

УДК: 524.3-62

ПОИСКИ НН-ОБЪЕКТОВ И ЭМИССИОННЫХ ЗВЕЗД
В ОБЛАСТЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ. I. ТЕМНОЕ
ОБЛАКО LYNDS 1340

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

Поступила 25 сентября 2002

Принята к печати 3 ноября 2002

В работе представлены результаты спектральных и фотометрических наблюдений объектов, погруженных в темное облако L1340. В области RNO7 удалось выявить целый ряд НН-объектов, в том числе новых, формирующих два или три потока. Заподозрено еще несколько случаев НН-эмиссии. Кроме того, в этой области выявлено 14 эмиссионных звезд, из них 11 новых. Большинство из этих звезд локализовано непосредственно внутри туманности RNO7, которая, таким образом, окутывает компактное скопление очень молодых звезд. Описаны другие туманные объекты внутри облака L1340, многие из которых ассоциированы с ИК-источниками. В целом данное облако представляет собой весьма активную зону звездообразования.

1. *Введение.* С 1998г. на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории проводится обзор туманных объектов в темных облаках и областях звездообразования с целью поисков новых объектов и потоков Хербига-Аро (в дальнейшем НН). Как известно, НН-объекты всегда локализируются в областях звездообразования и являются одной из форм проявления активности молодых нестационарных звезд [1]. Поэтому обнаружение новых НН-объектов важно не только для дальнейшего изучения явления направленного истечения, но и для поиска новых областей и групп звездообразования. По ходу наблюдений параллельно велся поиск звезд с эмиссией H_{α} , которая также является одной из основных характеристик звезд, находящихся на ранней эволюционной стадии. Некоторые результаты этого обзора уже публиковались [2].

В настоящей работе представлены итоги наблюдений в области темного облака Lynds 1340 ($\alpha = 2^{\text{h}}31^{\text{m}}$, $\delta = +72^{\circ}57'$; здесь и в целом по статье для координат используется эпоха 2000.0) [3]. До относительно недавнего времени это облако оставалось малоизученным, пока не появилась работа [4], где, в частности, было указано на присутствие в L1340 значительного числа молодых звезд. Облако L1340 расположено на расстоянии примерно 600 пк [4]. В нем находится отражательная туманность DG9 ($\alpha = 2^{\text{h}}29^{\text{m}}11^{\text{s}}$, $\delta = +72^{\circ}59'29''$) [5], подсвечиваемая по меньшей мере тремя звездами, а также три туманных объекта из списка [6]: RNO7 ($\alpha = 2^{\text{h}}28^{\text{m}}17^{\text{s}}$, $\delta = +72^{\circ}37'40''$), RNO8 ($\alpha = 2^{\text{h}}30^{\text{m}}30^{\text{s}}$, $\delta = +72^{\circ}59'30''$) и

RNO9 ($\alpha = 2^{\text{h}}31^{\text{m}}41^{\text{s}}$, $\delta = +72^{\circ}41'41''$). Наблюдения облака L1340 в радиолиниях молекулы CO указывают на присутствие трех пиков излучения, ассоциированных именно с данными туманностями [4,7], которые являются также и IRAS-источниками [4].

Когда данная статья уже готовилась к печати, появилась работа [8], также посвященная поиску HH-объектов в облаке L1340. Эти результаты частично перекрываются с нашими и взаимно дополняют друг друга. Подробнее они рассматриваются ниже.

2. Наблюдения. Изображения туманностей в облаке L1340 были получены в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории в течение пяти ночей в 1999г. и 2001г. Наблюдения в основном проводились с помощью спектральной камеры VууFOSC-2 и ПЗС с форматом 1060 x 514 пикселов. Каждое изображение покрывает на небе область 12' x 6'. Область туманности DG9 снималась с помощью спектральной камеры SCORPIO и ПЗС с форматом 2058 x 2063 пикселов, изображения которой охватывают область 14' x 14'. Качество изображений при наблюдениях составляло около 2". Для выявления HH-объектов сопоставлялись снимки, полученные в фильтре I и узкополосном интерференционном фильтре [SII] ($\lambda_c = 6730 \text{ \AA}$, $\Delta\lambda = 75 \text{ \AA}$). В области RNO7 проводился также поиск эмиссионных звезд при помощи метода бесщелевой спектроскопии, с использованием комбинации гризмы, имеющей центральную длину волны 6300 \AA и дисперсию 2.1 $\text{ \AA}/\text{пиксел}$,

