

ПОИСКИ НН-ОБЪЕКТОВ В ОБЛАСТЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ. VII. ОБЪЕКТЫ ХЕРБИГА-АРО В ОБЛАСТИ ТУМАННОСТИ GM 2-41

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

Поступила 20 июня 2011

Принята к печати 24 августа 2011

В окрестности туманности GM 2-41 в области с площадью $14' \times 14'$, в центре НII-области DR 15, расположенной на южной периферии ассоциации Суг OB2, обнаружено пять новых объектов Хербига-Аро (НН 1036-1040). Четыре из них имеют многокомпонентную структуру, типичную для НН-потоков. По архивным изображениям телескопа Spitzer в объекте НН 1036 было выявлено наличие эмиссии молекулярного водорода. Кроме того, были обнаружены также две новых инфракрасных туманности, которые освещаются очень красными молодыми звездными объектами.

Ключевые слова: *НН-объекты:области звездообразования - объект: GM 2-41*

1. *Введение.* Область Млечного пути, расположенная в направлении созвездия Лебедя, выделяется обилием различных признаков активного звездообразования: здесь наблюдаются OB-ассоциации, компактные НII-области, молодые открытые звездные скопления, мазеры, биполярные истечения, объекты типа FU Ori и др. К сожалению, исследования в этой области затрудняются незнанием точного расстояния объектов. В некоторых случаях оценки расстояния одного и того же объекта колеблются от 600 пк до 1-2 кпк, а иногда и больше. Очень часто наблюдаются несколько очагов звездообразования, которые проецируются друг на друга.

Одним из наиболее выраженных молодых звездных комплексов в Лебеде является широко известная область Cygnus X, включающая несколько OB-ассоциаций. По мнению ряда авторов, наиболее "влиятельной" из них является Суг OB2 с возрастом от 1 до 4 Мугс, в которой обнаружено порядка 2600 OB-звезд [1-4]. Неудивительно, что этой области посвящено очень большое количество работ, исследующих различные аспекты процесса звездообразования и эволюции молодых звездных объектов практически во всех диапазонах электромагнитного излучения [4]. Тем не менее, до сегодняшнего дня, именно в этой области практически не были обнаружены потоки Хербига-Аро, в отличие от расположенных по соседству туманностей Северная Америка и Пеликан [4,5] и ассоциации Суг OB7 [6].

Данная работа, являясь продолжением обзора темных молекулярных

облаков и областей звездообразования, проводимого на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории ([7] и ссылки в этой статье), посвящена поиску истечений из молодых звезд вокруг небольшой конусообразной туманности GM2-41 (RNO 122). Эта туманность, хорошо заметная в оптическом диапазоне [8-10], находится близ центральной части области HII DR15, расположенной на южной периферии ассоциации Суг OB2 и наблюдаемой в основном в радиодиапазоне. Расстояние до нее оценивается в 1 кпк [11-13]. В пределах DR15 расположены, в частности, несколько ультракомпактных областей HII, связанных со звездными объектами большой массы, а также компактное инфракрасное скопление молодых звездных объектов [14,15], расположенное всего в 4-х угловых минутах от GM2-41. В пределах этого скопления находится также источник IRAS 20306+4005, очень заметный в дальнем ИК-диапазоне. На вид области в оптическом диапазоне большое влияние оказывает значительный градиент межзвездного поглощения.

В данной статье описаны результаты поисков объектов Хербига-Аро (далее HH-объектов) и коллимированных истечений. Данная область богата и H α -эмиссионными звездами, которые будут подробно рассмотрены в следующей работе [16].

2. *Наблюдения.* Изображения изучаемой области размером 14' x 14' и масштабом 0.42"/пикс были получены в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории с помощью камеры SCORPIO и CCD форматом 2063 x 2058 пикс. Для поиска и выявления HH-объектов при наблюдениях были использованы узкополосные интерференционные фильтры [SII] ($\lambda_c = 6725\text{\AA}$, $\Delta\lambda = 75\text{\AA}$) и H α ($\lambda_c = 6560\text{\AA}$, $\Delta\lambda = 85\text{\AA}$). Даты наблюдений и суммарное время накопления в отдельных фильтрах приводятся в табл.1. Первичная обработка изображений была выполнена согласно стандартной процедуре.

