

ОБЪЕКТ SNO 74 В АССОЦИАЦИИ АРА ОВ 1

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 7 ноября 2012

Принята к печати 1 марта 2013

Исследована область звездообразования SNO 74, погруженная в темное облако в ассоциации Ага ОВ 1. С этим объектом связана компактная область III, видимая в ИК, и тесное скопление ИК-звезд. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения выявили наличие красного и синего молекулярных истечений из этого объекта, т.е. это биполярное истечение. На изображении, полученном с помощью приемника SIMBA на 1.2 мм, присутствуют также вторая активная область и перемычка, расположенные к W от первой активной области и совпадающие с сильным поглощением. Красное молекулярное истечение направлено в сторону этой второй активной области и перемычки.

Ключевые слова: *область звездообразования; молекулярное истечение; ИК-скопление*

1. *Введение.* В.А.Амбарцумян впервые отметил, что ОВ-звезды образуются в ОВ-ассоциациях [1], причем часто в виде систем типа Трапедии Ориона [2]. Образование подобных звезд обычно происходит в областях звездообразования, похожих на область, связанную с Трапедией Ориона, причем эти области лежат в гигантских молекулярных облаках (ГМО), массы которых достигают $10^4 - 10^5 M_{\odot}$, а размеры бывают в пределах 30 - 50 пк [3]. При дальнейшей эволюции образуется ОВ-ассоциация. Нами, совместно с чилийскими астрономами, были просмотрены карты южного неба в поисках новых областей звездообразования, тесных систем звезд типа Трапедии Ориона и других интересных областей [4]. В некоторых из них были обнаружены молекулярные истечения, выбросы, а также вращение связанных с ними темных глобул [5,6]. В данной статье рассматривается область звездообразования SNO 74 [4], которая расположена в ОВ-ассоциации Ага ОВ 1 и связана с гигантским молекулярным облаком (ГМО).

2. *Область звездообразования SNO 74.* Объект SNO 74 в [4] описывается как группа туманных объектов в темной туманности, похожая на область звездообразования Ser A = GGD 37. Объект отождествляется с точечным ИК источником IRAS 16362-4845 [7]. SNO 74 находится в темном облаке, входящем в ассоциацию Ага ОВ 1. Расстояние до этой ассоциации 1300 пк [8]. Рядом с вышеназванным молекулярным облаком расположено О-скопление NGC 6193. Это скопление (скорее две яркие

О-звезды HD 150135 и HD 150136) образовало в молекулярном облаке область HII и радиальную систему темных глобул на границе молекулярного облака и области HII (см. рис.1).



Рис.1. DSS2 R изображение области, содержащей О-скопление NGC 6193 и область HII. 1 - звезды скопления NGC 6193, 2 - область HII, 3 - объект SNO 74. Размеры изображения 30' x 30', север наверху, восток слева.

В оптическом диапазоне на месте SNO 74 видны три яркие звезды, расположенные в виде цепочки по направлению N-S (см. рис.2а). С этими звездами связаны яркие волокна. На 2MASS К изображении уже видна компактная область HII, связанная с тесной группой ИК-звезд (см. рис.2б).

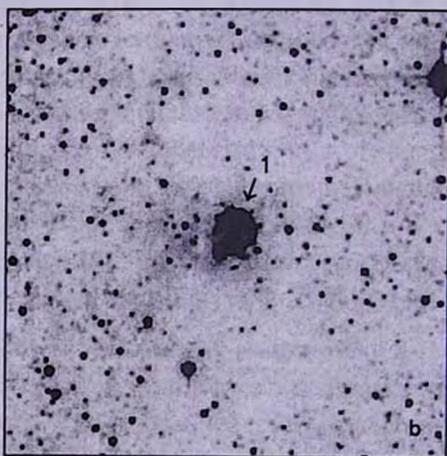
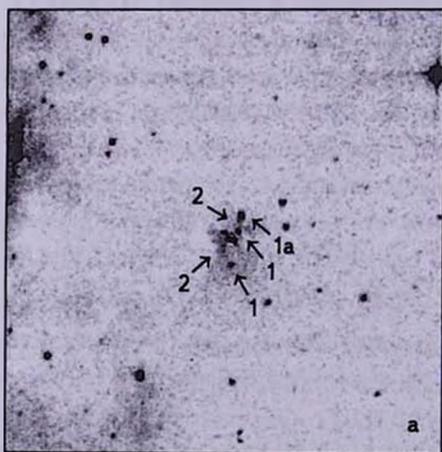


Рис.2. а. DSS2 R изображение области вокруг объекта SNO 74. 1 - звезды цепочки, 1а - звезда CSR-012, 2 - волокна. Размеры изображения 6' x 6', север наверху, восток слева. б. 2MASS К изображение области вокруг объекта SNO 74. 1 - компактная область HII. Размеры изображения 6' x 6', север наверху, восток слева.