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Область	Дата	Фильтр	Эксп. (с)	RA(2000)	Dec(2000)
RNO7	14.08.99	I	300	02 ^h 28 ^m 26 ^s	+72° 37' 16"
RNO7	14.08.99	[SII]	1200	02 28 26	72 37 16
RNO7	18.08.99	[SII]	3600	02 28 32	72 35 49
RNO7	18.08.99	I	600	02 28 32	72 35 49
RNO7	18.08.99	grizm+ H α	1800	02 28 32	72 35 49
RNO7N	16.08.99	[SII]	900	02 28 53	72 38 31
RNO7N	16.08.99	I	300	02 28 53	72 38 31
RNO7N	18.08.99	I	300	02 29 49	72 43 59
RNO7N	18.08.99	[SII]	900	02 29 49	72 43 59
RNO7N	19.08.99	I	600	02 29 44	72 45 58
RNO7N	19.08.99	[SII]	2400	02 29 44	72 45 58
RNO7S	16.08.99	I	300	02 28 54	72 34 50
RNO7S	16.08.99	[SII]	2400	02 28 54	72 34 50
RNO8	18.08.99	I	300	02 30 41	72 59 00
RNO8	18.08.99	[SII]	1200	02 30 41	72 59 00
RNO9	18.08.99	[SII]	900	02 31 53	72 40 39
RNO9	18.08.99	I	300	02 31 53	72 40 39
DG9	19.11.01	I	300	02 28 59	72 40 39
DG9	19.11.01	[SII]	900	02 28 59	72 59 54

и узкополосного ($\lambda_c = 6550 \text{ \AA}$, $\Delta\lambda = 85 \text{ \AA}$) фильтра H_α .

В табл.1 приводится журнал наблюдений, где указаны название области, дата наблюдений, фильтр, время экспозиции и координаты центра изображения.

3. *НН-объекты в области темного облака L1340.* Для поиска НН-объектов мы использовали основанную на особенностях их оптического спектра известную методику сопоставления изображений, полученных в разных фильтрах, например, в узкополосном [SII] и I. Она была предложена впервые в работе [9] и с тех пор постоянно применяется.

С помощью этого метода в области туманности RNO7 была выявлена целая группа НН-объектов. Часть из них, как оказалось, независимо была обнаружена в работе [8], некоторые же были найдены впервые. Положения НН-объектов отмечены на рисунках 1а и 1б, а координаты приведены в табл.2. На рис.1 объекты пронумерованы в порядке прямого восхождения, а присвоенные им окончательные номера указаны в тексте. Рассмотрим обнаруженные объекты по порядку.

RNO7/HH1 (HH671A). Объект расположен внутри туманности RNO7.