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Дата	<i>I</i>	[SII]	H α
22.09.04	600	2400	-
18.10.04	600	-	2400

В работе были использованы также данные JHK-фотометрии ближнего инфракрасного обзора 2MASS. Поиск звездных истечений в инфракрасном диапазоне был осуществлен на изображениях, полученных с помощью камеры IRAC (3.6 μm , 4.5 μm , 5.8 μm и 8.0 μm) из архива данных космического телескопа Spitzer. Архивные изображения были получены по программам "Dark Clouds" (P00219) и "Spitzer observations of Luminous Blue Variables"

(P30188). К сожалению, область, где проводились наблюдения на телескопе Spitzer, лишь на небольшом участке перекрывается с оптическими.

3. Результаты.

3.1. *Оптический диапазон.* Поиск НН-объектов был осуществлен с помощью широко распространенного метода сопоставления изображений, полученных в узкополосных фильтрах, соответствующих эмиссиям $H\alpha$ и $[SII]$, с континуальными изображениями в фильтре I . Нам удалось обнаружить 5 НН-объектов и НН-потоков. Все эти объекты отмечены на рис.1, где показано изображение исследуемой области в лучах $[SII]$. На том же рисунке отмечены и обнаруженные в этой области звезды с $H\alpha$

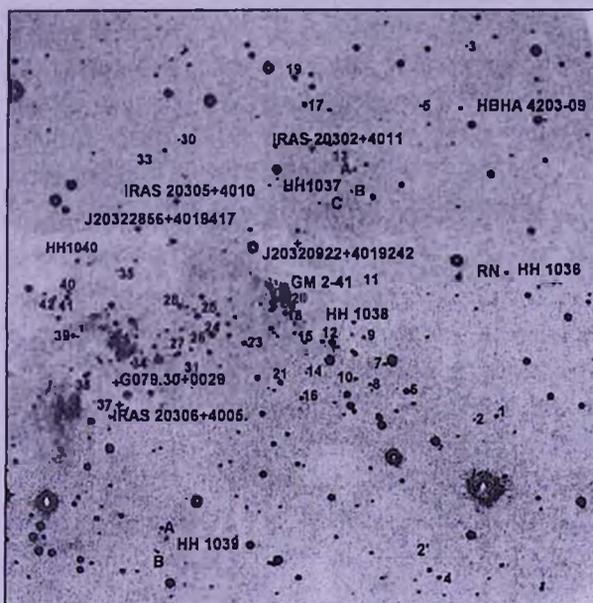


Рис.1. Изображение исследуемой области в фильтре $[SII]$. Номера обозначены звезды с $H\alpha$ -эмиссией; другие объекты рассмотрены в тексте статьи.

эмиссией, которые, как уже указывалось, будут рассмотрены отдельно [16]. Кроме того, в электронной версии данной статьи приводится цветное изображение области, где также отмечены все обнаруженные НН-объекты. Координаты НН-объектов, приведенные в табл.2, определены по R -картам обзора DSS2. Для наиболее слабых объектов, которые неразличимы на картах этого обзора, координаты определялись с помощью ближайших звезд. Детальное описание всех НН-объектов приводится ниже. Отметим, что удаленность области и большое количество звезд делают однозначное отождествление источников НН практически невозможным. Поэтому мы лишь перечисляем в качестве вероятных кандидатов наиболее близко расположенные и интересные, на наш взгляд, молодые звездные объекты.

