

PMS-ОБЪЕКТЫ В ОБЛАСТИ ЗВЕДООБРАЗОВАНИЯ Сер OB3. II. МОЛОДЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В $\text{H}\alpha$ ТУМАННОСТИ Сер В

Е.Г.НИКОГОСЯН

Поступила 30 ноября 2012

Принята к печати 1 марта 2013

Построены модели РСЭ для четырех звездных источников, расположенных в яркой компактной $\text{H}\alpha$ туманности Сер В. Полученные результаты позволяют заключить, что три из них, с большой вероятностью, являются очень молодыми звездными объектами 0/I-го эволюционного класса с возрастом 10^4 - 10^5 лет, что соизмеримо с кинематическим возрастом ионизационного фронта самой туманности. Ассоциируемый с Сер В IRAS 22551+6221 источник инициирован разогретой пылевой материей. В центре ионизационного фронта расположена звезда средней массы (B2-B3) III-го эволюционного класса. В непосредственной окрестности туманности Сер В локальная плотность PMS-звезд превышает в скоплении в целом. С большой вероятностью, эта зона представляет собой локальный очаг нового этапа звездообразования.

Ключевые слова: *компактная область звездообразования - объект: Сер В*

1. *Введение.* Наблюдения в субмиллиметровом диапазоне (^{12}CO) выявили в области Сер OB3 протяженное молекулярное облако, в котором были обнаружены несколько "горячих" сгустков [1,2]. Один из них, расположенный на расстоянии 725 пк Сер В, ассоциируется с яркой компактной $\text{H}\alpha$ туманностью [3]. Туманность расположена на краю III области S 155 и имеет так называемую пузыреобразную форму. Кроме того, Сер В является источником нетеплового радиоизлучения, возникшего в результате столкновения ионизационного газа с плотным молекулярным веществом [4]. Принимая во внимание, что скорость расширения этой III области порядка ~ 2 км/с [5], то относительно наблюдаемых размеров при расстоянии в 700 пк ее возраст оценивается в 2×10^4 лет [4], а масса, по данным наблюдений в субмиллиметровом диапазоне, должна быть порядка $0.3 M_{\odot}$ [6]. В юго-восточной части фронта ионизационного газа располагается IRAS 22551+6221 источник. Сопоставляя интенсивность его излучения в субмиллиметровом (450 и 850 μm) и инфракрасном (MSX) диапазонах, можно предположить, что IRAS 22551+6221 инициирован не молодым звездным источником, а разогретой пылевой материей [7].

Предположительно, в этой области расположена более молодая, чем в целом звездное население ассоциации Сер OB3b, подгруппа молодых

звездных источников [4,5,8]. Компактная группа молодых инфракрасных звезд была выявлена в окрестностях IRAS 22551+6221 источника также и по данным 2MASS обзора [9].

Изучение подобных, глубоко погруженных в молекулярное облако, компактных групп звездообразования очень важно, так как их образование инициировано, как правило, вторичными этапами звездообразования и во многом зависит от свойств самого родительского скопления [10,11]. Следовательно, их исследование очень важно для понимания полной картины процесса звездообразования в скоплении в целом.

Настоящая работа посвящена изучению молодых звезд, расположенных в окрестностях яркой На туманности Сер В.

2. Группа молодых звезд в окрестности туманности Сер В.

2.1. *Метод.* На изображениях субмиллиметрового диапазона (450 μm и 850 μm) в окрестностях IRAS 22551+6221 выявлено несколько источников [7,12]. Три из них удалось отождествить с объектами в базах данных инфракрасного диапазона, а именно MSX, WISE и 2MASS. Кроме того, были использованы данные, полученные с помощью камеры IRAC телескопа Spitzer [13]. Фотометрические параметры этих объектов приводятся в табл.1. Интенсивность потока в субмиллиметровых (SM) диапазонах и