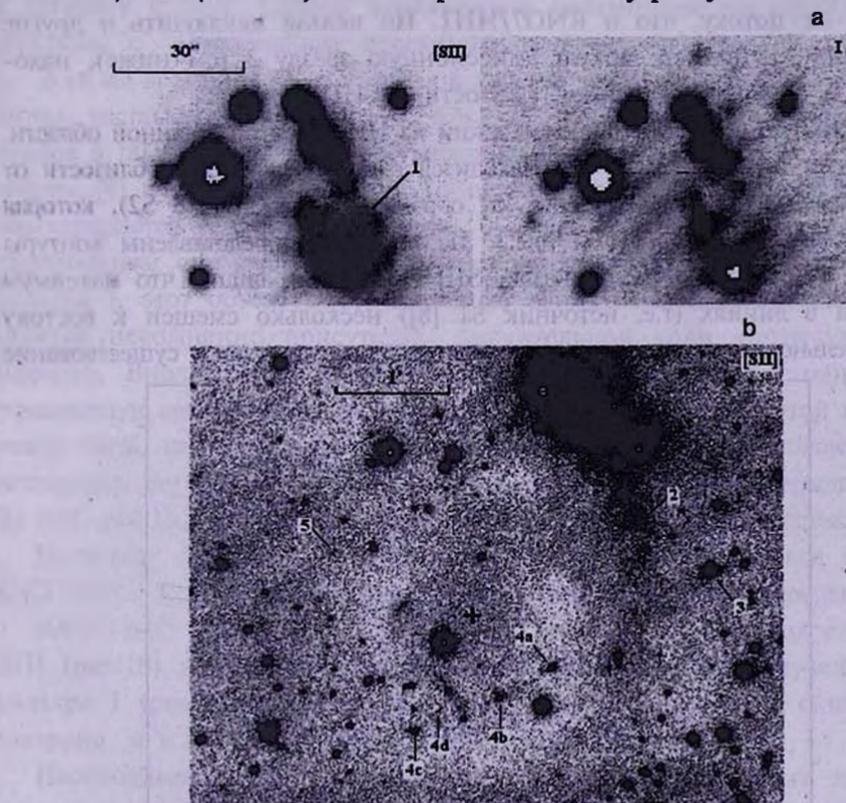


Рис.1. НН-объекты в области туманности RNO7 (фильтры I и [SII]). Область собственно туманности RNO7 показана в увеличенном виде и с меньшим контрастом отдельно на верхнем рисунке (а).

КООРДИНАТЫ НН-ОБЪЕКТОВ

N	RA(2000)	Dec(2000)	N	RA(2000)	Dec(2000)
1	02 ^h 28 ^m 16.1 ^s	+72° 37' 45"	4b	02 ^h 28 ^m 30.6 ^s	+72° 34' 37"
2	02 28 09.2	72 36 28	4c	02 28 42.3	72 34 17
3	02 28 00.4	72 35 56	4d	02 28 38.6	72 34 30
4a	02 28 22.9	72 34 55	5	02 28 53.2	72 36 13

Вероятно, он связан с одной из эмиссионных звезд, погруженных в эту туманность. Любопытно, что он хорошо виден на снимках RNO7, приведенных в статье [8], но оказался не замечен авторами. В то же время наши данные не опровергают, но и не подтверждают однозначно существование заподозренного ими же НН-джета, исходящего из эмиссионной звезды KOS94-1 (IRAS02236+7224), доминирующей в данном скоплении (см далее).

RNO7/HH2 (HH671B). Объект имеет центральный сгусток и слабое диффузное гало. Судя по его расположению, он может принадлежать к тому же потоку, что и RNO7/HH1. Но нельзя исключить и другие источники, например, яркую эмиссионную звезду 3 (см ниже), находящуюся в непосредственной близости от НН-объекта.

RNO7/HH3 (HH488). Наиболее яркий из НН-объектов в данной области. Обнаружен также в работе [8]. Находится в непосредственной близости от очень красной звезды (в работе [8] обозначена как HH488 S2), которая хорошо заметна на рис.1б и рис.3. Из рис.2, где представлены контуры объекта в фильтрах I (полутона) и [SII] (изолинии), видно, что максимум эмиссии в линиях (т.е. источник S1 [8]) несколько смещен к востоку относительно положения звезды, причем можно заподозрить существование

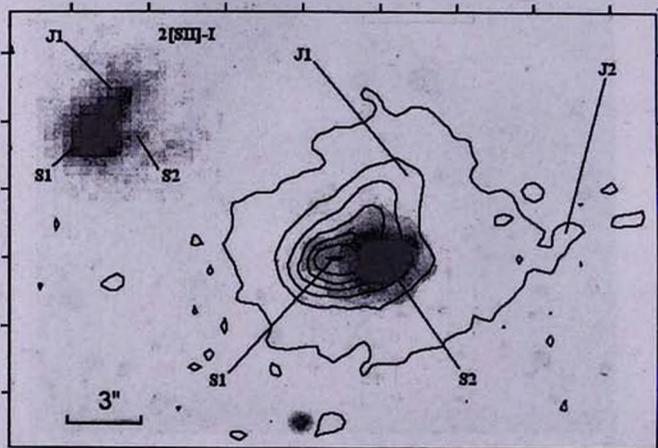


Рис.2. Вид объекта RNO7/HH3 в фильтрах I (заполненные изолинии) и [SII] (контуры). Изображение, полученное после вычитания континуума, показано на врезке слева сверху.