КООРДИНАТЫ НН-ОБЪЕКТОВ

Объекты	RA (2000)	Dec (2000)
НН 1036	20 ^h 31 ^m 41 ^s	+40°18'32"
НН 1037 А	20 ^h 32 ^m 02 ^s .5	+40°20'56"
НН 1037 В	20 ^h 32 ^m 03 ^s	+40°20'28"
НН 1037 С	20 ^h 32 ^m 06 ^s	+40°20'10"
НН 1038	20 ^h 32 ^m 05 ^s	+40°17'10"
НН 1039 А	20 ^h 32 ^m 23 ^s .5	+40°13'10"
НН 1039 В	20 ^h 32 ^m 25 ^s	+40°12'50"
НН 1040	20 ^h 32 ^m 30 ^s	+40°19'02"

НН 1036. Детальное изображение объекта НН 1036 в лучах [SII] и $H\alpha$ приводится на рис.2. НН-объект имеет вытянутую структуру, по крайней мере, с четырьмя хорошо выраженными сгустками (a, b, c и d). Относительная интенсивность яркости сгустков в лучах [SII] и $H\alpha$ заметно отличается, что свидетельствует о разных уровнях возбуждения. Наименьший уровень возбуждения, по всей видимости, имеет еле различимый на изображении $H\alpha$ и в то же время наиболее яркий в лучах [SII] сгусток "a". Объект НН 1036 до того был также описан в работе [17], однако в то время ему не было присвоено постоянного номера. Если принять расстояние области за 1 кпк, то общий размер НН 1036 будет составлять примерно 0.15 пк. Вместе с вытянутой морфологией это позволяет считать его отдельным НН-поток.

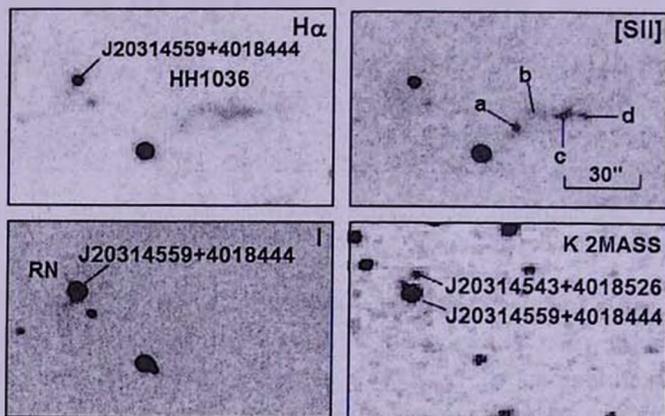


Рис.2. Вид объекта НН 1036 и отражательной туманности RN в различных спектральных диапазонах.

НН 1037. Объект НН 1037 представляет собой группу, состоящую из трех почти звездообразных сгустков А, В и С, (рис.1.), которые хорошо различимы на фоне области НII. Относительная яркость сгустков в [SII] и $H\alpha$ практически одинакова.

НН 1038. Этот очень слабый звездообразный НН-объект одинаково хорошо различим как на [SII], так и на $H\alpha$ -изображениях. Он расположен в непосредственной близости от эмиссионной звезды 12 [16]. Не исключается, что именно она и является его источником.

НН 1039. НН 1039 состоит из двух отдельных сгустков А и В (см. рис.1). На $H\alpha$ -изображении оба сгустка едва различимы на ярком фоне НН-области, поэтому оценить уровень их возбуждения трудно. Компонент В имеет хорошо выраженную дугообразную форму ударного фронта. Исходя из морфологии, можно предположить, что источник этого НН-объекта расположен к северу-западу и им может быть одна из многочисленных молодых звезд, расположенных в данном направлении.

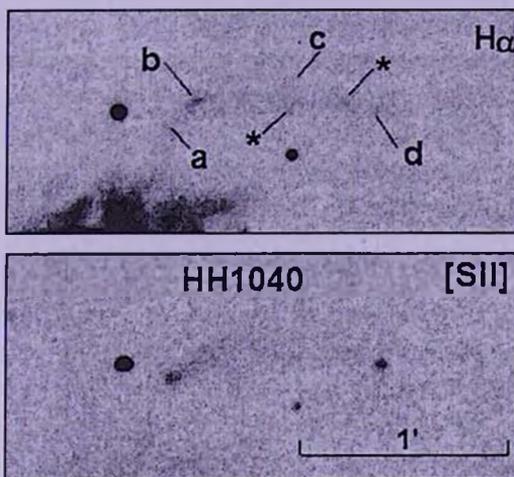


Рис.3. Изображение объекта НН 1040 в $H\alpha$ и [SII]. Буквами обозначены отдельные сгустки, а звездочками - проецирующиеся звезды.

