

ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ В LDN 1667

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 8 апреля 2015

Принята к печати 24 июня 2015

Рассмотрена группа из трех областей звездообразования, расположенных в темном облаке LDN 1667. Все три области содержат системы типа трапеции. Проведены $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака LDN 1667, связанного с одной из областей звездообразования. Обнаружено наличие трех молекулярных облаков, с одним из которых (с основным облаком) связаны красное и синее истечение. У трех звезд из областей звездообразования обнаружены туманности в виде колец, а у одной звезды - в виде конуса. Темное облако LDN 1667 связано с радиальной системой темных глобул, которая образована звездой HD 57061.

Ключевые слова: *молекулярные облака; молекулярные истечения; области звездообразования*

1. *Введение.* Как известно, области звездообразования бывают двух видов [1]. 1. Области, в которых рождаются массивные звезды. 2. Области, в которых рождаются звезды малых и промежуточных масс. В данной статье рассмотрены три области звездообразования второго типа, которые расположены в темном облаке LDN 1667. Звезды всех трех областей звездообразования составляют системы типа трапеции. Как известно, о важности систем типа трапеции для эволюции звезд указывал Амбарцумян [2]. Проведены $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака LDN 1667, связанного с одним из областей звездообразования. С темным облаком связана также радиальная система темных глобул.

2. *Области звездообразования.* Рассмотрены три области звездообразования. Все они находятся в том же молекулярном облаке (LDN 1667).

1. Эта область найдена нами и не входит ни в один из известных каталогов. Ее координаты: $\alpha(2000) = 7^{\text{h}}22^{\text{m}}09^{\text{s}}.4$, $\delta(2000) = -25^{\circ}44'14''$ (см. рис.1). Область звездообразования 1 состоит из пяти звезд, составляющих систему типа трапеции, и звезды с туманностью в виде конуса (см. рис.1). Данные о звездах из области звездообразования 1 приведены в табл.1 (данные взяты из [3]). В этой таблице первые пять звезд - звезды трапеции, звезда №6 - звезда с туманностью в виде конуса. В первом столбце таблицы дан номер звезды, во втором и третьем - координаты

звезды, в столбцах 4-9 - звездные величины и цвета звезд.

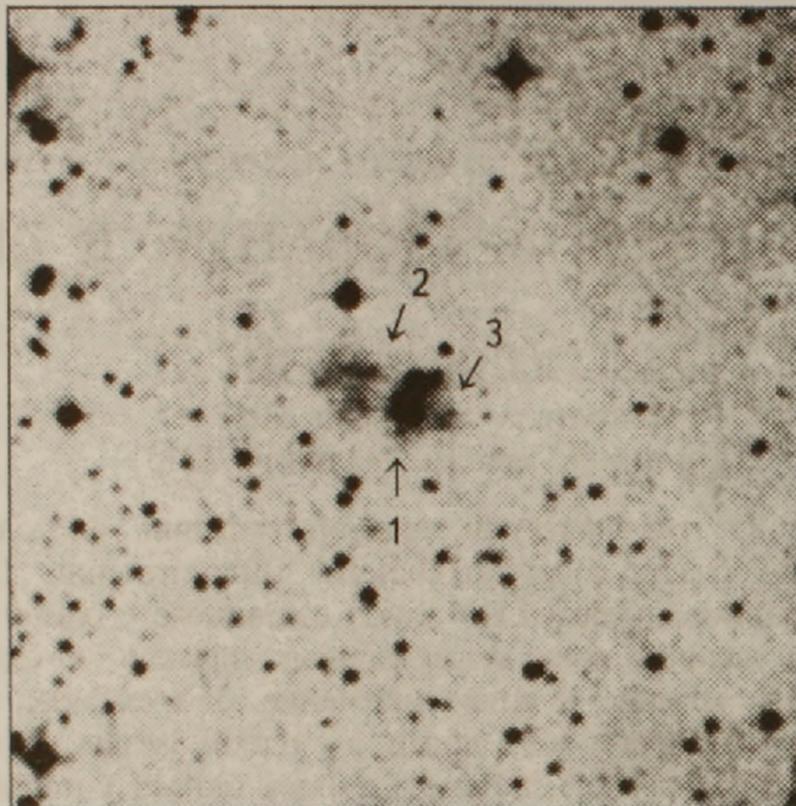


Рис.1. DSS2 R изображение области, содержащей область звездообразования 1. 1- область звездообразования 1; 2 - звезда с туманностью в виде конуса; 3 - туманность в виде кольца. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6' x 6'.