на этом месте и второго континуального источника. Наши данные также подтверждают наличие вытянутого придатка, обозначенного в работе [8] как джет J1. Особенно хорошо он заметен на увеличенном изображении объекта, полученном при вычитании [SII]-I (рис.2, слева сверху). Существование второго джета J2 пока представляется сомнительным. В целом согласие наших наблюдений с [8] довольно хорошее, но конкретные выводы о природе HH488 можно будет сделать только после дальнейших исследований. Нельзя и утверждать с достоверностью, что источником потока является видимая звезда (источник S2). Зато представляется очень вероятной связь RNO7/HH3 и описанной ниже группы.

RNO7/HH4a-d (HH488A-E). Эта группа выглядит как поток НН-объектов. Выделяются три довольно ярких сгустка, которые на нашем рис. 1б обозначены как "а", "b", "с". Они были обнаружены и в работе [8], где им были присвоены обозначения соответственно HH488A, B и C (следует отметить, что в [8] в табл.2 объект А ошибочно указан как B). Нами был найден еще один весьма слабый НН-сгусток "d" (мы предлагаем обозначить его как HH488E), вероятно, тоже принадлежащий к данному потоку. Слабой эмиссионной перемычкой он соединен со сгустком "с". Подобная же перемычка соединяет сгустки "а" и "b".

В то же время мы не уверены, что хорошо заметное размытое туманное пятно, расположенное к северу ($\alpha = 2^h 28^m 44^s$, $\delta = +72^\circ 35' 37''$) и обозначенное в [8] как HH488D, действительно является НН-объектом. Авторы работы [8] отмечают яркость этого пятна в линии H_{α} , и это отчасти подтверждается тем обстоятельством, что оно различимо на бесщелевом спектральном снимке. Однако на изображениях, полученных в [SII] и фильтре I, этот объект имеет примерно одинаковую яркость, т.е. в его спектре несомненно присутствие значительной доли континуальной эмиссии. Вполне возможно, что он представляет собой туманность, отражающую свет эмиссионной звезды, погруженной в облако. Этой звездой может быть, например, ИК-источник IRAS 02238+7222, расположенный неподалеку, но отнюдь не между сгустками "а" и "b", как утверждается в [8] (см. рис.1б, где положение этого источника показано крестиком).

Источник данного потока действительно может находиться вблизи RNO7/HH3, но это должно быть уточнено спектральными наблюдениями.

RNO7/HH5 (HH672). Объект весьма слабый, но хорошо виден в [SII] (рис.1б) при полном отсутствии на изображении, полученном в фильтре I (рис.3а). Следует отметить, что данная область снималась повторно, и в обоих случаях объект хорошо заметен.

Необходимо отметить, что объекты НН 1-4 имеют также хорошо выраженную эмиссию H_{α} , в то время как объект HH5 на бесщелевом спектральном снимке не обнаруживается, возможно - ввиду своей слабости (рис.3б).

HH489. Область IRAS 02250+7230, около которого авторы статьи [8] обнаружили еще один HH-поток, также попала в поле наших наблюдений. HH-природа объекта HH489A полностью подтверждается, но в районе предполагаемого местонахождения объекта HH489B видны только несколько слабых звезд. Более подробно этот объект рассмотрен в разделе 5.