НН 1040. Этот НН-объект детально показан на рис.3. Подобно НН 1036, он имеет вытянутую структуру потока, ориентированного в направлении восток-запад. В нем хорошо различимы четыре сгустка, отличающиеся по уровню возбуждения. В частности, стоит отметить, что сгустки с особо низким уровнем возбуждения, т.е. очень яркие в эмиссии [SII] "а" и "d", располагаются в начале и в конце этого потока. Кроме того, в [SII] значительно лучше видна его общая диффузная оболочка. При расстоянии 1 кпк протяженность потока НН 1040 составит не менее 0.2 пк.

Туманность GM 2-41 (RNO 122). Объект GM 2-41 (RNO 122), ранее классифицированный как отражательная туманность, судя по его изображениям в I и JHK , а также относительно высокой яркости на O -карте Паломарского атласа, имеет смешанный континуально-эмиссионный (C+E) спектр. Его коническая форма обусловлена, скорее всего, большим

градиентом поглощения. Имеющиеся данные не позволяют однозначно указать звезду, подсвечивающую GM 2-41.

3.2. *Предполагаемые источники НН-объектов.* Как уже отмечалось выше, в большинстве случаев имеющиеся на сегодняшний день данные не дают возможности четкого определения источников вышеперечисленных НН-объектов. Тем не менее, стоит рассмотреть ряд близкорасположенных молодых звездных объектов. На рис.4 представлена двухцветная диаграмма $J - H/H - K$, на которой показано положение всех звезд, рассматриваемых в качестве потенциальных источников новонайденных НН-объектов. Положение этих звезд относительно Главной последовательности (наличие инфракрасного избытка) является веским аргументом для их предварительной классификации [19,22-24].

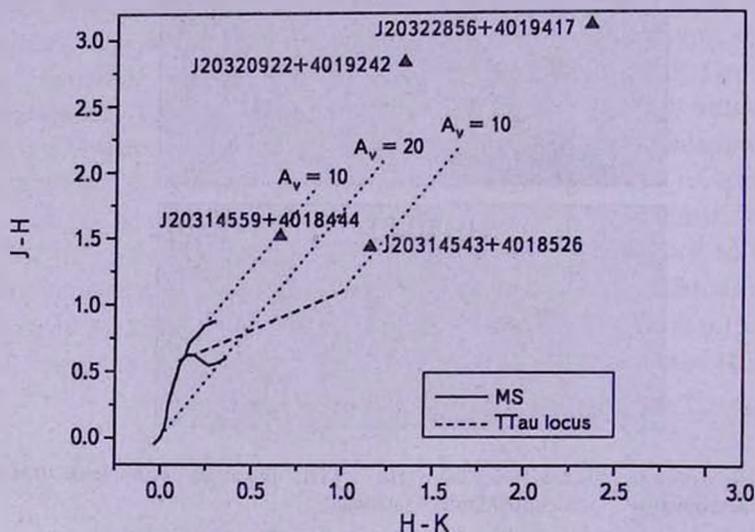


Рис.4. Двухцветная диаграмма $J - H/H - K$. Положение Главной последовательности и локуса Т Тау звезд построено для фотометрической системы CIT по данным из работ [18] и [19] соответственно. Звездные величины JHK преобразованы из фотометрической системы 2MASS в CIT согласно соотношениям, приведенным в работе [20]. Линии покраснения построены согласно коэффициентам поглощения в различных фотометрических диапазонах для величины $R_V = A_V/E(B - V) = 3.1$ [21].