Таблица 1

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 1

N	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	B	$B - V$	$B - R$	J	$J - H$	$H - K$
1	07 ^h 24 ^m 12 ^s .14	-25°49'56".5	17.53	-	1.64	14.143	1.389	0.679
2	07 24 12.62	-25 50 06.8	16.76	1.07	1.77	12.392	0.875	0.719
3	07 24 12.76	-25 49 57.9	13.01	-	2.29	14.493	-0.136	1.344
4	07 24 13.13	-25 50 03.1	-	-	-	15.870	0.941	0.858
5	07 24 13.18	-25 50 10.42	15.93	1.25	0.27	12.254	1.160	1.009
6	07 24 14.53	-25 49 54.8	18.46	-	1.78	-	-	-

Как можно увидеть из рис.1, звезда 1 связана с туманностью в виде кольца. Из табл.1 следует, что величины $B - R$ для звезд 1, 2 и 6 очень близки.

2. Эта область звездообразования расположена в том же облаке, что и предыдущая. Область содержит шесть звезд, составляющих систему типа трапеции (эта трапеция имеет вид цепочки, см. рис.2). Из этих шести звезд одна связана с туманностью в виде кольца CLN 108 [4] (звезда 3 из табл.2). В таблице представлены данные о звездах трапеции (первые шесть звезд), находящихся поблизости к звезде с туманностью в виде кольца (звезда 7, см. рис.2). В таблице в первом столбце приводится номер звезды, во втором и третьем - координаты звезд, в столбцах 4-9 - цвета звезд.

Таблица 2

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 2

N	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	<i>B</i>	<i>B - V</i>	<i>B - R</i>	<i>J</i>	<i>J - H</i>	<i>H - K</i>
1	07 ^h 24 ^m 15 ^s .19	-25°55'07".7	-	-	-	15.28	1.078	0.584
2	07 24 15.52	-25 55 03.6	16.02	-	-1.6	12.519	1.185	0.487
3	07 24 16.09	-25 54 48.9	14.87	0.52	4.65	11.732	0.414	0.287
4	07 24 16.29	-25 54 53.8	-	-	-	14.674	1.015	0.341
5	07 24 15.56	-25 54 40.2	15.61	0.13	2.16	13.625	0.566	0.153
6	07 24 17.21	-25 54 41.0	-	-	-	15.750	0.726	0.352
7	07 24 06.54	-25 54 21.7	13.81	0.42	0.73	12.132	0.396	0.075

