-звезда, звезда 3 из табл.1. На

продолжении прямолинейного выброса находится звезда 1 из табл.1. Три сгущения на DSS2 *R* изображении совпадают с деталями туманностей в виде полуколец на 2MASS *K* изображении (см. рис.3а и 3б), т.е. эти сгущения являются частью колец. Как известно, фуоры связаны с туманностями в виде полуколец (см., например [4,5]), т.е. не исключено, что звезда 2 является фуором.

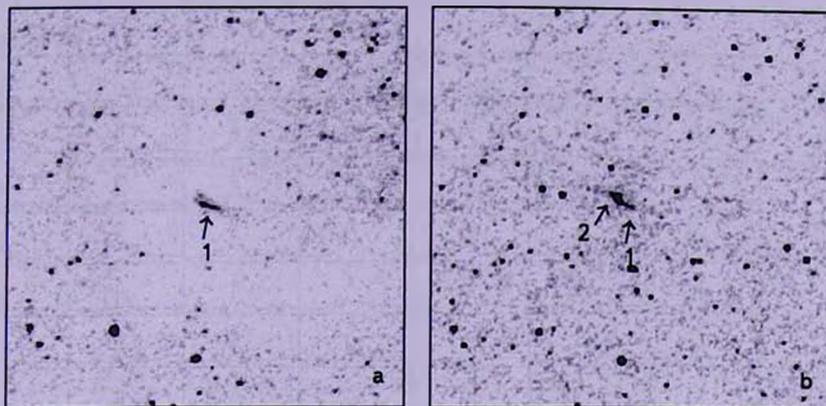


Рис. 2. а. DSS2 *R* изображение объекта Re5. 1 - прямолинейный выброс; б. 2MASS *K* изображение объекта Re5. 1 - прямолинейный выброс, 2 - сгущение со звездами 6 и 7 из табл.1. Размеры изображения б' x б', север - наверху, восток - слева.

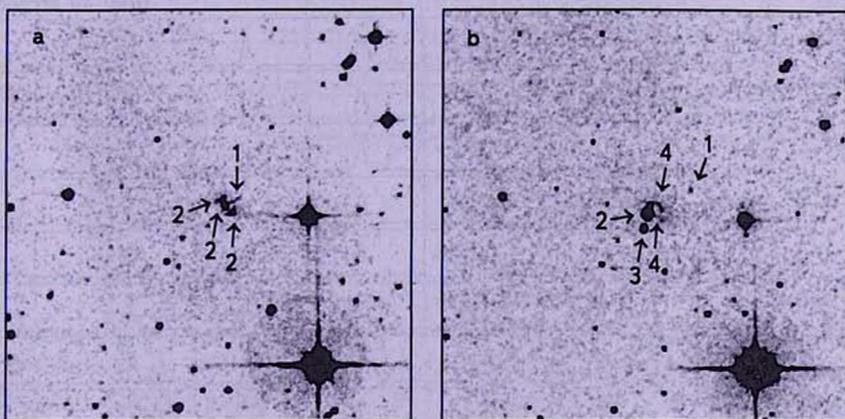


Рис.3. а. DSS2 *R* изображение объекта HH 83. 1 - прямолинейный выброс, 2 - сгущения. б. 2MASS *K* изображение объекта HH 83. 1 - звезда 1 из табл.1; 2 - сгущение со звездой 2 из табл.1; 3 - звезда 3 из табл.1; 4 - туманности в виде полуколец.

3. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения облаков, связанных с исследуемыми объектами. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения проведены на 15-м SEST (Швеция - ESO субмиллиметровый телескоп) телескопе, Серро Ла Силья, Чили. На 115 ГГц диаграмма направленности телескопа $45''$, эффективность пучка

0.70. Положения по направлению к источнику пронумерованы с интервалами в 40", с частотной модуляцией. Телескоп оснащен SIS приемником и 1000 канальным акустико-оптическим спектрометром со скоростным разрешением 0.112 км/с. Проведены наблюдения четырех областей: областей, связанных с объектами HH 188, Re5, области между ними, а также области, связанной с объектом HH 83. Спектры $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдений этих областей приводятся на рис.4.

