

МОЛОДОЕ ЗВЕЗДНОЕ СКОПЛЕНИЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ ИСТОЧНИКА IRAS 05137+3919

Е.Г.НИКОГОСЯН, Н.АЗАТЯН

Поступила 17 января 2014

Принята к печати 30 апреля 2014

На базе данных UKIDSS и изображениях Spitzer (IRAC) в скоплении, расположенном в окрестностях IRAS 05137+3919, было выявлено 84 PMS звездных объекта. Возраст скопления составляет 1.5-2.0 млн лет. Молодые звезды распределены в скоплении неравномерно и образуют две подгруппы. Одна из них локализуется вокруг YSO CPM 15, который является двойной звездой. Вторая группа содержит значительное число объектов ранних спектральных классов, окруженных газопылевыми туманностями. КФС PMS звезд дает основание предположить, что скопление находится на расстоянии ~4.5 кпк. Один из компонентов CPM 15 предположительно имеет Sp B3-B5 и является звездой Ae/Be Хербига.

Ключевые слова: *звезды: PMS звездные объекты: функция светимости: звездное скопление: индивидуальный объект: CPM 15*

1. Введение. Развитие возможностей наблюдательной астрономии в длинноволновой части электромагнитного излучения (инфракрасном, субмиллиметровом и радиодиапазонах) дало возможность активного исследования глубоко погруженных в газопылевую материю очагов звездообразования и молодых звездных объектов, находящихся на различных стадиях эволюции. Фундаментальным аспектом современной теории эволюции звезд является начальная масса протозвезды, от которой в значительной степени и зависит темп эволюционного развития. Если в первом приближении можно считать, что в области изучения звездных объектов малой и средней массы ($M < 10 M_{\odot}$, [1-3]) достигнуто определенное понимание реальной картины процесса образования и эволюции, то в теории эволюции звездных объектов большой массы есть множество "белых пятен". Есть целый ряд нерешенных вопросов, связанных с процессом образования массивного аккреционного диска и направленного истечения [4, 5]. В частности, например, объекты с максимально какой массой могут инициировать направленное истечение?

Целью исследований, результаты которых представлены в данной работе, является молодое звездное скопление, расположенное в окрестностях IRAS 05137+3919, с которым ассоциируется молодой звездный объект CPM 15 [6]. В этой области наблюдается целый ряд признаков активного звездообразования. К их числу относятся H_2O [7], OH [8], CH_3OH [9] и

NH_3 [10] мазеры, HCO^+ и CS эмиссия [11], CO поток [12]. В окрестности IRAS 05137+3919 выявлена группа молодых звезд с высокой плотностью [13,14]. По данным инфракрасного и субмиллиметрового диапазонов светимость CPM 15 оценена в $L = 2.55 \cdot 10^5 L_\odot$, а Sp-O8 [15]. В работе [16], где представлены результаты поиска направленного истечения в линиях H_2 , $v=1-0$ S(1) ($2.1218 \mu\text{m}$) и Bг ($2.166 \mu\text{m}$) в окрестностях около 40 молодых звезд с большой массой ($8 M_\odot < M < 40 M_\odot$), этот объект имеет наиболее ранний спектральный класс. У него, как и у большинства других объектов, в NIR диапазоне было обнаружено направленное истечение.

Однако с оценкой расстояния до CPM 15 есть большие разногласия, что несомненно влияет на оценку светимости молодой звезды. На основе данных радионаблюдений оценка расстояний меняется почти в два с половиной раза: от 4.3 и 4.6 кпк (^{13}CO , ^{12}CO) [17,18] до 10.8 кпк (NH_3) [10]. В некоторых работах используется величина 11.5 кпк, для которой и была определена светимость объекта.

Межзвездное поглощение в этой области по оценке разных авторов не превышает 1 звездную величину в V диапазоне [19].

Основная задача данной работы - это пересмотр расстояния скопления на основе данных фотометрии звездных объектов, а также спектрального класса и массы молодого звездного объекта CPM 15.

2. Используемые данные. Для идентификации молодых звездных объектов в скоплении нами были использованы данные фотометрии и изображения ближнего инфракрасного диапазона (JHK), заимствованные из обзора галактической плоскости UKIDSS [20], а также фотометрические параметры среднего инфракрасного диапазона ($3.6 \mu\text{m}$ и $4.5 \mu\text{m}$), определенные на изображениях с разрешением $0''.6$ на пиксель, полученных в рамках программы GLIMPSE 360 (Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire) на орбитальном телескопе Spitzer [21]. Звездные величины были определены методом апертурной фотометрии с помощью программы IRAF. Радиусы апертуры, а также внутренней и внешней областей неба составляли $2''.4$, $2''.4$ и $3''.6$, соответственно. Ноль-пункт звездной величины заимствован из работы [22]. Ошибки при определении звездных величин не превышают $0^m.25$.