Таблица 1

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ SM И IR-ИСТОЧНИКОВ

Объект	SM1	SM2	SM3	A-NIR
RA (2000)	22 57 02.0	22 57 02.0	22 57 07.2	22 57 06.22
Dec (2000)	+62 36 26	+62 38 26	+62 37 26	+62 37 55.6
850 μm (Jy)	0.31 ($R=25''.3$)	0.98 ($R=30''.3$)	7.31 ($R=49''.3$)	-
450 μm (Jy)	6.64 ($R=25''.3$)	109.2 ($R=30''.3$)	107.8 ($R=49''.3$)	-
MSX A (Jy)	-	4.89	-	-
MSX C (Jy)	-	7.45	-	-
MSX D (Jy)	-	7.11	-	-
MSX E (Jy)	-	10.18	-	-
WISE 3.4	9.44	6.48	9.44	8.52
WISE 4.6	9.00	4.43	8.41	7.60
WISE 12	4.27	0.47	3.43	4.20
WISE 22	2.22	-1.20	1.35	4.36
IRAC 3.6	-	6.58	-	9.03
IRAC 4.5	-	5.36	-	8.61
IRAC 5.8	-	4.45	-	8.08
IRAC 8.0	-	3.40	-	-
2MASS J	13.58	14.18	-	13.57
2MASS H	11.69	11.87	-	11.41
2MASS K	10.83	9.45	-	10.06
I	-	-	-	17.88
V	-	-	-	21.47

нумерация в таблице соответствует данным, приведенным в табл.2 (The Fundamental Map Data Set) из работы [12]. Положение объектов отмечено на рис.1, где представлено изображение области в нескольких диапазонах. Положение IRAS 22551+6221 источника обозначено эллипсом. Отметим, что расхождение координат в субмиллиметровом и инфракрасных диапазонах не превышает 3". Субмиллиметровые источники 4 и 5 из табл.2 работы [12], которые также отмечены на рис.1, не были отождествлены в инфракрасном диапазоне. В табл.1 приводятся также фотометрические параметры одного из расположенных в этой области радиоисточника A-NIR [4] (см. рис.1), который не различим в субмиллиметровом диапазоне. Координаты этого объекта определялись по изображениям 2MASS обзора. Кроме того, для этой звезды были определены V и I звездные величины. Метод наблюдений описан в первой работе [14]. Остальные объекты из табл.1 неразличимы в оптическом диапазоне.

На основании фотометрических параметров для каждого из приведенных в табл.1 звездных объектов была построена модель распределения

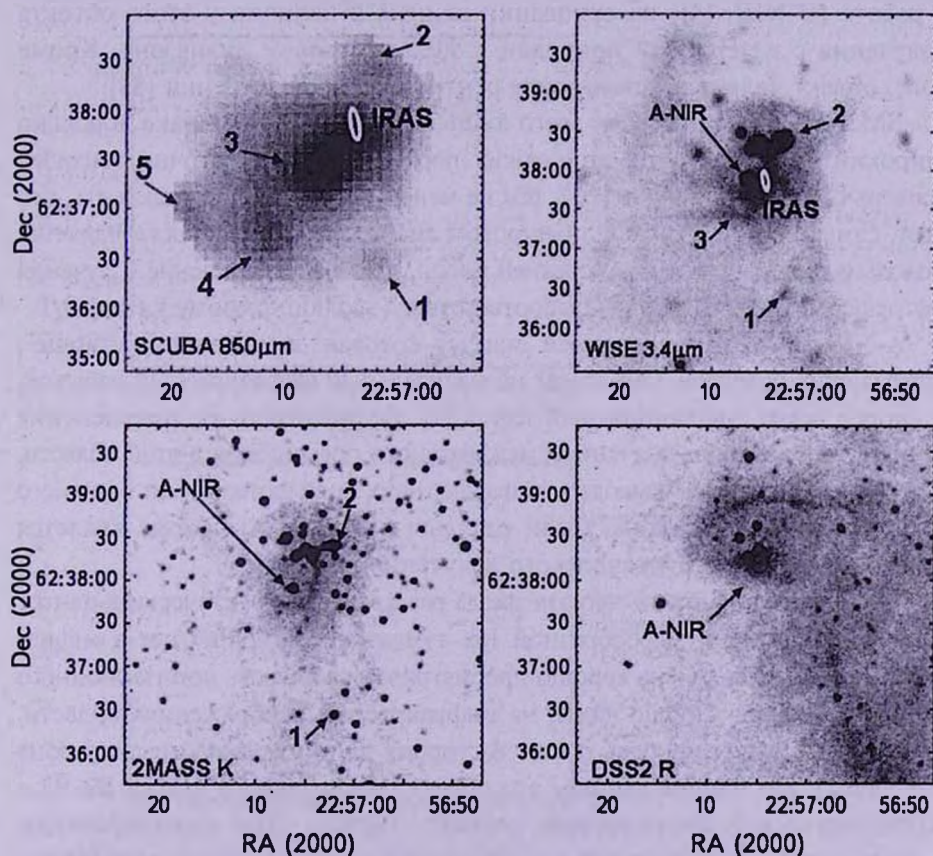


Рис.1. Изображение области вокруг IRAS 22551+6221 источника в различных диапазонах.