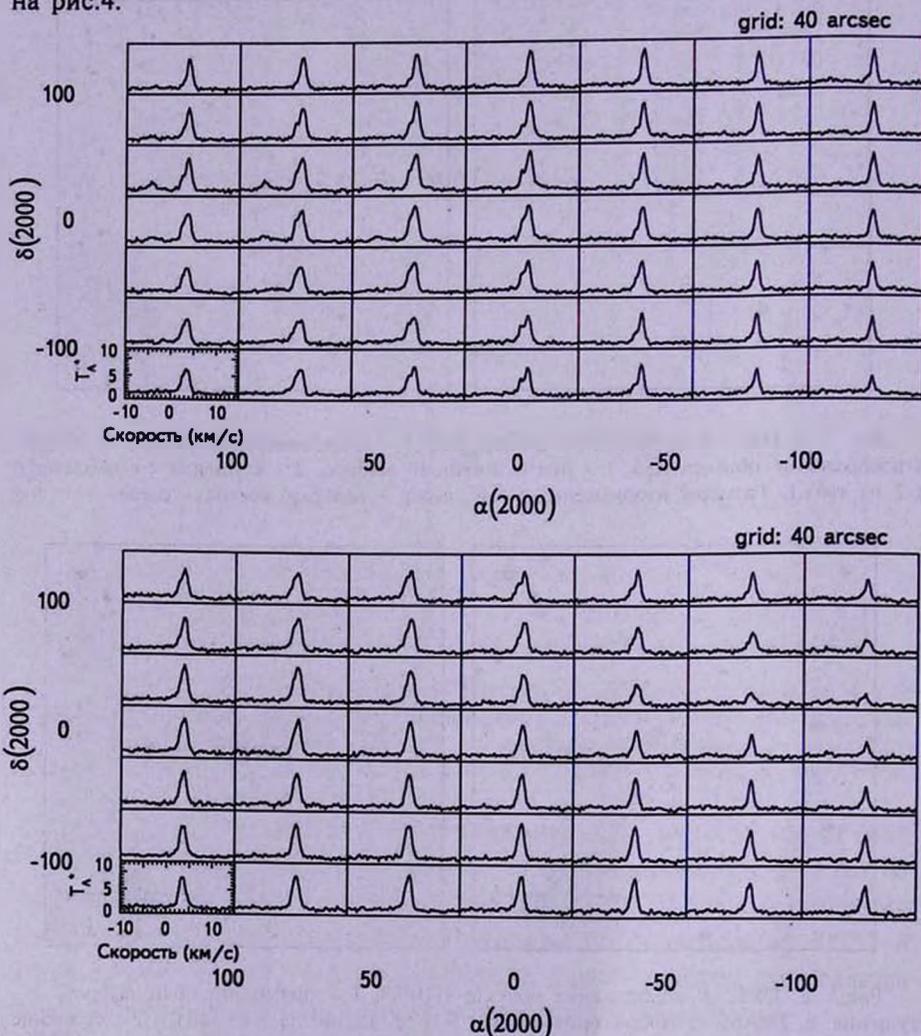


Рис.4. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры молекулярных облаков. а. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры молекулярного облака, связанного с HH 188. Координаты центра (0, 0): $\alpha(2000) = 08^{\text{h}}20^{\text{m}}56^{\text{s}}.6$; $\delta(2000) = -49^{\circ}34'45''.6$. б. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры молекулярного облака, лежащего между объектами HH 188 и Re5. Координаты центра (0, 0): $\alpha(2000) = 08^{\text{h}}20^{\text{m}}59^{\text{s}}$; $\delta(2000) = -49^{\circ}38'52''.9$. в. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры молекулярного облака, связанного с Re5. Координаты центра (0, 0): $\alpha(2000) = 08^{\text{h}}21^{\text{m}}04^{\text{s}}.9$; $\delta(2000) = -49^{\circ}40'57''.5$. г. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры молекулярного облака, связанного с HH 83. Координаты центра (0, 0): $\alpha(2000) = 05^{\text{h}}33^{\text{m}}31^{\text{s}}.7$; $\delta(2000) = -06^{\circ}29'37''.6$.