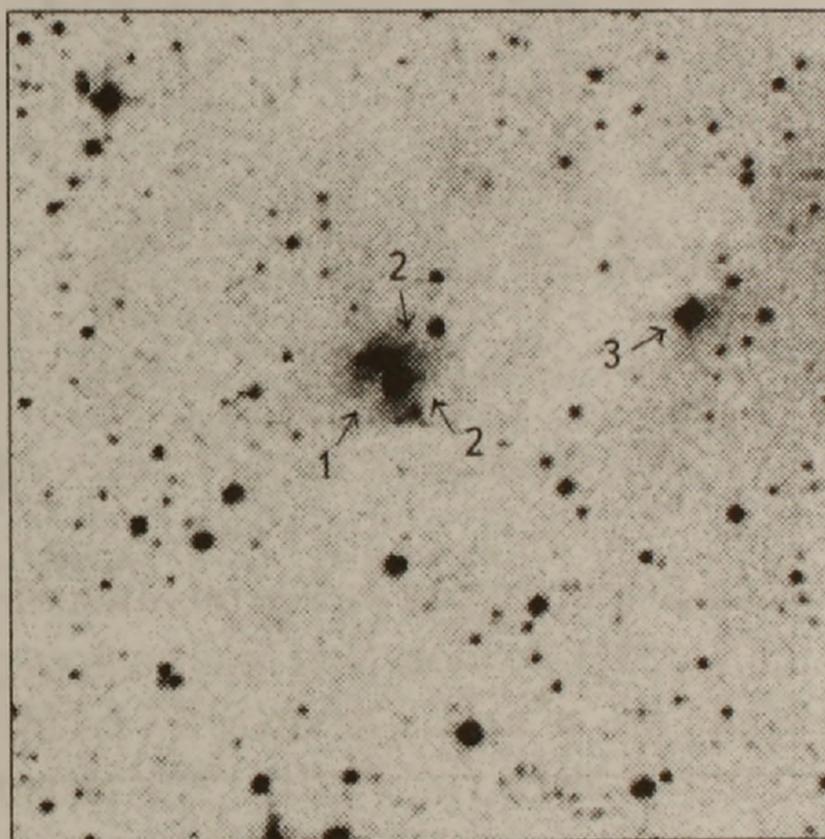


Рис.2. DSS2 R изображение области, содержащей область звездообразования 2. 1- область звездообразования 2; 2 - туманность в виде кольца; 3 - звезда с туманностью в виде кольца (звезда 7 из табл.2). Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6' x 6'.

3. Эта область звездообразования находится в том же облаке, что и области 1 и 2. Область содержит пять звезд, составляющих систему типа трапеции (эта система расположена в виде цепочки, см. рис.3). В таблице представлены данные о звездах трапеции. В первом столбце табл.3 - номер звезды, во втором и третьем - координаты звезды, в столбцах 4-9 - цвета звезд.

Как видно из таблицы, у звезды 3 довольно большое значение *B - R*, еще большее значение *B - R* у звезды 3 из табл.2. Вера [5] анализирует данные о цветах *B - V*, *B - R*, *J - H*, *H - K* для звезд разных спектральных классов. Подобные большие значения *B - R* встречаются у некоторых звезд класса К. Для этих некоторых звезд класса К подходят и данные о цветах

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 3

N	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	B	$B - V$	$B - R$	J	$J - H$	$H - K$
1	07 ^h 23 ^m 57 ^s .65	-25°53'51".4	11.01	0.882	1.42	8.336	0.516	0.127
2	07 23 57.87	-25 53 36.3	15.13	0.30	3.71	12.153	0.413	0.301
3	07 23 58.53	-25 53 26.64	-	-	-	14.663	1.296	1.422
4	07 23 59.71	-25 53 16.78	-	-	-	11.616	-0.017	-0.005
5	07 24 00.07	-25 53 21.39	10.018	-0.074	0.00	10.113	-0.069	-0.01