Кроме того, в работе были использованы данные из инфракрасных обзоров 2MASS, WISE, MSX и каталога субмиллиметрового диапазона (SCUBA Legacy Catalog [23]), а также изображения, представленные в работе [16].

3. Результаты.

3.1. Определение размеров скопления. Идентификация скопления проводилась на базе данных обзора UKIDSS. В области с радиусом $6'$ вокруг IRAS 05137+3919 были отобраны те отождествленные в этой базе

данных объекты, для которых были определены все три *ЖК* звездные величины, и для которых коэффициент вероятности, что данный объект является звездным, был больше 0.5. В результате нами был отобран 2391 объект. Для определения размера скопления было построено радиальное распределение звездной плотности относительно положения IRAS 05137+3919 (см. рис.1). Звездная плотность определялась для каждого кольца с шириной $0'.25$ путем простого деления числа звезд на площадь поверхности. Мера неопределенности определялась согласно пуассоновской статистики отно-

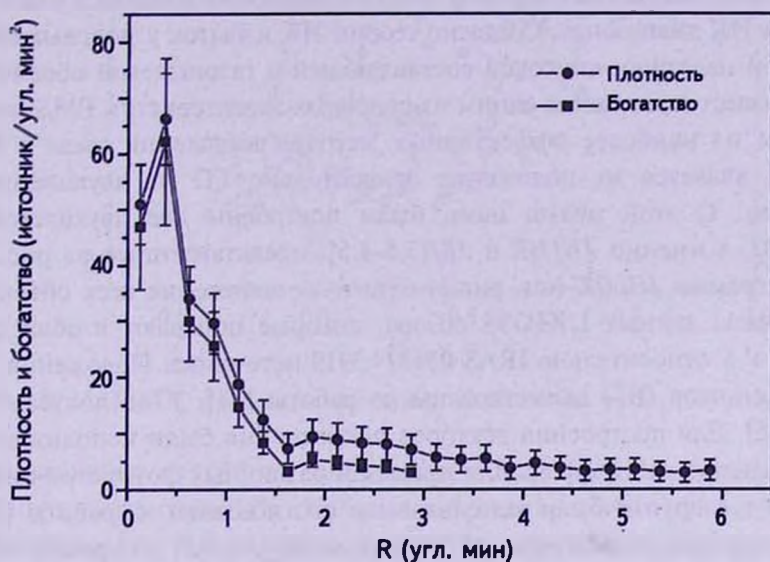


Рис.1. Радиальное распределение звездной плотности и богатства скопления.

сительно числа звезд в каждом кольце. Согласно пуассоновскому распределению, начиная с расстояния $1'.5$ и дальше от центра, флуктуация звездной плотности в кольцах с вероятностью больше чем 99% носит уже случайный характер. Следовательно, радиус скопления не превышает $1'.5$. Это подтверждает также профиль распределения "богатства" скопления, которое определялось путем вычитания из звездной плотности в кольце усредненной и приведенной к площади данного кольца звездной плотности поля, которая определялась в кольце с радиусами от $3'$ до $6'$. Величина неопределенностей в этом случае определялась относительно колебания звездной плотности поля. По графику, представленному на рис.1, хорошо видно, что, начиная с расстояния $1'.5$, богатство скопления не превышает среднюю плотность поля. По графику также хорошо видно, что основной максимум в скоплении несколько отстоит ($\sim 0'.5$) от IRAS 05137+3919. Кроме того, на расстоянии $\sim 1'$ находится еще один вторичный максимум, что свидетельствует о наличии подструктуры в скоплении. Звездная плотность

в области с радиусом $1'.5$ составляет 38 зв/угл. мин^2 , что в два раза превышает плотность поля (19 зв/угл. мин^2). Избыток числа звездных объектов в области скопления равен 115.

Отметим, что полученная нами оценка радиуса скопления хорошо согласуется с результатами, представленными в предыдущих работах [13,14].

3.2. Молодые звездные объекты. Отбор молодых звездных объектов, т.е. звезд, не достигнувших Главной последовательности (PMS звезды), проводился относительно наличия у них инфракрасного избытка в ближнем и среднем ИК диапазонах. Согласно теории ИК избыток у молодых звезд обусловлен наличием дисковой составляющей и газопылевой оболочки, что, как известно, является одним из основных характеристик PMS звезд.