В [9] получено, что среди этих звезд имеются 2-3 поздние O-звезды и около 10 B-звезд. Исследование этой группы звезд показало, что присутствует полная область звездных масс, однако число звезд малых масс намного меньше ожидаемого числа, если экстраполировать нормальную функцию масс в сторону малых масс с учетом наличия звезд больших масс (т.е. по сравнению с уже известными областями звездообразования, например с областью, связанной с Трапещией Ориона, имеется недостаток звезд малых масс) [10]. Возможно, это явление происходит из-за того, что это более молодая группа. Компактная область III связана с точечным ИК-источником IRAS 16362-4845. ИК-цвета этого источника: $R(1, 2) = \log((F(25) \times 12)/(F(12) \times 25)) = 0.84$; $R(2, 3) = \log((F(60) \times 25)/(F(25) \times 60)) = 0.06$; $R(3, 4) = \log((F(100) \times 60)/(F(60) \times 100)) = -0.04$. Согласно [11], эти цвета соответствуют источнику, связанному с мазером воды (скорее всего этот источник является молодым звездообразным объектом - M3O). Звезда CSR-012 видимо играет главную роль при ионизации SNO 74, судя по ее центральному положению в ядре туманности. Эта звезда не видна на 2MASS K изображении из-за передержки, но хорошо видна на DSS2 R изображении (см. рис.2а). Ее фотометрия предполагает поздний O [9]. В то время как SNO 74 является местом, где в настоящее время происходит образование массивных звезд, другие места в том же молекулярном облаке, подвергнувшись тому же поглощению и образующие звезды меньших масс, могут существовать, не показывая таких же видимых проявлений (как молекулярное истечение, яркие волокна, компактные области III).

Для обнаружения молодых звезд с меньшими массами в [9] воспользовались положением звезд на диаграмме ($J-H$), ($H-K$), а для обнаружения наличия остатков горячих околозвездных дисков, оставшихся после их образования и для оценки ИК избытка, была употреблена величина $Q = (J-H) - 1.7(H-K)$. Звезды с $Q < 0$ могут быть звездами с ИК избытком [9]. Распределение звезд с ИК избытком явно не случайное. Наибольшая концентрация имеет место в плотнейшей области облака, вокруг SNO 74, где общая плотность звезд наименьшая из-за наличия сильного поглощения. Звезды с ИК избытком не расположены в облаке равномерно. Они расположены вдоль пояса, содержащего SNO 74 и простирающегося от NE к SW. NW сторона особенно интересна, так как она простирается параллельно яркому ободку (риму) на границе области, образованной скоплением NGC 6193 и молекулярным облаком. Некоторые звезды с ИК избытком видны также вне этой полосы, где ионизационный фронт разрушил облако [9]. Таким образом здесь присутствуют как звезды с ИК избытком, происхождение которых можно объяснить спусковым механизмом звездообразования (прохождением ионизационного фронта), так и звезды, происхождение которых подобным механизмом объяснить нельзя. Подобное явление (одновременное

наличие молодых звезд, чье происхождение можно объяснить спусковым механизмом, и звезд, чье наличие этим механизмом нельзя объяснить) имеет место и для других областей образования массивных звезд [12].

3. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения объекта SNO 74. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения молекулярного облака, связанного с SNO 74, были проведены 30 августа 2003г. на 15-м SEST (Швеция - ESO субмиллиметровый телескоп) телескопе в Сьерро Ла Силья, Чили. Диаграмма направленности антенны на $115\text{ GHz} \sim 45''$, эффективность пучка 0.70. Положения в направлении источника были пронумерованы с интервалом в $40''$ в режиме частотной модуляции с разбросом частот в 10 MHz . Телескоп во время наблюдений был снабжен SIS детектором и акусто-оптическим спектрометром с высоким разрешением (с 1000 каналами и с разрешением скорости в 0.112 km/s). Эти наблюдения осуществлены по совместной программе с ныне покойным проф. Хорхе Майем (Национальная обсерватория Чили, Сантьяго, Чили). На рис.3 приводятся спектры, пронумерованные в направлении SNO 74, представленные в виде распределения по ячейкам, размеры которых $40''$. Из рис.3 можно заключить, что имеется красное молекулярное истечение ($-22 + -17\text{ km/s}$) и синее истечение ($-29 + -26\text{ km/s}$). В табл.1 на основании рис.3 представлены данные о пиках излучения в $^{12}\text{CO}(1-0)$, а также данные о наличии красного (знак +) или синего (знак -) истечений. Ниже приводится табл.1, в которой ячейки соответствуют ячейкам на рис.3. Скорость дана в km/s .

Из таблицы можно определить скорость молекулярного облака - около -24 km/s . Красное истечение направлено к *N* и к *W*. Ниже будет показано, что подобное направление имеют также вторая активная область и перемычка на 1.2 мм изображении. Синее истечение направлено к *E* (есть незначительное

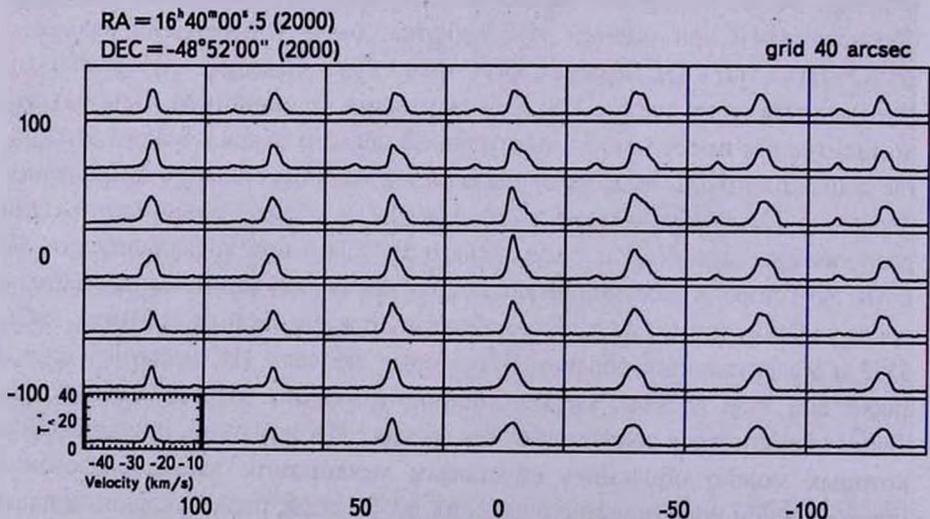


Рис.3. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры области вокруг SNO 74.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В $^{12}\text{CO}(1-0)$ ВОКРУГ SNO 74

-24.73	-23.9; -38.15	-23.4; -38.15; +	-23.9; -37.29; +	-24.3; -37.29; +	-22.6; -35.59	-22.6; -37.29
-24.73	-23.9; -38.15	-23.9; -37.72; +	-24.3; -37.72; +	-23.9; -37.72; +	-21.7; -37.29	-21.7; -37.72
-24.73;	-23.9; -38.15	-23.9; -37.72; +	-24.3; -37.72; +	-23.9; -37.72; +	-20.9; -37.72; +	-21.3; -37.72; +
-23.9;	-24.3; -38.15; -	-23.9; +	-23.9; +	-23.9; -37.29; +	-21.7; -37.29; +	-21.3; -37.29; +
-23.4	-23.4; -	-23.9	-23.9; +	-23.9	-21.7; +	-21.7; +
-23.9	-23.4	-23.9	-23.4; -	-23.9	-22.15; +	-21.7
-24.73	-23.9	-23.4	-23.4; -	-23.9	-22.6	-21.3

истечение к S). Имеются два основных пика излучения. 1. На -24 км/с наблюдается максимальный пик. Это излучение распределено по всему облаку, максимум этого излучения совпадает с объектом SNO 74. 2. Пик на -37 км/с. Интенсивность этого излучения меньше, чем на предыдущей скорости. На -37 км/с излучение распространяется к N и к W от SNO 74. Возможно облако, излучающее с этой скоростью, расположено за основным облаком, имеющим скорость около -24 км/с.