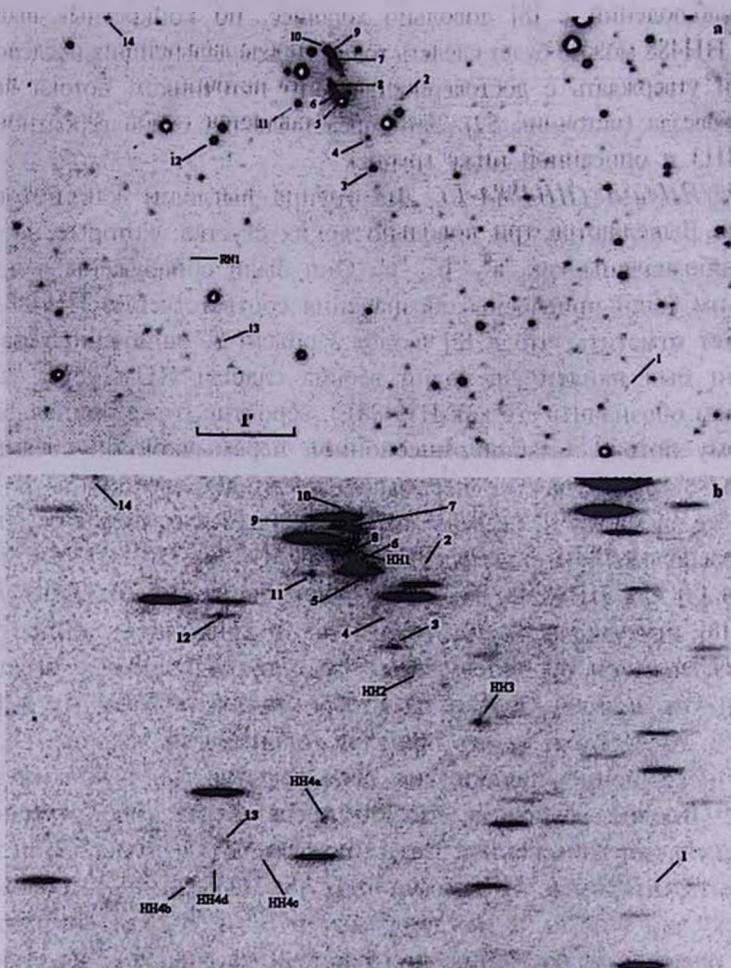


Рис.3. Карта отождествления звезд с эмиссией H_{α} в области туманности RNO7 в фильтре I (a) и их бесчелювые спектры (b).

Наконец, объект HH487 [8] оказался вне наблюдавшейся зоны.

Поиск HH-объектов был проведен также в областях туманностей RNO8, RNO9 и DG9. Хорошо выраженных эмиссионных диффузных объектов там не было обнаружено.

4. Эмиссионные звезды в области RNO7. Учитывая обнаружение немалого числа HH-объектов, в области туманности RNO7 мы провели

также и поиск эмиссионных звезд описанным выше способом. Удалось выявить 14 звезд с эмиссией H_{α} . Их координаты приводятся в табл.3, а положения отмечены на рис.3а, где представлено изображение туманности RNO7 в фильтре I. Бесщелевые спектры расположенных в этой области объектов, полученные с фильтром H_{α} , представлены на рис.3б.

Как видно, эмиссионные звезды сильно концентрируются к туманности, которая фактически окутывает небольшое скопление эмиссионных объектов.

Таблица 3

КООРДИНАТЫ H_{α} ЭМИССИОННЫХ ЗВЕЗД

N	RA(2000)	Dec(2000)	N	RA(2000)	Dec(2000)
1	02 ^h 27 ^m 32.4 ^s	+72° 34' 04"	8	02 ^h 28 ^m 18.4 ^s	+72° 37' 42"
2	02 28 07.3	72 37 34	9	02 28 18.6	72 38 05
3	02 28 12.1	72 36 44	10	02 28 19.1	72 38 07
4	02 28 12.8	72 37 06	11	02 28 23.8	72 37 31
5	02 28 17.0	72 37 32	12	02 28 37.4	72 37 06
6	02 28 17.9	72 37 37	13	02 28 37.6	72 34 43
7	02 28 18.1	72 37 59	14	02 28 54.4	72 38 35

Для сопоставления укажем, что в работе [4] было найдено 13 эмиссионных звезд (обозначаемых далее как объекты KOS94), причем поиск проводился с помощью объективной призмы в области всего облака L1340. В наблюдавшуюся нами область попадают всего три из них.

Таким образом, наша звезда №5, являющаяся центральной звездой туманности RNO7, совпадает со звездой KOS94-1 (также GSC 04320-001259) и источником IRAS 02236+7224 [4]. Звезда KOS94-2 (GSC 04320-00382) на самом деле представляет собой двойной объект, оба компонента которого (наши №9 и 10) имеют эмиссию. Отметим, что на рис.2 работы [8] ее положение указано ошибочно. Звезда KOS94-3 на нашем снимке не показывает эмиссии H_{α} и, возможно, является переменной.