Одним из наиболее эффективных методов выявления звезд с ИК избытком является их положение относительно ГП на двухцветовых диаграммах. С этой целью нами были построены две двухцветовые диаграммы, а именно JH/HK и $JK/[3.6-4.5]$, представленные на рис.2 и 3. На диаграмме JH/HK (см. рис.2) отмечено положение всех объектов (253) из базы данных UKIDSS обзора, которые попадают в область с радиусом $1'.5$ относительно IRAS 05137+3919 источника. Положения ГП и ветви гигантов (ВГ) заимствованы из работы [24], ТТau локуса - из работы [25]. Для построения векторов покраснения были использованы соотношения из работы [26]. Для привязки различных фотометрических систем друг с другом были использованы соотношения из работы [27]. ГП, ВГ и векторы покраснения на диаграмме $JK/[3.6-4.5]$ (см. рис.3) были построены по данным приведенным в работе [28]. К сожалению на

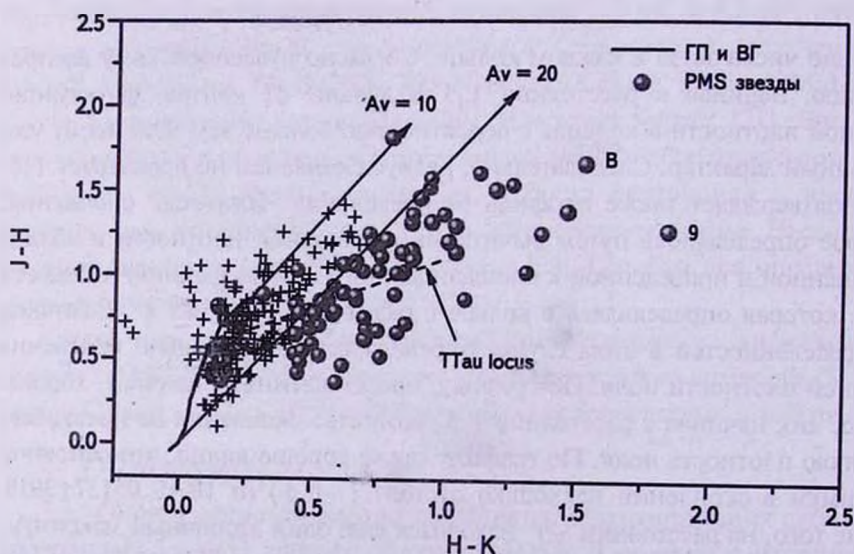


Рис.2. JH/HK двухцветная диаграмма.

изображениях Spitzer-a $[3.6] \mu\text{m}$ и $[4.5] \mu\text{m}$ звездные величины нам удалось определить только для 79 объектов из вышеупомянутых 253-х.

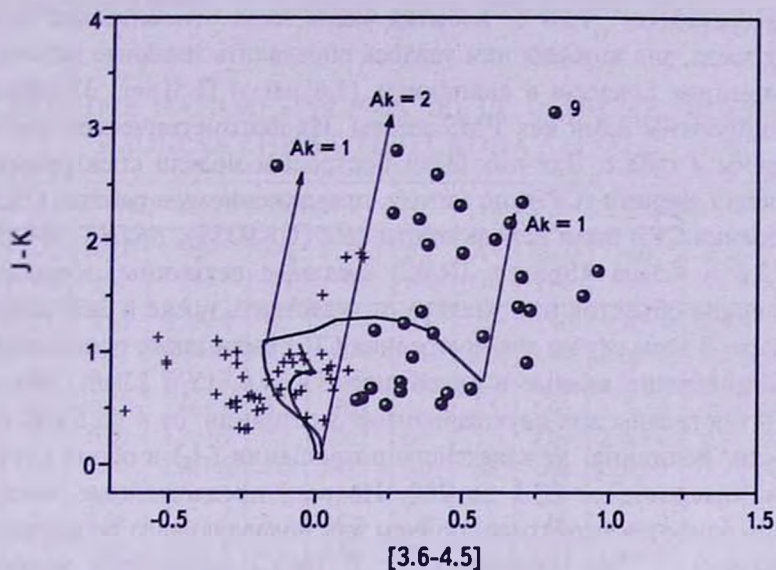


Рис.3. $JK/[3.6-4.5]$ двухцветная диаграмма (обозначения те же, что и на рис.2).

Отклонение от ГП на диаграммах может быть обусловлено двумя причинами: наличием ИК избытка и межзвездным поглощением, которое также приводит к покраснению объекта. Во втором случае смещение от ГП и ветви гигантов будет направлено вдоль векторов покраснения. К PMS звездам нами были причислены те звезды, которые, хотя бы, на одной из диаграмм имеют значительный, четко выраженный ИК избыток, т.е. отклонены влево от векторов покраснения. В этом случае покраснение не может быть обусловлено только межзвездным поглощением и, по крайней мере частично, ИК избыток формируется за счет наличия околозвездного диска или газопылевого облака. Не исключается, что среди звезд, расположенных между векторами покраснения, также есть объекты, смещение которых от ГП объясняется не только межзвездным поглощением, но и собственным ИК избытком, особенно если принять во внимание небольшое значение межзвездного поглощения в данной области (см. *Введение*).