спектральной энергии (РСЭ) для PMS-звезд, которая детально описана в работах [15,16], а также определены их основные параметры, а именно, возраст, масса, болометрическая светимость и др. При построении РСЭ расстояние до скопления, как и в первой работе [14], бралось в интервале от 700 до 900 пк [3], но интервал поглощения (A_v) был увеличен до 20^m . Из всех предложенных моделей выбиралась наиболее вероятная.

2.2. Результаты. РСЭ были построены для всех объектов, представленных в табл.1. Результаты представлены на рис.2 (слева). В правой части рисунка приводятся основные параметры наиболее вероятной модели.

Рассмотрим каждый объект отдельно. Классификация эволюционного класса определялась по моделям РСЭ, рассмотренных в работах [15,17].

SM1. Молодой звездный объект с массой, практически равной солнечной. РСЭ соответствует объекту эволюционного класса I с массивной оболочкой и диском.

SM2. Молодой звездный объект средней массы эволюционного класса I с массивной оболочкой и диском. Это соответствует выводам, сделанным в работе (B-NIR, [4]) на основании данных о наличии у этого объекта излучения с нетепловой природой в миллиметровом диапазоне. Кроме того, объект является источником рентгеновского излучения [18].

SM3. РСЭ был построен всего лишь на пяти точках. Однако довольно широкий диапазон фотометрических параметров и достаточно высокий уровень соответствия ($\chi^2 = 126$), тем не менее, позволяет предположить, что этот, самый яркий в субмиллиметровом диапазоне объект, также является молодым звездным объектом средней массы, причем соотношение излучения фотосферы, диска и оболочки соответствует эволюционному классу 0/I.

A-NIR. Это звезда средней массы, которая значительно "старше", предыдущих объектов. Она имеет незначительный инфракрасный избыток, и скорее всего, эволюционный класс III. Ее значительное покраснение объясняется высоким значением межзвездного поглощения в этой области. Это соответствует тем выводам, которые, на основе фотометрии ближнего инфракрасного диапазона, были сделаны в работе [4]. Звезда является также источником рентгеновского излучения [18].

Необходимо отметить, что эта звезда расположена практически в центре упомянутой выше пузыреобразной $N\alpha$ туманности и вокруг нее в инфракрасном диапазоне очень хорошо просматривается область ионизационного фронта, который хорошо виден на инфракрасных изображениях области. Причем его интенсивность растет в сторону длинноволнового диапазона (см. рис.1). По нашим данным это объект спектрального класса B2-B3 с болометрической светимостью порядка $100 M_{\odot}$. Эти характеристики достаточно хорошо согласуются с предположительными оценками, сделанными в работе [4], что еще раз подтверждает предположение, что излучение

именно этой В-звезды и является причиной разогревания материи молекулярного облака и образования ионизационного фронта.

У трех из вышеуказанных звездных объектов величина межзвездного поглощения значительно превосходит усредненную по скоплению в целом [14].