Наши результаты как нельзя лучше подтверждают предположение о том, что группа RNO7 представляет собой плотное скопление молодых звезд, высказанное в [8] на основе общих соображений.

5. *Отражательные туманности в области L1340.* Как уже упоминалось выше, в облако L1340 погружены четыре заметные отражательные туманности. Наш обзор выявил также еще несколько слабых отражательных туманностей. Некоторые из них по координатам совпадают с инфракрасными источниками. Наиболее интересные объекты рассмотрены ниже. Для выяснения, являются ли туманности чисто отражательными, делалось вычитание изображений в I из [SII], подбирая при этом нормировочные коэффициенты так, чтобы основная часть звезд "гасилась".

Для RNO7 форма и ориентация изолиний в континууме и в [SII] практически не отличаются, исключая ту область, где расположен объект RNO7/HH1 (HH671A). Слабая остаточная эмиссия наблюдается и в области, непосредственно примыкающей к KOS94-1 (№5) - доминирующей звезде скопления RNO7 (см. табл.3), что может быть некоторым подтверждением высказанного в работе [8] предположения о наличии HH-джета у данной звезды.

Туманность RNO8, судя по ее виду на наших снимках, является чисто отражательной и действительно имеет признаки биполярной структуры, как это отмечалось и в работах [4,8]. Ее центром является звезда, точно совпадающая по положению с ИК-источником IRAS F02257+7245 [4,8]. Вокруг этой звезды наши снимки показывают наличие еще нескольких очень красных звезд, по-видимому, погруженных в то же облако. Таким образом, RNO8, подобно RNO7, может включать в себя небольшое скопление молодых звезд.

Объект RN1 - иначе HH488D (см. рис.2а). Наши сомнения относительно того, что эта туманность является HH-объектом, изложены выше.

Объект RN2 расположен северо-восточнее туманности RNO7. Его координаты: $\alpha = 02^{\text{h}}29^{\text{m}}43.3^{\text{s}}$, $\delta = +72^{\circ}43'59''$. Центральная звезда точно совпадает с источником IRAS F02250+7230 (в [8] указан как F02249+7230). Хотя в работе [4] данный источник отмечен как не имеющий оптического отождествления, он хорошо заметен на красных полях DSS-1 и DSS-2. Следует отметить, что в фильтре [SII] центральная звезда выглядит более размытой и заметно более слабой, чем в I. Как видно из рис.4а, вдоль оси, имеющей позиционный угол около 335° , по обе стороны от центрального объекта отходят туманные волокна. Северное волокно направлено в сторону HH-объекта HH489A. Оба волокна имеют примерно одинаковую яркость в I и [SII], однако в южном волокне можно заметить повышение блеска и увеличение ширины в лучах [SII] в области, непосредственно примыкающей к звезде. Таким образом, здесь наблюдаются очевидные признаки HH-эмиссии, которая может представлять собой эмиссионный сгусток, погруженный в туманность, или же оптический коллимированный джет. Это наглядно отражено на рис.4б, где представлено изображение объекта в континууме, на которое наложены изолинии излучения в фильтре [SII]. Этот факт почти наверняка делает IRAS F02250+7230, как уже отмечалось в [8], источником HH489A (расположенным, однако, по обратную сторону предполагаемого джета). Еще раз отметим, что мы не обнаружили никаких признаков объекта HH489B.

В 2' к западу от RN2 находится еще одна слабая отражательная туманность RN3 ($\alpha = 02^{\text{h}}29^{\text{m}}07.7^{\text{s}}$; $\delta = +72^{\circ}43'45''$). Она выглядит как два примыкающих друг к другу туманных пятна, расположенных на самом

краю канала поглощающего вещества (см. рис.4а). В восточном из них, вероятно, расположена слабая, очень красная звезда.