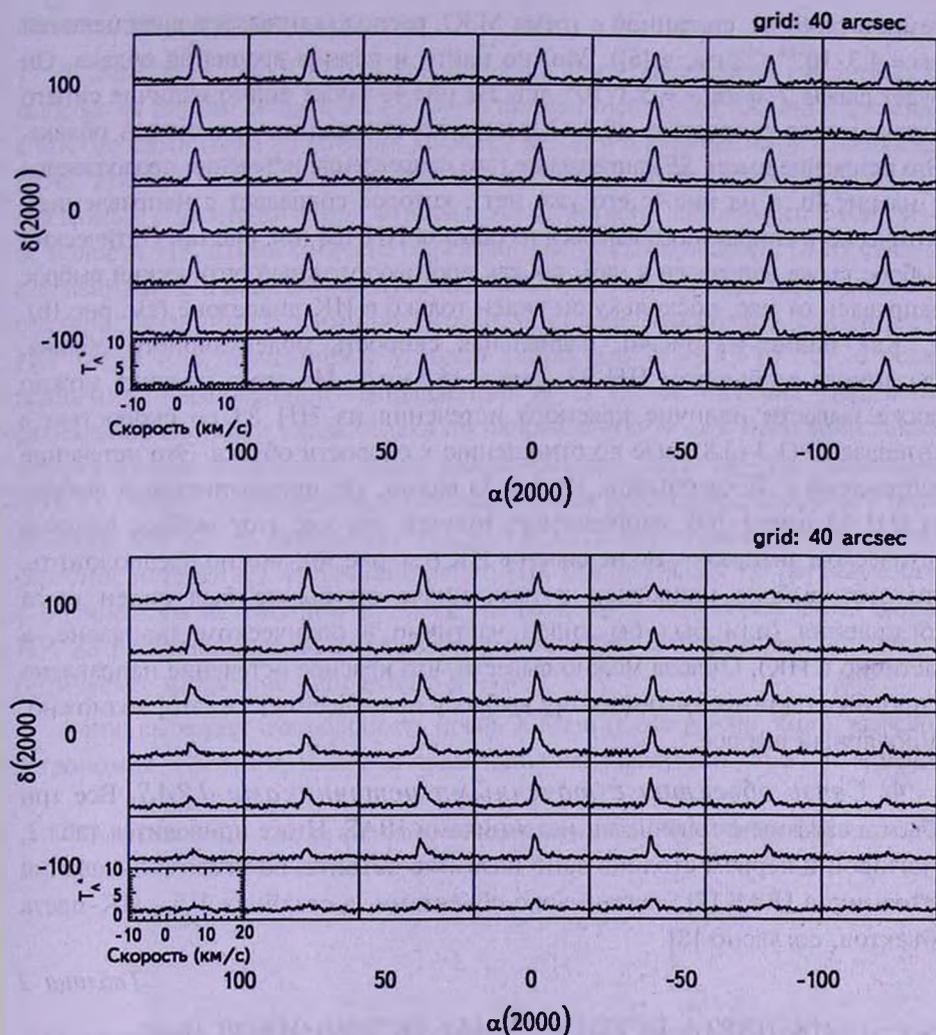


Рис.4. Продолжение.

Как видно из рис.4а-4с, радиальная скорость молекулярного облака, связанного с объектами НН 188 и Re5, равна ~ 3.8 км/с. Из этих рисунков можно заключить, что молекулярное облако вращается вокруг оси вращения - имеется градиент радиальной скорости вдоль молекулярного облака по направлению *W-E*. Из рис.4а, 4б и 4с видно, что на отрезке облака в $300''$ разность радиальных скоростей равна 0.78 км/с, или при расстоянии до облака ~ 450 пк (Vizie), эта разность скоростей происходит на 0.66 пк. Угловая скорость вращения $\omega = \Delta V / \Delta R$, т.е. угловая скорость равна градиенту радиальной скорости, и отсюда $\omega = 0.78 \text{ км/с} / 0.66 \text{ пк} = 3.85 \cdot 10^{-14} \text{ с}^{-1}$, с осью вращения, параллельной направлению *N-S*. Это значение угловой скорости вращения довольно близко к угловой скорости вращения изолированной

темной глобулы, связанной с тремя МЗО, расположенными в виде цепочки ($\omega = 4.3 \cdot 10^{-14} \text{ с}^{-1}$, см. в [6]). Можно найти и период вращения облака. Он будет равен $T = 2\pi/\omega = 5.3 \cdot 10^6$ лет. На рис.4а также видно наличие синего истечения со скоростью $-(0.8 - 2.1) \text{ км/с}$ по отношению к скорости облака. Это истечение имеет *SE* направление (это направление истечения продолжается и на рис.4б, а на рис.4с его уже нет), которое совпадает с направлением оптического спирального выброса из объекта НН 188 (см. рис.1а). Оптический выброс также направлен к нам, так как противоположный оптический выброс направлен от нас, поскольку он виден только в ИК-диапазоне (см. рис.1б).