4. *SNO 74 и Трапеция Ориона.* SNO 74, как и область вокруг Трапеции Ориона, являются областями звездообразования, в которых образуются массивные звезды. Масса скопления, связанного с Трапецией, $\sim 130 M_{\odot}$, радиус ~ 0.22 пк, скопление содержит три O-звезды. SNO 74 более компактное (радиус ~ 0.11 пк), масса больше, $\sim 370 M_{\odot}$ [10]. Трапеция является ядром более протяженного агрегата, скопления туманности Ориона (масса которого $\sim 2000 M_{\odot}$). Роль, которую будет играть SNO 74 в качестве ядра будущего агрегата, будет подобна роли, которую сейчас играет Трапеция в Орионе. В этом отношении SNO 74 и компактная туманность Ориона могут рассматриваться как сходные структуры на разных этапах эволюции. Радиус области III в Ага ОВ 1 (~ 4.7 пк) примерно вдвое меньше радиуса области III в Ори ОВ 1 (~ 8.1 пк), хотя центральные звезды в этих системах довольно схожи (O5V и O7V в Ага ОВ 1 и O8III и O9.5V в Ори ОВ 1). Это может свидетельствовать о сравнительной молодости комплекса в Ага ОВ 1. Недавно были предложены идеи об определяющей роли, которую играют скопления типа Трапеции при рождении звезд больших масс [13,14]. Однако нужно напомнить, что об определяющей роли систем типа трапеции Амбарцумян высказывался еще в 1951 г. [15]. Рассмотренное нами молекулярное облако имеет низкую эффективность звездообразования, определенную как $M_{\star}/(M_{\star} + M_{\text{gas}})$). Эффективность звездообразования этого облака равна 4.6%,

так как $M_* = 370 M_\odot$, $M_* + M_{\text{gas}} = 8000 M_\odot$. Типичные проэволюционировавшие ГМО к концу жизни имеют эффективность звездообразования $\sim 10\%$ [9]. Малая эффективность звездообразования вокруг SNO 74, вместе с большим количеством молекулярного газа, а также большая плотность этого газа предполагают, что большая часть звездообразования в этом облаке будет иметь место в будущем. Это приведет к еще большему сходству со скоплением в Орионе, т.е. рассмотренная нами область в Ага OB 1 в эволюционном смысле моложе области в Орионе.

5. *Наблюдения SNO 74 на 1.2 мм.* Область вокруг SNO 74 была пронаблюдена также на SEST телескопе с помощью приемника SIMBA (на 1.2 мм). Эти наблюдения проводились по совместной программе с доктором Маркусом Нилбоком (ESO Vetasura, Сантьяго, Чили) 14 августа 2002г. На рис.4 представлено изображение, полученное с помощью этого приемника. Из этого рисунка можно заключить, что на изображении имеются две активные области и перемычка между ними. Большая активная область (1 на рис.4) совпадает с компактной областью III (см. рис.2b), а вторая активная область (3 на рис.4) и перемычка (2 на рис.4) не имеют аналогов в ИК (см. рис.2b). На DSS2 R изображении вторая область активности и перемычка совпадают с сильным поглощением, из-за этого они не видны в ИК. Можно предположить, что вторая область активности и перемычка удаляются от нас и входят в область повышенной плотности.