К западу от НН 1036 на расстоянии около 17 угл. с от сгустка "а" находится довольно яркая красная звезда, подсвечивающая отражательную туманность, особенно хорошо заметную в фильтре I (на рис.2 обозначена как RN), и различимую также на J и H изображениях обзора 2MASS. Центральная звезда (обозначена как J20314559+4018444) не показывает эмиссии $H\alpha$ [16] и, судя по данным JHK -фотометрии 2MASS, скорее всего, принадлежит к Главной последовательности (см рис.4). Отметим, что на изображениях 2MASS обнаруживается еще одна звезда на расстоянии

около 7 угл. с к северу от J20314559+4018444 (рис.2). Фотометрические величины *JHK* этого объекта (J20314543+4018526) позволяют классифицировать его как Т Тау звезду (см. рис.4). Примечательно, что объект J20314543+4018526 входит в каталог "2MASS extended objects: Final Release" [25]. В принципе, эта звезда, будучи туманной и относясь к классу Т Тау, может рассматриваться как возможный источник потока НН 1036.

Источник группы НН 1037 неясен. Однако стоит обратить внимание на два наиболее близких объекта в окрестностях: расположенный к северо-востоку от НН 1037 источник IRAS 20302+4011 и инфракрасный звездобразный объект J20320922+4019242, который по своим фотометрическим *JHK*-данным ($J - K > 4$, см. рис.4) можно классифицировать как объект YSO Class I [23,24].

Из расположенных поблизости от НН 1040 звездных объектов следует указать группу YSO в компактной НII-области IRDC G79.3+0.3 P1, с которой ассоциируется источник IRAS 20305+4010 [26]. Наиболее яркий объект в этой группе 2MASS J203220+402017 является, согласно ИК и радио данным, звездой Ae/Be Хербига [27]. Стоит обратить внимание еще и на ИК-объект 2MASS J20322856+4019417 (рис.1), который находится от НН 1040 в том же направлении, что и IRAS 20305+4010, но на значительно меньшем расстоянии. Согласно *JHK* фотометрическим данным, этот объект, аналогично J20320922+4019242, можно классифицировать как YSO источник Class I (рис.4). Не исключено также, что источником этого НН-объекта может быть одна из молодых звезд, находящихся в ультракомпактной НII-области G079.30+0029 [11,16,28].

3.3. Средний ИК-диапазон. Мы использовали в нашей работе также изображения из архива телескопа Spitzer. Второй канал камеры IRAC, соответствующий диапазону $4.5 \mu\text{m}$, является очень продуктивным для поисков такого рода [29,30], поскольку относительная яркость эмиссионных сгустков, связанных с НН-потоками, в этом диапазоне значительно превышает таковую в других трех диапазонах ($3.6 \mu\text{m}$, $5.8 \mu\text{m}$ и $8.0 \mu\text{m}$). Это обуславливается в основном двумя факторами: интенсивным излучением молекулярного водорода в среднем ИК-диапазоне, возникающим в результате спин-орбитального взаимодействия (как например S(11)-S(4) в диапазоне от $4.18 \mu\text{m}$ до $8.02 \mu\text{m}$), которое может даже превышать типичную эмиссию H_2 на $2.12 \mu\text{m}$ [31], а с другой стороны, тем обстоятельством, что диапазон $4.5 \mu\text{m}$, в отличие от $5.8 \mu\text{m}$ и $8.0 \mu\text{m}$, "свободен" от диффузного излучения полициклических ароматических углеводородов, которое практически забивает эмиссию водорода, возникающую в результате ударного возбуждения, в том числе и в коллимированных потоках.

К сожалению, архив Spitzer-а располагал IRAC-изображениями только небольшой области вокруг объекта НН 1036. При сопоставлении изображений,

полученных в различных диапазонах, нам удалось выявить четыре объекта, для которых отношение средней поверхностной яркости к фону на $4.5 \mu\text{m}$ значительно (более чем в три раза) превышает таковое на диапазонах $3.6 \mu\text{m}$, $5.8 \mu\text{m}$ и $8.0 \mu\text{m}$. На рис.5 представлены изображения этих объектов. Кроме того, они отмечены на RGB-изображении области, которое приводится в электронной версии данной работы. На этом цветном изображении вышеупомянутые объекты особенно хорошо видны в зеленом цвете. В табл.3 приводятся координаты этих объектов (Spitzer Green Objects "SGO"), определенные по инфракрасным изображениям. Внегалактических объектов, которые совпадали бы с ними по координатам, в базе данных NED не обнаружено. Кроме того, данные объекты не выявлены на изображениях обзоров 2MASS, MSX и SCUBA. Детальные описания каждого из этих объектов приводятся ниже.