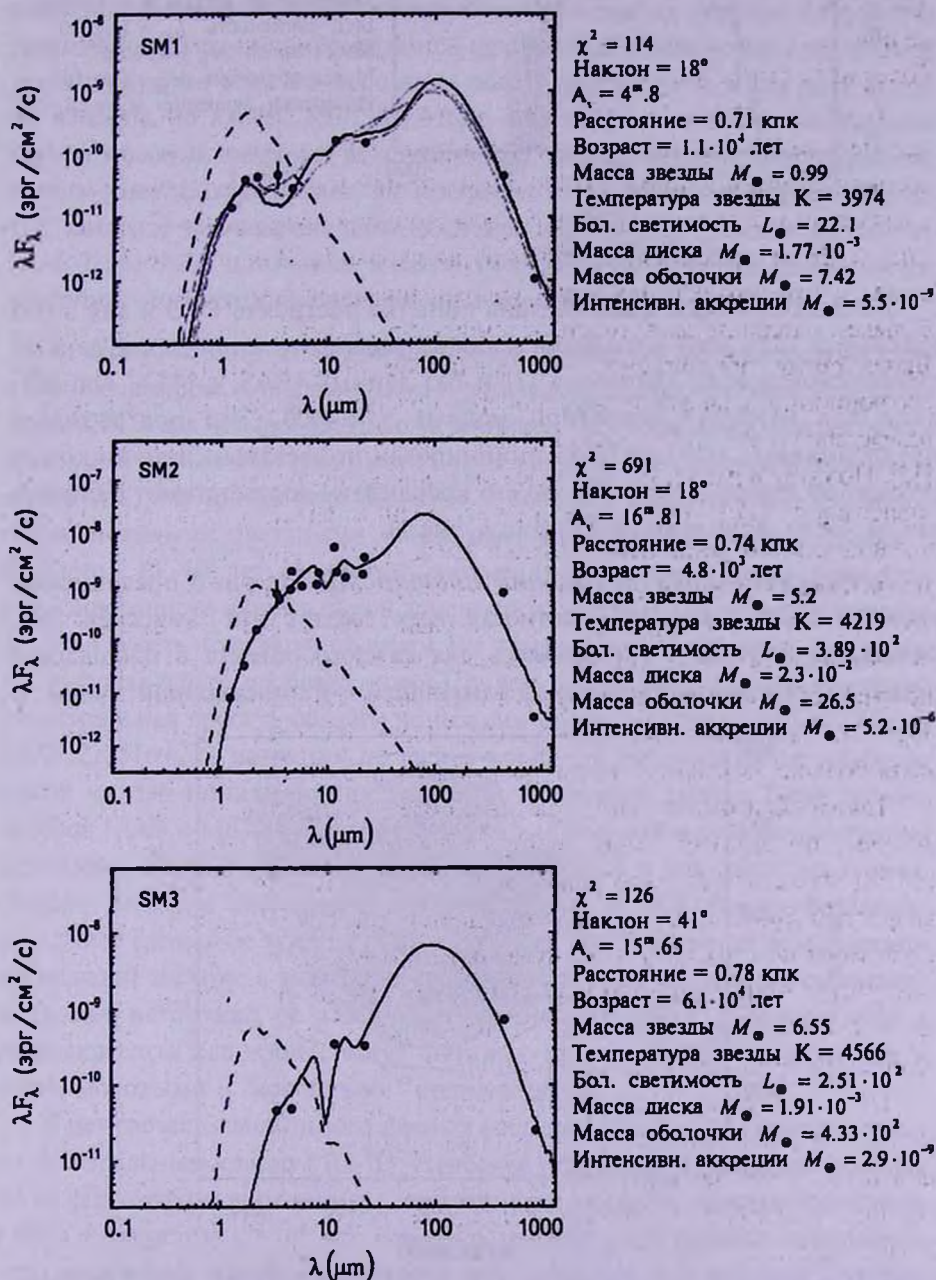


Рис.2. РСЭ и основные параметры молодых звездных объектов.

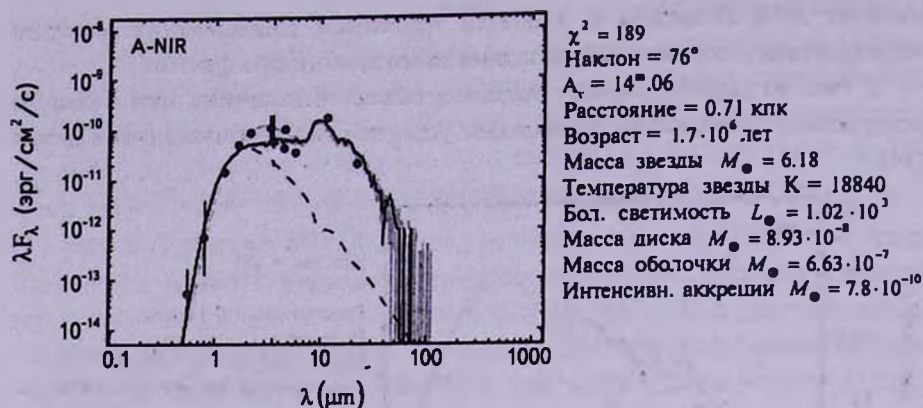


Рис.2. Окончание.