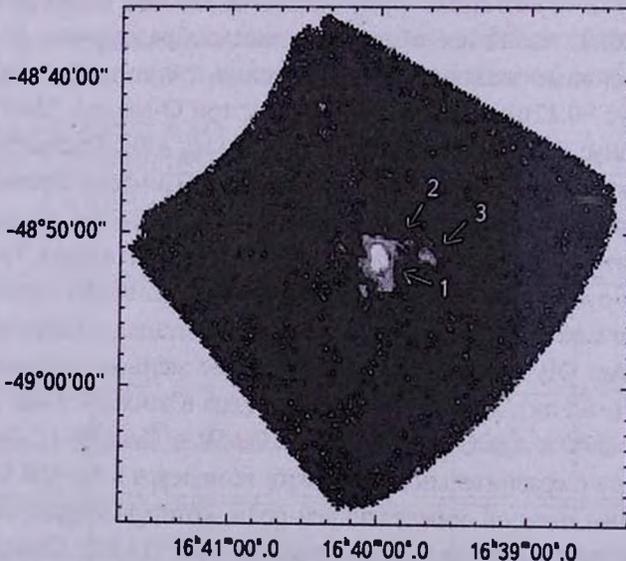


Рис.4. 1.2 мм SIMBA изображение области вокруг SNO 74. Контуры начинаются с 3σ над уровнем шумов. 1 - большая активная область, 2 - перемычка, 3 - вторая активная область.

6. *Заключение.* Рассмотрена область звездообразования SNO 74 в ассоциации Ара ОБ 1. Этот объект погружен в обширное молекулярное облако, восточная граница которого является радиальной системой темных глобул. В центре этой системы расположено О-скопление NGC 6193. SNO 74 связан с компактной областью HII и со скоплением ИК-звезд, видимых на 2MASS K изображении. Среди звезд этого скопления имеются ОБ-звезды, т.е. это область, где образуются массивные звезды. В скоплении имеет место дефицит звезд малых масс по сравнению с другими подобными областями звездообразования. Данные $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдений этого объекта показывают, что присутствует красное ($-22 + -17$) км/с и синее ($-29 + -26$) км/с молекулярное истечение из области, где находится SNO 74, т.е. имеется биполярное истечение. Наблюдения на 1.2 мм выявили наличие двух активных областей, одна из которых совпадает с компактной областью HII, а вторая расположена западнее и находится в области со значительным поглощением. Эти активные области соединяются перемычкой. Вторая активная область и перемычка совпадают с направлением красного истечения из SNO 74, что может свидетельствовать об их выбросе из первой активной области. С объектом связан точечный ИК источник IRAS 16362-4845, который имеет ИК-цвета, типичные для источника, связанного с мазером воды (этот источник видимо является МЗО). Проведено сравнение скопления в SNO 74 со скоплением, связанным с трапецией Ориона. Отмечено, что SNO 74 и компактная туманность в Орионе могут рассматриваться как сходные структуры на разных этапах эволюции.

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

OBJECT SNO 74 IN THE ASSOCIATION ARA OB 1

A.L.GYULBUDAGHIAN

Star formation region embedded in dark nebula in association Ara OB 1 is investigated. A compact HII region and tight cluster of IR stars are connected with that object. $^{12}\text{CO}(1-0)$ observations have revealed existence of red and blue outflows from that object, it means that a bipolar outflow exists. On the image obtained by SIMBA detector on 1.2 mm, the second active region and an arch, situated to the *W* of the object and coincident with strong absorption are present. Red molecular outflow is directed towards that second active region and arch.

Key words: star forming region: molecular outflow: IR cluster

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, ДАН СССР, 68, 21, 1949.
2. В.А.Амбарцумян, Сообщ. Бюраканской обс., 15, 3, 1954.
3. Л.С.Марочник, А.А.Сучков, Галактика, М., Наука, 1984.
4. A.L.Gyulbudaghian, J.May, L.Gonzalez, M.Mendez, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 40, 137, 2004.
5. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrofizika, 51, 29, 2008.
6. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrofizika, 53, 565, 2010.
7. IRAS Point Source Catalog, Version 2, 1980, Washington, D.C.
8. I.Ruprecht, B.Balazs, R.E.White, Catalogue of star clusters and associations, Suppl. I, Budapest, 1970.
9. F.Comeron, N.Schneider, D.Russeil, Astron. Astrophys., 433, 955, 2005.
10. F.Comeron, N.Schneider, Astron. Astrophys., 473, 149, 2007.
11. J.Wouterloot, C.Walmsley, Astron. Astrophys., 168, 237, 1986.
12. Z.Jiang, Y.Yao, J.Yang, Astrophys. J., 577, 245, 2002.
13. I.A.Bonnell, M.R.Bate, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 336, 659, 2002.
14. I.A.Bonnell, M.R.Bate, C.J.Clarke, J.E.Pringle, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 324, 573, 2001.
15. В.А.Амбарцумян, ДАН АрмССР, 13, 129, 1951.