Таблица 3

КООРДИНАТЫ SGO-ОБЪЕКТОВ

Объект	RA (2000)	Dec (2000)
SGO1	20 ^h 31 ^m 35 ^s .0	40°19'34".0
SGO2	20 ^h 31 ^m 37 ^s .0	40°19'39".5
SGO3	20 ^h 31 ^m 39 ^s .9	40°18'31".6
SGO4	20 ^h 31 ^m 42 ^s .2	40°18'26".8

SGO1 и SGO2. В объекте SGO1 выделяется расположенный в северо-восточной части яркий сгусток, внутри которого находится звездообразный источник, отмеченный на рис. 5 как IR star 1. Именно его координаты приводятся в табл.3. К юго-западу от него отходит вытянутая диффузная структура с хорошо различимым сгустком, напоминающим ударный фронт.

Объект SGO2 по своей морфологии представляет собой пример классической биполярной туманности, в центре которой находится очень красная звезда (IR star 2, см. рис.5), лучше всего различимая в наиболее длинноволновом диапазоне $8.0 \mu\text{m}$. Ее координаты приводятся в табл.3.

В табл.4 приводятся интегральные потоки излучения обоих ИК-звезд в четырех диапазонах IRAC. Апертура при измерении потоков была взята равной 3".6.

В обоих случаях туманности вокруг вышеозначенных звезд (IR Neb 1 и IR Neb 2) видны в трех диапазонах ($3.6 \mu\text{m}$, $4.5 \mu\text{m}$ и $5.8 \mu\text{m}$). Однако их яркость на $4.5 \mu\text{m}$ превышает таковую в остальных диапазонах более чем в 5 раз, что служит веским аргументом в пользу наличия, обусловленного направленным истечением, ударного возбуждения молекулярного водорода в данных туманностях.

Таблица 4

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОТОК ИЗЛУЧЕНИЯ (mJy)

Объект	3.6 μm	4.5 μm	5.8 μm	8.0 μm
IR star 1	58	201	111	-
IR star 2	-	291	698	1191

SGO3 и SGO4. Эти два объекта практически совпадают по координатам со сгустками "d" и "a" соответственно в объекте НН 1036. SGO3 представляет собой диффузный объект с двумя заметными сгустками в центре и признаками волокнистой структуры вокруг них. В целом протяженность объекта составляет $\sim 23''$. Размер очень слабого и диффузного SGO4 не превышает $5''$. Нет сомнения, что оба эти объекта представляют собой излучение потока НН 1036 в линиях молекулярного водорода.

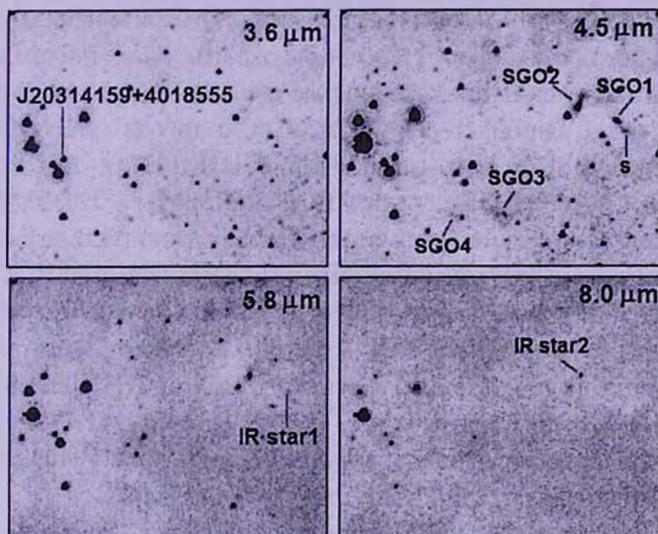


Рис.5. Изображение SGO в различных спектральных диапазонах телескопа Spitzer. Отмечены также инфракрасные звезды, освещающие SGO1 и SGO2.