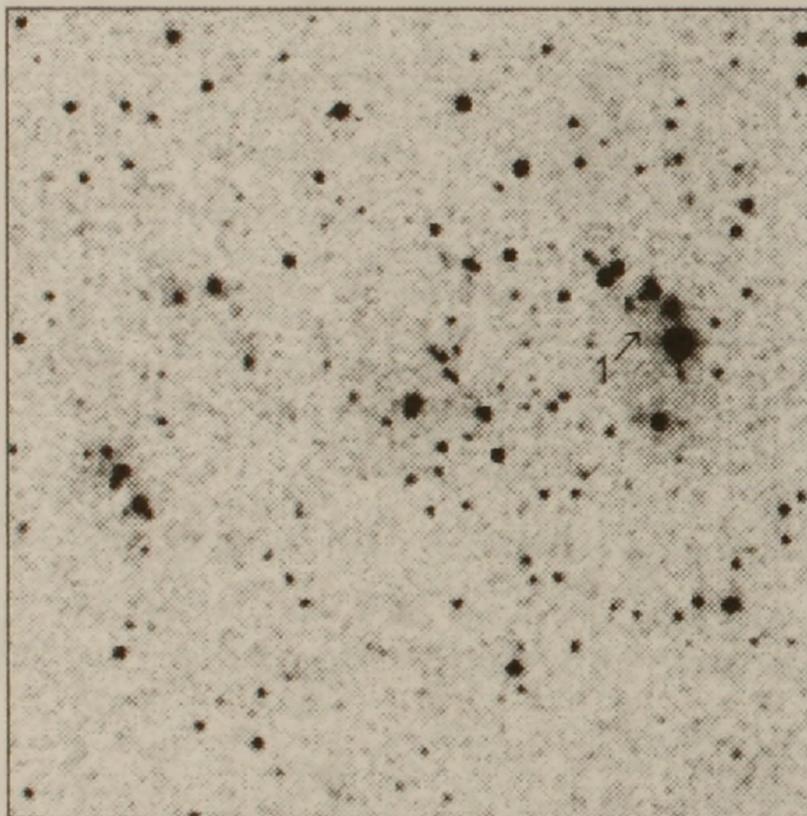


Рис.3. 2MASS K изображение области, содержащей область звездообразования 3. 1 - область звездообразования 3. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6' x 6'.

$B - V$, $J - H$, $H - K$ вышеупомянутых двух звезд.

3. *Радиальная система темных глобул.* С темным облаком связана радиальная система темных глобул I вида (см. рис.4). Глобулы этой системы имеют яркие римы (ободки), состоящие из ионизованного водорода. Глобулы образованы звездой HD 57061, спектральный класс которой O9Ib. Оценим расстояние до этой звезды. Из [6] для звезды O9Ib имеем $M_V = -6^m.1$ и $(B - V)_0 = -0^m.25$. Из Vizier для звезды HD 57061 имеем: $V = 4^m.396$, $B - V = -0^m.159$. Отсюда будем иметь $E_{B-V} = (B - V) - (B - V)_0 = 0^m.091$ и $A_V = 3.3E_{B-V} = 0^m.3$. Для модуля расстояния получим $10^m.2$, откуда для расстояния будем иметь 1.1 кпк. Значит на таком же расстоянии находятся молекулярное облако и рассмотренные области звездообразования. Как предложено в [7], со временем радиальная система I вида превращается в радиальную систему II вида, в которой центральная звезда уже более

позднего типа и уже не может ионизовать область НII и римы. Можно оценить, каково время высвечивания области НII и римов (то есть время рекомбинации). Для этой цели употребим формулу Соболева [8] для времени