Туманность RNO9 связана, судя по снимкам, с меньшим количеством

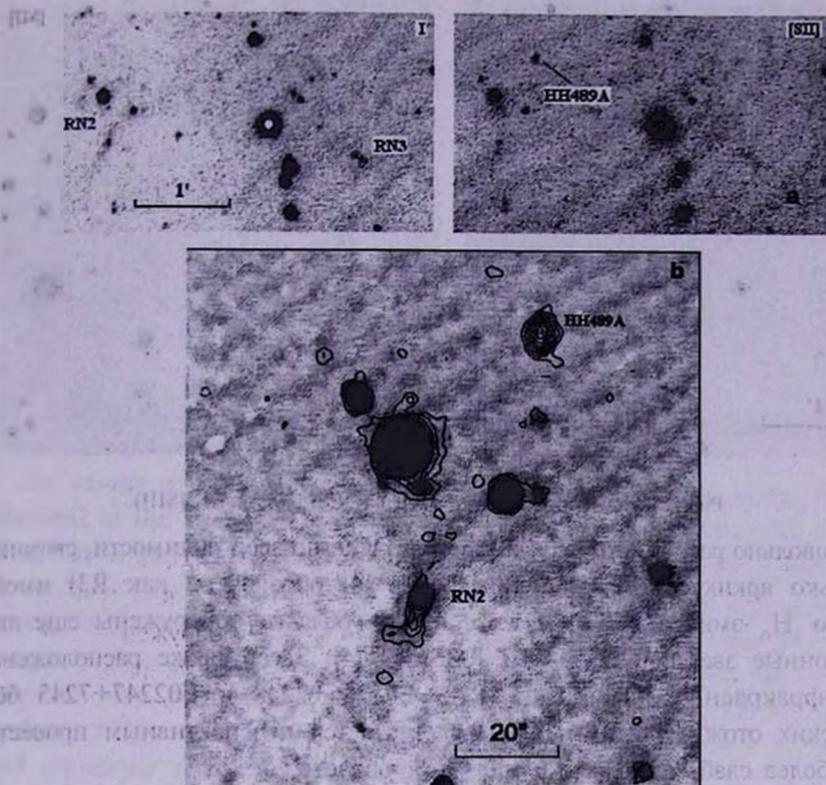


Рис.4. Туманности RN2, RN3 и объект HH489A (фильтры I, [SII]) (вверху). Увеличенное изображение туманности RN2 в фильтре [SII] (изолинии), наложенное на вид объекта в континууме (внизу).

звезд, чем RNO7 и RNO8, но все же и здесь в непосредственных окрестностях туманности наблюдаются несколько очень красных слабых звезд. Поблизости, в $40''$ к юго-западу от центральной звезды, находится источник IRAS F02268+7227. На наших изображениях в [SII] южная часть туманности RNO9 выглядит более яркой и резко очерченной, чем в цвете I (рис.5), однако этих данных мало для того, чтобы с уверенностью утверждать присутствие здесь НН-эмиссии. Авторы работы [8] приходят примерно к такому же выводу.

Отметим также еще два примечательных объекта вблизи RNO9 (обнаруженных также в [8]). Объект RN4 представляет собой небольшую туманность с координатами $\alpha = 02^{\text{h}}31^{\text{m}}26^{\text{s}}$; $\delta = +72^{\circ}40'15''$. На снимке в I она значительно ярче, и, кроме того, у ее северо-восточного края различима слабая звезда, точно совпадающая с ИК-источником IRAS F02267+7226 [4].

Туманность RN5 расположена к югу ($\alpha = 02^{\text{h}}31^{\text{m}}16^{\text{s}}$; $\delta = +72^{\circ}38'37''$; см. рис.5) от RN4 и выглядит как округлое пятно с заметным поярчением к центру. В цвете I она значительно ярче.