4. *Обсуждение и заключение.* Наши исследования центральной части области НН DR 15 показывают, что даже эта небольшая часть ассоциации Суг OB2 относительно богата НН-объектами и НН-потоками. Это позволяет говорить о ее сходстве с областью Северная Америка - Пеликан [4,5].

Выявленные нами пять НН-потоков и объектов (НН 1036-1040) имеют схожую морфологию, видимые размеры и поверхностную яркость, что свидетельствует в пользу их принадлежности одной области звездообразования. Отметим, что, по крайней мере, два наиболее ярких и протяженных

потока, НН 1036 и НН 1040, наблюдаются на фоне полосы с наибольшим поглощением, которая хорошо выражена не только в оптике, но и в ближнем ИК-диапазоне (*ЖК* изображения 2MASS). Более того, по крайней мере в ее западной части сильное поглощение наблюдается вплоть до среднего ИК-диапазона (судя по изображениям IRAC - см рис. В в приложении к электронной версии). Это обстоятельство, равно как и наличие эмиссии H_2 в НН 1036, позволяет предположить прямую связь этих НН-потоков с молекулярным облаком.

Неоднозначность в определении возможных источников НН-объектов затрудняет оценку общих размеров потоков в данной области. Так, морфология как НН 1036, так и НН 1040 особо не свидетельствует в пользу их формирования близлежащими ИК-объектами, перечисленными в разделе 3.2. Исходя из структурных особенностей НН 1036 и НН 1040, можно заключить, что их источник должен находиться в западном или восточном направлении от них. В связи с этим хотелось бы обратить внимание на объект J20320922+4019242. Его расположение относительно этих двух НН-объектов таково, что данный YSO мог бы оказаться источником гигантского биполярного истечения протяженностью около 1 пк (при расстоянии 1 кпк), включающего, с одной стороны НН 1036, с другой - НН 1040.

Также не вполне ясна ситуация и с НН 1037 и НН 1039. Кроме ближайших к НН 1037 ИК-объектов IRAS 30202+4011 и J203209 22+4019242, в качестве потенциального источника, также можно рассматривать и один из молодых звездных объектов в компактной НII-области IRDC G79.3+0.3 P1. Морфология НН 1039 позволяет более или менее обоснованно определиться с направлением на источник. Им может оказаться любая из молодых звезд, расположенная к северо-западу от НН 1039. В частности, опять-таки следует отметить YSO J20320922+4019242, находящийся в соответствующем направлении (в этом случае поток НН 1039 также будет иметь очень большую протяженность - около 0.7 пк).

При внимательном рассмотрении распределения YSO, звезд с эмиссией $H\alpha$ и НН-объектов по области в целом (см. рис.1) создается впечатление, что "центр активности" смещен к северо-западу от центра DR 15 и находится вблизи туманности GM 2-41.

Особого внимания заслуживают обнаруженные нами две инфракрасные туманности SGO 1 и SGO 2. Оба этих объекта связаны с очень красными звездами, которые не видны даже в ближнем ИК-диапазоне на изображениях UKIDSS. На рис. В (в приложении к электронной версии работы) очень хорошо видно, что туманности расположены в полосе с очень сильным межзвездным поглощением, и, таким образом, скорее всего, погружены в молекулярное облако глубже, чем остальные рассмотренные здесь объекты. Биполярная морфология туманностей (особенно заметная для SGO 2) и

предположительное наличие эмиссии молекулярного водорода (т.е. направленного истечения) позволяют с большой вероятностью заключить, что освещающие их звезды находятся на очень ранней эволюционной стадии.

Авторы признательны проф. Б. Рейпурту (США) за присвоение новых номеров НН - объектов до публикации статьи.

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

SEARCH OF HH OBJECTS AND EMISSION-LINE STARS IN THE STAR FORMING REGIONS. VII. HERBIG-HARO OBJECTS IN THE VICINITY OF GM 2-41 NEBULA

Е.Н.НИКОГХОСЯН, Т.Ю.МАГАКИАН, Т.А.МОВСЕССИАН

Five new HH objects (HH 1036 -1040) were revealed in the area $14' \times 14'$ in the vicinity of GM 2-41 nebula in the central part of HII region DR 15, located in the southern part of Cyg OB2 association. Four of them have the complex structure, resembling the HH-flows. In HH 1036 on the archival images of Spitzer database the infrared emission of molecular hydrogen was detected. Also two new infrared nebulae, illuminated by very red young stellar objects, were found.