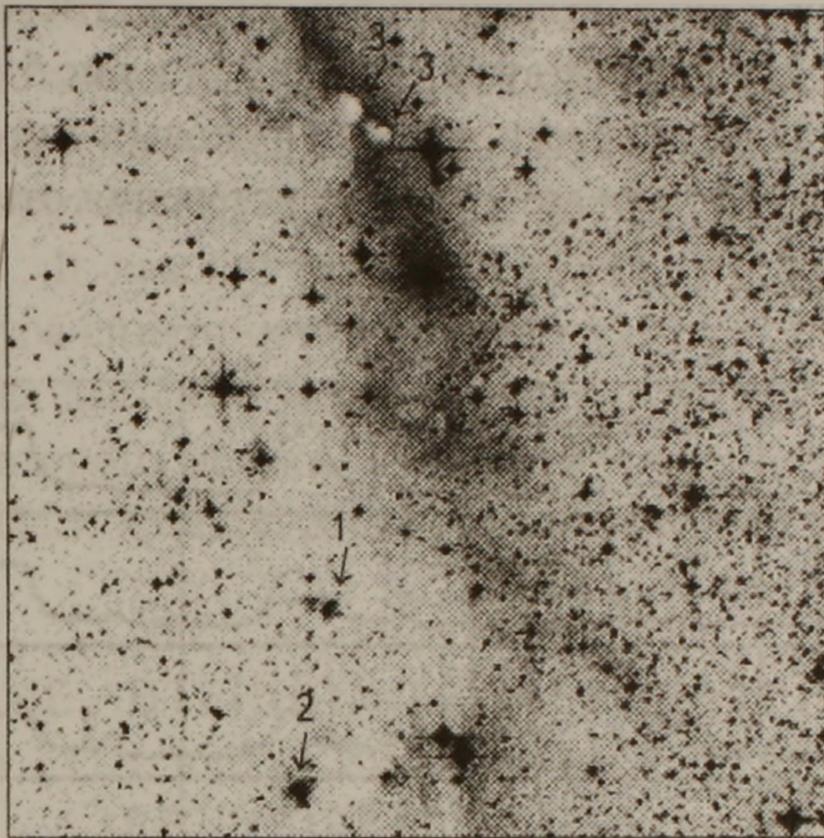


Рис.4. DSS2 R изображение радиальной системы темных глобул. 1 - область звездообразования 1; 2 - область звездообразования 2; 3 - глобулы радиальной системы. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 20' x 20'.

высвечивания ионизованного облака после отключения источников ионизации $t^* = 1/(n_e \cdot \Sigma C_i)$ (суммирование по i здесь от 2 до ∞ , $n_e n^+ C_i$ - число захватов электронов ионами на i -й уровень в 1 см^3 за 1 с, при температурах порядка 10000 К для водорода $\Sigma C_i \sim 10^{-13}$ [8]). Для $n_e \sim 10^2 \text{ см}^{-3}$ [9] будем иметь $t^* \sim 3200$ лет, то есть высвечивание произойдет очень быстро. За высвечиванием следует распад радиальной системы, вызванный дифференциальным вращением Галактики [7].

4. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения области звездообразования 1. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения южных объектов, проведенные в Чили, были довольно продуктивными: обнаружение молекулярных истечений, вращения молекулярных облаков (см., напр., [10,11]). $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака LDN 1667, связанной с областью звездообразования 1, были проведены 30 августа 2003г. на 15-м (Швеция - ESO субмиллиметровый телескоп) телескопе в Сьерро Ла Силья, Чили. Диаграмма направленности антенны на 115 ГГц $\sim 45''$, эффективность пучка 0.70. Положения в направлении источника были пронаблюдены с интервалом в $40''$ в режиме частотной модуляции с разбросом частот в 10 МГц. 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 км/с). Эти наблюдения проведены с ныне покойным проф.

Хорхе Майем (Национальная обсерватория Чили, Сантьяго, Чили).

На рис.5 приводятся спектры $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдений части облака вокруг области звездообразования 1. На основании рис.5 можно найти распределение скоростей в исследованной области. Ниже приводится табл.4, в которой ячейки соответствуют ячейкам на рис.5. В ячейках табл.4 помещены радиальные скорости в км/с. Поскольку имеется также красное и синее истечение, то наличие красного истечения отмечено знаком +, а синего знаком -.