IRAS 22551+6221. Была сделана попытка построить РСЭ и для этого источника. Для этой цели были использованы фотометрические данные субмиллиметрового диапазона [7] и баз данных IRAS и MSX. Однако, даже для наиболее вероятной модели $\chi^2 > 4000$. Это подтверждает предположение, что сам IRAS инициирован не звездным источником, а разогретой пылью. Отметим, что его координаты соответствуют наиболее яркой части фронта ионизации (см. рис.1).

3. Распределение локальной плотности. На рис.3 представлено распределение локальной плотности всех звезд с Na эмиссией [14]. Локальная плотность определялась для каждого объекта в площадке с радиусом, равным расстоянию до ближайшей n -й эмиссионной звезды. В

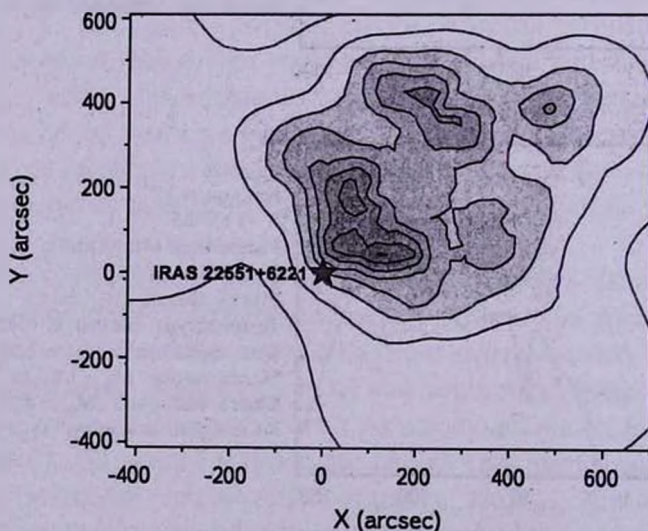


Рис.3. Распределение локальной плотности звезд с Na эмиссией. Положение (0, 0) соответствует координатам IRAS 22551+6221 источника (22ᵒ57ᵐ04ˢ.93; +62ᵒ37'49".57).

общей сложности локальная плотность была определена для 149 звезд при $n = 10$. В первом приближении, распределение плотности эмиссионных звезд относительно равномерно. Групп, в которых плотность превышала бы усредненную по всем объектам больше, чем на 3σ , не обнаружено. Однако в области, непосредственно примыкающей к IRAS 22551+6221 источнику, эмиссионные звезды располагаются более компактно, образуя небольшую группу с изоденсами кометообразной формы. Плотность группы превышает усредненную по всем эмиссионным объектам плотность в два раза. В той же области, на картах 2MASS обзора, также была выявлена компактная группа молодых звездных источников [9]. Форма изоденс инфракрасной группы имеет схожую форму. Не исключается, что подобная форма изоденс, т. е. заметное уменьшение плотности N_α эмиссионных звезд к востоку от IRAS 22551+6221 источника, в какой-то степени объясняется возрастанием значения межзвездного поглощения в этом направлении [3,14].

4. Обсуждение и заключение. На основании данных фотометрии в субмиллиметровом, инфракрасном и оптическом диапазонах были построены модели РСЭ для четырех звездных источников, расположенных в окрестности яркой компактной N_α туманности Сер В. Полученные результаты позволяют заключить, что три из этих объектов, с большой вероятностью, являются очень молодыми звездными объектами 0/I-го эволюционного класса с возрастом 10^4 - 10^5 лет. Их возраст соизмерим с кинематическим возрастом ионизированного фронта самой туманности, который оценивается порядка 10^4 лет. Область ионизации по краям N_α туманности хорошо просматривается на инфракрасных изображениях. Причем с увеличением длины волны относительная яркость области ионизации растет. Ассоциируемый с Сер В IRAS 22551+6221 источник по своим координатам совпадает с наиболее яркой частью ионизационного фронта. Используя данные базы данных обзоров IRAS и MSX, а также результаты наблюдений в субмиллиметровом диапазоне, была сделана попытка построить РСЭ и для этого источника. Однако, даже для наиболее вероятной модели $\chi^2 > 4000$. Все это подтверждает ранее сделанное предположение, что сам IRAS источник инициирован не молодой звездой, а разогретой пылевой материей. Остальные субмиллиметровые источники (4 и 5 в [12]), которые не были отождествлены в инфракрасном диапазоне, могут быть как просто сгустками пыли, так и очень молодыми и "холодными" протозвездами.