Key words: *HH-objects:star forming regions - individual:GM 2-41*

ЛИТЕРАТУРА

1. V.C.Reddish, L.C.Lawrence, N.M.Pran, Publ. R. Obs. Edinburgh, 5, 111, 1966.
2. P.Massey, A.B.Thompson, Astron. J., 101, 1408, 1991.
3. J.Knödlseder, Astron. Astrophys., 360, 539, 2000.
4. B.Reipurth, N.Schneider, in "Handbook of Star Forming Regions", ed. B.Reipurth, Vol. 1, p.37, 2008.
5. J.Bally, B.Reipurth, Astron. J., 126, 893, 2003.
6. T.Yu.Magakian, E.H.Nikogossian, T.-S.Pyo et al., Astron. J, 139, 969, 2010.
7. Е.Г.Никогосян, Т.Ю.Магакян, Т.А.Мовсесян, Т.Ханзадян, Астрофизика, 52, 551, 2009.

8. *A.L.Gyulbudaghian, T.Y.Maghakian*, *Do Arm*, 64, 104, 1977.
9. *T.Y.Magakian*, *Astron. Astrophys.*, 399, 141, 2003.
10. *M.Cohen*, *Astron. J.*, 85, 29, 1980.
11. *F.Comeron, J.Torra*, *Astron. Astrophys.*, 375, 539, 2001.
12. *S.F.Odenwald, M.F.Campbell, K.Shivanandan, P.Schwartz*, *Astron. J.*, 99, 288, 1990.
13. *N.Schneider, S.Bontemps, R.Simon et al.*, *Astron. Astrophys.*, 458, 855, 2006.
14. *C.M.Dutra, E.Bica*, *Astron. Astrophys.*, 376, 434, 2001.
15. *J'-M.LeDuigou, J.Knödlseder*, *Astron. Astrophys.*, 392, 869, 2002.
16. *Е.Г.Никогосян, Т.Ю.Магакян, Т.А.Мовсесян*, *Астрофизика*, слано в печать, 2011.
17. *R.O.Redman, D.D.Balam, P.A.Feldman, S.J.Carey*, *JRASC*, 94, 250, 2000.
18. *M.S.Bessell, J.M.Brett*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 100, 261, 1988.
19. *M.R.Meyer, N.Calvet, L.A.Hillenbrand*, *Astron. J.*, 114, 288, 1997.
20. *J.M.Carpenter*, *Astron. J.*, 121, 2871, 2001.
21. *J.A.Cardelli, C.C.Geoffrey, J.S.Mathis*, *Astrophys. J.*, 345, 245, 1989.
22. *B.A.Wilking, C.J.Lada*, *Astrophys. J.*, 274, 698, 1983.
23. *S.J.Kenyon, B.A.Whitney, M.Gomez, L.Hartmann*, *Astrophys. J.*, 414, 773, 1993.
24. *L.A.Hillenbrand, S.E.Strom, F.J.Vrba, J.Keene*, *Astrophys. J.*, 397, 613, 1992.
25. http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/index_extmis.html.
26. *F.Motte, S.Bontemps, P.Schilke et al.*, *Astron. Astrophys.*, 476, 1243, 2007.
27. *R.O.Redman, P.A.Feldman et al.*, *Astrophys. J.*, 586, 1127, 2003.
28. *E.Bica, C.M.Dutra, J.Soaes, B.Barbuy*, *Astron. Astrophys.*, 404, 223, 2003.
29. *P.M.Harvey, N.Chapman, S.-P.Lai et al.*, *Astrophys. J.*, 644, 307, 2006.
30. *M.Gálfalk, G.Olofsson*, *Astron. Astrophys.*, 466, 579, 2007.
31. *M.J.Kaufman, D.A.Neufeld*, *Astrophys. J.*, 456, 611, 1996.