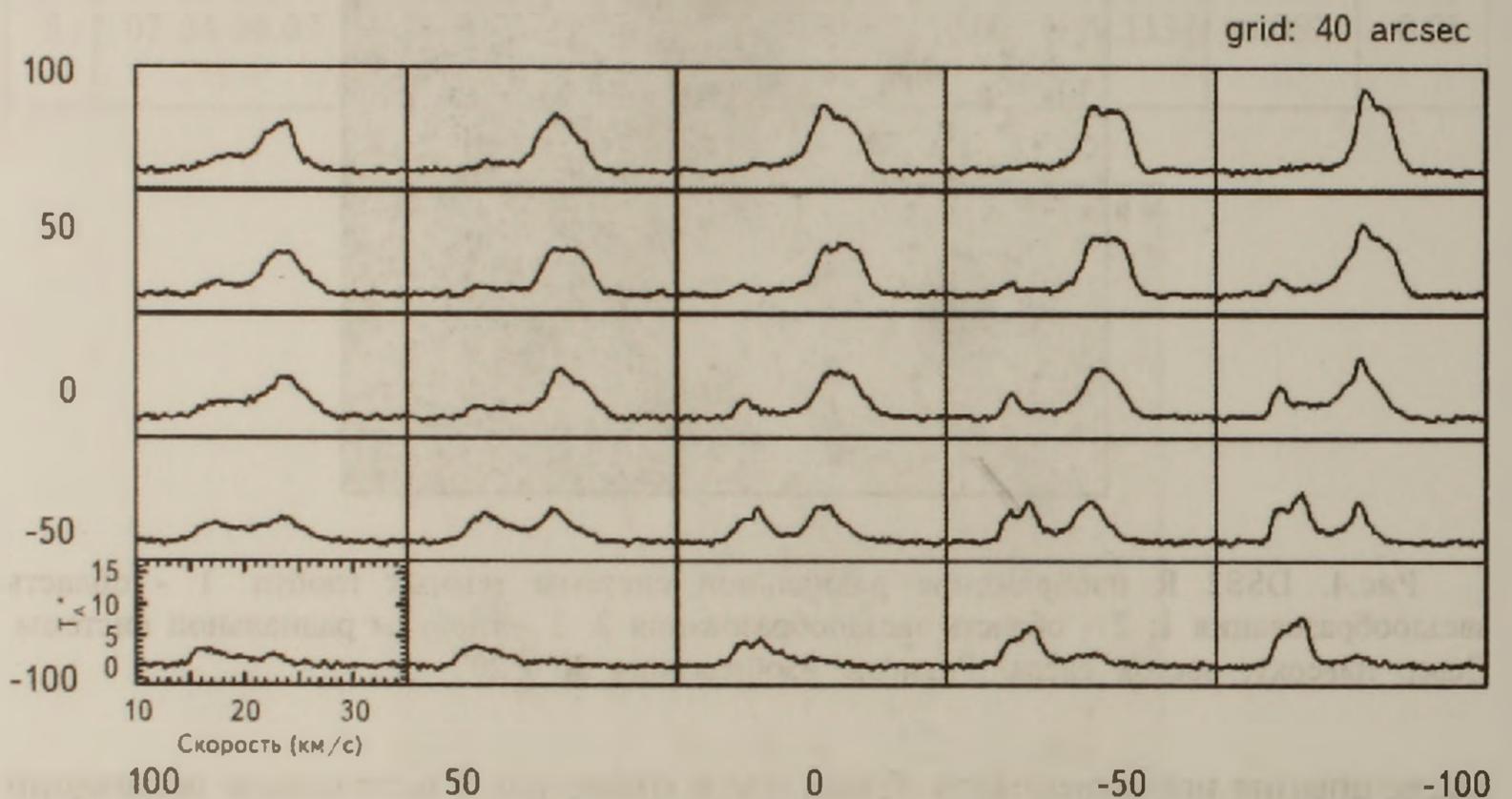


Рис.5. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры части облака вокруг области звездообразования 1.

Как видно из табл.4, имеются три облака в данной области. Это основное облако со скоростью около 23.70 км/с, второе облако со скоростью 17.78 км/с и третье облако со скоростью 16.11 км/с. Красное и синее

Таблица 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ $^{12}\text{CO}(1-0)$ В ЧАСТИ
МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА ВОКРУГ ОБЛАСТИ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 1

---	-	+	-	+	-	+	---	+	---	+	---			
15.9	17.8	24.07	15.9	17.4	23.7	---	---	23.7	---	---	23.9	---	---	23.9
---	-	+	---	+	---	+	---	+	---	+	---	+	-	-
15.9	17.8	23.7	16.3	17.8	23.9	16.1	-	23.9	16.1	---	23.9	15.9	18.0	23.7
---	-	+	---	+	---	+	---	+	---	+	---	+	-	-
15.9	18.2	23.5	15.9	17.8	24.1	16.3	---	24.3	16.1	---	23.9	15.9	18.0	23.5
---	---	---	---	+	---	+	---	+	---	+	-	+	-	-
15.9	17.6	23.5	16.3	17.4	23.7	16.1	17.6	23.3	16.1	17.8	23.7	15.9	18.0	23.3
---	---	---	---	---	---	+	---	---	+	---	---	+	-	-
15.9	17.8	23.0	16.3	17.4	23.7	16.1	17.8	23.3	16.1	18.0	23.7	15.9	18.0	23.2

истечение относятся к основному облаку. Красное истечение имеет скорости в интервале (24.63–28.33) км/с, или по отношению к основному облаку (+0.93–+4.63) км/с. Синее истечение имеет скорости в интервале (20.18–23.15) км/с или по отношению к основному облаку (-3.52–-0.55) км/с. Чтобы лучше представить распределение облаков в данной области, в табл.5 приводятся антенные температуры излучения этих облаков. Ячейки в таблице соответствуют ячейкам на рис.5. Антенные температуры приведены в единицах 0.33 К. В каждой ячейке в верхней строке слева дается антенная температура синего истечения, справа - красного истечения; во второй строке слева дается антенная температура для третьего облака, посередине - для второго облака, и справа - для основного облака.