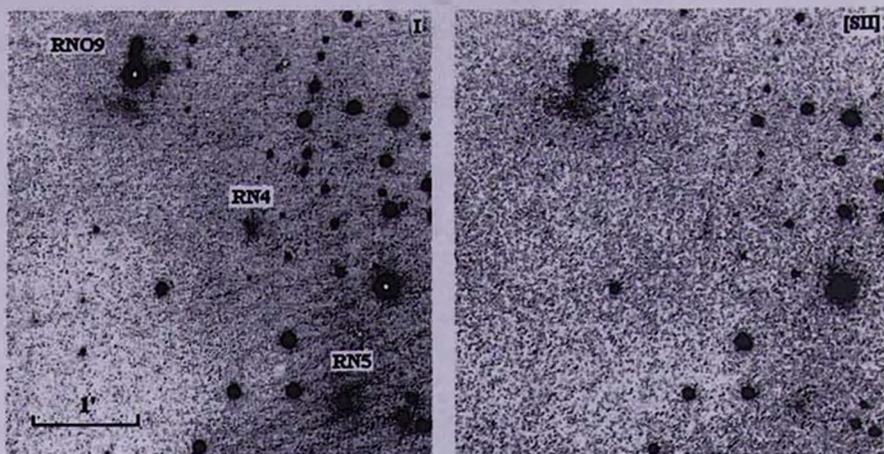


Рис.5. Туманности RNO9, RN4 и RN5 (фильтры I, [SII]).

С довольно разреженной туманностью DG9, по всей видимости, связаны несколько ярких звезд. Из них одна (в [4] обозначена как R3) имеет сильную H_{α} -эмиссию. Кроме того, в этой области обнаружены еще две эмиссионные звезды KOS94-6 и KOS94-9 [4]. Здесь также расположены два инфракрасных источника IRAS F02246+7248 и F02247+7245 без оптических отождествлений [4]. Представляется перспективным провести поиск более слабых H_{α} -звезд и в этой области.

Помимо вышеперечисленных объектов, во всей наблюдавшейся нами зоне облака L1340 можно заметить еще около десятка весьма слабых туманных пятен. Некоторые из них также могут быть отражательными туманностями, связанными с данной областью звездообразования, другие же, скорее всего, являются галактиками, просвечивающими сквозь края темного облака. Для решения вопроса о природе этих объектов необходимы дальнейшие наблюдения, прежде всего в инфракрасном диапазоне.

6. Заключение. Результаты, приведенные в настоящей работе, хорошо согласуются с уже известными данными о темном облаке L1340 как о зоне активного звездообразования, включающей в себя несколько центров. Очевидно, что описанные здесь многие объекты, сами по себе представляют большой интерес для дальнейших исследований. В то же время комплексное изучение молодых объектов, несомненно, поможет лучше представить ход звездообразования в данном облаке. Особый интерес прежде всего вызывает компактное скопление эмиссионных звезд внутри RNO7.

Авторы признательны проф. Б.Рейпурту (США) за присвоение новых номеров HH-объектов до публикации статьи. Данная работа была частично поддержана грантами INTAS 00-00287 и ANSEF №.PS103-01.

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. I. LYNDS 1340 DARK CLOUD

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

The results of the spectral and photometric observations of the objects, embedded in the L1340 dark cloud, are presented. Quite a few HH objects, among them new ones, were discovered in the field of RNO7. They form two or three flows. Several other cases of HH-like emission are suspected. Besides, 14 emission-line stars (11 new ones) were found in this area. They mostly are located inside the RNO7 nebula, which thus embeds the compact cluster of very young stars. Other nebulous objects in L1340 cloud are described. Many of them are associated with IR sources. As a whole this cloud represents rather active star forming region.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.Reipurth, J.Bally*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., **39**, 403, 2001.
2. *T.Movsessian, T.Magakian*, In Optical and Infrared Spectroscopy of Circumstellar Matter, eds. E.Guenther, B.Stecklum, S.Klose, ASP Conference Series, **188**, 49, 1999.
3. *B.T.Lynds*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **7**, 1, 1962.
4. *M.Kun, A.Obayashi, F.Sato et al.*, Astron. Astrophys., **292**, 249, 1994.
5. *J.Dorschner, J.Gürtler*, Astron. Nachr., **289**, 65, 1966.
6. *M.Cohen*, Astron. J., **85**, 29, 1980.
7. *Y.Yonekura, K.Dobashi, A.Mizuno, H.Ogawa, Y.Fukui*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **110**, 21, 1997.
8. *M.S.Nanda Kumar, B.G.Anandarao, K.C.Yu*, Astron. J., **123**, 2583, 2002.
9. *S. van den Bergh* Publ. Astron. Soc. Pacif. **87**, 405, 1975.