В центре ионизационного фронта расположена звезда средней массы со спектральным классом B2-B3. Наиболее вероятная модель, построенная по ее фотометрическим данным, соответствует звезде III-его эволюционного класса с возрастом $1.7 \cdot 10^6$ лет. Вероятно, именно она и является источником того излучения, которое привело к разогреванию межзвездной материи молекулярного облака и образованию ионизационного фронта.

В непосредственной окрестности туманности Сер В локальная плотность PMS-звезд почти в два раза превышает плотность молодых звездных объектов в скоплении в целом.

Все вышесказанное позволяет еще раз подтвердить ранее сделанные предположения о том, что в области Сер В расположена глубоко погруженная в молекулярное облако группа молодых звездных источников. По всей вероятности, эта зона представляет собой локальный очаг нового, третьего этапа звездообразования в ассоциации Сер OB3b.

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

PMS-OBJECTS IN THE STAR FORMING REGION CEP OB3. II. THE YSOs IN THE H α NEBULA Cep B

E.H.NIKOGHOSYAN

For four stellar sources located in the bright H α nebula Cep B have been constructed the models of the SEDs. It is possible to conclude, that three of them with a high probability are classes 0/I YSOs with 10^4 - 10^5 yr age, which is commensurable with the kinetic age of the nebula's ionization front. The associated with Cep B IRAS 22551+6221 source is generated by a hot dust. In the center of the ionized front the intermediate mass stellar Class III object (B2-B3) is located. In the vicinity of the Cep B nebula the local density of PMS objects is higher than in the cluster in common. With high probability this area is a seat of a new wave of the star formation process.

Key words: *compact stars formation region - individual:Cep B*

ЛИТЕРАТУРА

1. A.L.Sargent, Astrophys. J., 218, 736, 1977.
2. A.L.Sargent, Astrophys. J., 233, 163, 1979.
3. M.A.Moreno-Corral, C.Chavarria-K, E. de Lara, S.Wagner, Astron. Astrophys., 273, 619, 1993.
4. L.Testi, L.Olmi, L.Hunt et al., Astron. Astrophys., 303, 881, 1995.
5. N.Panagia, C.Thum, Astron. Astrophys., 98, 295, 1981.

6. *M.A.Thompson, J.Hatchell, A.J.Walsh, G.H.Macdonald, T.J.Millar*, *Astron. Astrophys.*, **453**, 1003, 2006.
7. *S.J.Williams, G.A.Fuller, T.K.Sridharan*, *Astron. Astrophys.*, **417**, 115, 2004.
8. *M.Felli, G.Tofani, R.H.Harten, N.Panagia*, *Astron. Astrophys.*, **69**, 199, 1978.
9. *M.S.N.Kumar, E.Keto, E.Clerkin*, *Astron. Astrophys.*, **449**, 1033, 2006.
10. *B.G.Elmegreen, Y.Efremov, R.Pudritz, H.Zinnecker*, in "Protostars & Planets IV", eds. Mannings, F. A. P. Boss, S. S. Russell, S. S., p.179, 2000.
11. *C.J.Lada, E.A.Lada*, *An. Rev. Astron. Astrophys.*, **41**, 57, 2003.
12. *J. Di Francesco, D.Johnstone, H.Kirk, T.MacKenzie, E.Ledwosinska*, *Astrophys J. Suppl. Ser.*, **175**, 277, 2008.
13. *K.V.Getman, E.D.Feigelson, K.L.Luhman et al.*, *Astron. J.*, **699**, 1454, 2009.
14. *Е.Г.Никогосян*, *Астрофизика*, **56**, 33, 2013.
15. *T.P.Robitaille, B.A.Whitney, R.Indebetouw, K.Wood, P.Denzmore*, *Astrophys. J. Suppl.*, **167**, 256, 2006.
16. *T.P.Robitaille, B.A.Whitney, R.Indebetouw, K.Wood*, *Astrophys. J. Suppl.*, **169**, 328, 2007.
17. *B.A.Whitney, K.Wood, J.E.Bjorkman, M.Cohen*, *Astrophys. J.*, **598**, 1079, 2003.
18. *K.V.Getman, E.D.Feigelson, L.Townsley et al.*, *Astron. J. Suppl.*, **163**, 306, 2006.