Как видно из табл.5, красное истечение занимает северо-западную часть

Таблица 5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНТЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ ЧАСТИ
ОБЛАКА LDN 1667, СВЯЗАННОЙ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 1

5	---	2	3	---	8	---	11	---	9					
8	---	22	6	---	27	3	---	29	3	---	30	---	---	37
4	---	---	---	---	8	---	---	13	---	---	9	5	---	8
8	---	20	4	---	21	5	---	21	7	---	26	6	---	32
2	---	---	---	---	4	---	---	6	---	---	4	2	---	2
10	---	22	6	---	23	9	---	21	12	---	22	15	5	29
---	---	---	---	---	---	---	---	5	2	---	2	2	---	2
9	---	12	14	---	15	12	9	15	10	11	19	13	12	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	6	10	6	5	10	6	3	6	10	7	11	10	7

исследованной области, а синее истечение - северо-восточную и западную части. Эти истечения образованы одной или двумя звездами из области звездообразования. Возможно, что это упомянутые выше звезды с туманностями.

5. Заключение. Рассмотрены три области звездообразования, расположенные в одном молекулярном облаке (LDN 1667). Эти области звездообразования состоят из звезд, образующих системы типа трапеции (две из этих систем в виде цепочки). $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части облака, связанного с одним из этих областей звездообразования, выявили наличие трех молекулярных облаков в данной области - основного со средней скоростью 23.70 км/с и двух других со скоростями 17.78 км/с и 16.11 км/с. Все три области звездообразования связаны с основным облаком. Обнаружено красное истечение со скоростями (0.93–4.63) км/с по отношению к скорости основного облака и синее истечение со скоростями (-3.52–-0.55 км/с) км/с по отношению

к скорости основного облака. Среди звезд из областей звездообразования три звезды связаны с туманностями в виде колец и одна звезда связана с туманностью в виде конуса. С основным молекулярным облаком связана радиальная система темных глобул. Эта радиальная система образована звездой HD 57061.

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

STAR FORMING REGIONS IN LDN 1667

A.L.GYULBUDAGHIAN

A group of three star forming regions situated in one dark cloud LDN 1667 is considered. All three regions have Trapezium type systems consisting of stars. $^{12}\text{CO}(1-0)$ observations of a part of molecular cloud LDN 1667 connected with one of star forming regions is provided. Existence of three molecular clouds was discovered, with one of them (with main cloud) red shifted and blue shifted outflows are connected. Three stars of star forming regions have ring-like nebulae, and one star has a cone-like nebula. Dark cloud LDN 1667 is connected with a radial system of dark globules, which is formed by the star HD 57061.

Key words: *molecular clouds: molecular outflows: star forming regions*

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Д.Эванс, в "Протозвезды и планеты", М., Мир, 1982, с.171.
2. В.А.Амбарцумян, Сообщ. Бюраканской обс., 15, 3, 1954.
3. N.Zacharias, D.G.Monet et al., The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset, 2005.
4. A.L.Gyulbudaghian, Astrophysics, 41, 382, 1998.
5. Р.Вера, Частное сообщение, 2015.
6. К.У.Ален, Астрофизические величины. М., Мир, 1977.
7. A.L.Gyulbudaghian, Astrophysics, 36, 313, 1993.
8. В.В.Соболев, Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет, ГИТТЛ, М., 1956, с.346.
9. I.V.Gosachinskij, V.K.Chersonskij, Astrophys. Space Sci., 107, 289, 1984.
10. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrophysics, 47, 352, 2004.
11. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrophysics, 48, 79, 2005.