Как видно из рис.4д, радиальная скорость молекулярного облака, связанного с объектом НН 83, равна $\sim 6.5 \text{ км/с}$. Из этого рисунка можно также вывести наличие красного истечения из НН 83 со скоростью в интервале $+(1.3 - 3.8) \text{ км/с}$ по отношению к скорости облака. Это истечение направлено к *SE* от объекта. Из рис.3а видно, что прямолинейный выброс из НН 83 имеет *NW* направление, причем так как этот выброс виден в оптическом диапазоне, но не виден в ИК (см. рис.3б), можно предположить, что этот выброс направлен к нам, иначе он бы не был виден из-за поглощения (или был бы виден частично в оптическом диапазоне, а частично в ИК). Отсюда можно вывести, что красное истечение направлено в противоположное оптическому выбросу направление, т.е. это, возможно, биполярный выброс.

4. *Связь объектов с точечными источниками IRAS.* Все три объекта связаны с точечными источниками IRAS. Ниже приводится табл.2, в которой в первом столбце дано название объекта, во втором - названия источников IRAS [7], связанных с объектами, в столбцах 3-5 - ИК-цвета объектов, согласно [8].

Таблица 2

ИК-ЦВЕТА ИССЛЕДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ IRAS

Объекты	IRAS	$R(1, 2)$	$R(2, 3)$	$R(3, 4)$
НН 83	05311-0631	0.158	-0.167	0.301
НН 188	08194-4925	0.748	0.748	0.176
Re5	08196-4931			

Как видно из табл.2, ИК-цвета объекта НН 188 соответствуют ИК-цветам источника, связанного с мазером воды. Для такого источника (типа 1) в [8] приводятся следующие ИК-цвета: $R(1, 2) = (0.2 - 0.8)$; $R(2, 3) = (0 - 1.3)$; $R(3, 4) = (-0.3 - 0.3)$. ИК-цвета НН 83 тоже очень близки к этим значениям, т.е. этот источник также типа 1. Что касается объекта Re5, то так как в [6] нет достаточных данных относительно ИК-цветов источника IRAS 08196-4931, то относительно типа этого источника нельзя сказать

ничего определенного.

4. *Заключение.* В статье рассмотрены три НН-объекта, связанных с выбросами (одним спиральным и двумя прямолинейными). Объекты связаны с ИК-звездами (одна из которых является МЗО) и с точечными источниками IRAS. Из этих источников два имеют ИК-цвета, типичные для источников, связанных с мазерами воды; относительно третьего, связанного с Re5, из-за малости ИК данных ничего определенного нельзя сказать. МЗО связан с туманностью в виде двух полуколец. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения молекулярных облаков, связанных с этими объектами, показали, что облако, связанное с НН 188 и Re5, вращается с угловой скоростью $\omega = 3.85 \cdot 10^{-14} \text{c}^{-1}$ с осью вращения, параллельной направлению *N-S* (из-за наличия градиента радиальной скорости вдоль облака по направлению *W-E*). Выявлены также молекулярные истечения: одно около объекта НН 188 со скоростью $-(0.8 - 2.1) \text{ км/с}$ по отношению к облаку (синее истечение), и другое около объекта НН 83 со скоростью $+(1.3 - 3.8) \text{ км/с}$ по отношению к облаку (красное истечение). Истечение около НН 188 совпадает по направлению с оптическим истечением и также направлено к нам. Истечение около НН 83 противоположно оптическому истечению и направлено от нас, а оптическое истечение направлено к нам.

Автор выражает благодарность проф. Х.Маю (университет Чили, кафедра астрономии, Сантьяго, Чили) за проведение наблюдений на SEST телескопе.

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

THREE HH OBJECTS, CONNECTED WITH EJECTIONS

A.L.GYULBUDAGHIAN

Three HH objects are connected with molecular clouds. Observations of these clouds have shown that in both of them molecular outflow is present, the blue outflow near HH 188 coincides with optical ejection, and the red outflow near HH 83 is opposite to optical ejection. One of the molecular clouds is rotating. All three objects are connected with IRAS point sources and IR stars, one of these stars has IR colours typical for YSO (young stellar object). Near one of objects an IR star with two semiring-type nebulae is present.

Key words: *HH objects:IR stars:molecular clouds*

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, *Астрофизика*, 48, 491, 2005.
2. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, *Астрофизика*, 50, 5, 2007.
3. *Bo Reipurth, S.Heathcote, J.Morse et al.*, *Astron. J.*, 123, 362, 2002.
4. *M.Cohen*, *Astron. J.*, 85, 29, 1980.
5. А.Л.Гюльбудагян, *Астрон. Циркуляр* N967, 1977.
6. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, *Астрофизика*, 47, 415, 2004.
7. *IRAS Point Source Catalog, Version 2*, Washington, D.C., 1988.
8. *J.Wourerloo, C.Walmsley*, *Astron. Astrophys.*, 168, 237, 1986.