Второй критерий отбора PMS звезд - это связь с туманностью, что также является признаком того, что объект находится на относительно ранней стадии эволюции.

Таким образом, в общей сложности, нами было отобрано 84 вероятных кандидата в PMS объекты. Это число почти в 1.5 раза превосходит оценку числа членов скопления, сделанного в предыдущей работе [14], что, по всей видимости, объясняется большей глубиной используемых нами

изображений. Критерий отбора, конечно же, не позволяет выявить все расположенные в этой области молодые звездные источники. Тем не менее, он составляет ~73% от избытка числа звезд относительно поля.

Из тех звезд, для которых нам удалось определить звездные величины на изображениях Spitzer-а в диапазонах $[3.6] \mu\text{m}$ и $[4.5] \mu\text{m}$, 33 объекта классифицированы нами как PMS звезды. Их фотометрические данные представлены в табл.1. Для них были построены модели спектрального распределения энергии (СПЭ) по методу, предложенному в работах [29,30]. Для построения СПЭ были использованы *JHK* (UKIDSS), *BRJHK* (2MASS), а также 3.6 и $4.5 \mu\text{m}$ (Spitzer, IRAC) звездные величины. Несколько наиболее ярких объектов нам удалось отождествить также в базе данных WISE обзора. В этом случае для построения СПЭ были также использованы их фотометрические данные в диапазонах 3.4 , 4.6 , 12 и $22 \mu\text{m}$. Модели СПЭ были построены для двух вариантов расстояния: от 4 до 5 кпк и от 10 до 12 кпк. Величина межзвездного поглощения (A_V) в обоих случаях бралась в интервале от $0^m.1$ до 20^m . Из всех предложенных моделей выбиралась наиболее вероятная, причем для подавляющего большинства звезд величина χ^2 не превышает 30 . В табл.2 приводятся наиболее

Таблица 1

ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ PMS ЗВЕЗД, ОТОЖДЕСТВЛЕННЫХ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ТЕЛЕСКОПА SPITZER (IRAC)

N (1)	UGPS (2)	[3.6] (3)	[4.5] (4)	N (1)	UGPS (2)	[3.6] (3)	[4.5] (4)
1	J051708.97+392238.5	15.79	15.41	18	J051712.67+392204.6	14.17	13.48
2	J051710.35+392106.8	14.93	14.69	19	J051712.69+392155.4	14.13	13.72
3	J051710.41+392109.6	14.93	14.74	20	J051712.87+392329.9	15.78	15.49
4	J051710.73+392224.2	16.02	15.73	21	J051712.88+392234.9	15.33	14.61
5	J051710.75+392140.4	16.04	15.78	22	J051713.28+392234.2	14.74	14.25
6	J051710.96+392202.2	14.04	13.64	23	J051713.41+392243.2	15.57	14.61
7	J051711.13+392147.0	13.82	13.12	24	J051713.44+392152.6	11.88	11.31
8	J051711.56+392156.9	14.04	13.13	25	J051713.75+392118.3	15.74	15.54
9	J051711.93+392144.7	10.98	10.17	26	J051714.09+392122.1	16.47	16.17
10	J051711.98+392147.8	10.58	10.13	27	J051714.46+392122.1	15.90	15.55
11	J051712.01+392152.2	11.52	10.86	28	J051714.46+392200.0	15.04	14.34
12	J051712.20+392155.5	11.99	11.26	29	J051715.18+392102.8	15.90	15.37
13	J051712.37+392140.9	14.09	13.82	30	J051715.85+392216.2	14.54	14.29
14	J051712.45+392221.3	13.02	12.86	31	J051715.99+392234.8	15.66	15.30
15	J051712.47+392305.2	14.71	14.21	32	J051716.36+392212.1	15.88	15.27
16	J051712.54+392149.6	12.64	12.78	33	J051719.27+392302.6	16.41	16.08
17	J051712.55+392236.2	14.21	13.78				

- (1) - порядковый номер
- (2) - координаты (2000) объектов заимствованные из базы данных UKIDSS
- (3) - звездная величина в диапазоне $3.6 \mu\text{m}$
- (4) - звездная величина в диапазоне $4.5 \mu\text{m}$

вероятные основные параметры вышеупомянутых RMS звезд.

Для первого варианта расстояния скопления, усредненные по данным приведенным в табл.2, значения межзвездного поглощения и расстояния

Таблица 2

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ RMS ЗВЕЗД, ОТОЖДЕСТВЛЕННЫХ НА
ИЗОБРАЖЕНИЯХ ТЕЛЕСКОПА SPITZER (IRAC)

N (1)	4.0 < D < 5.0 (кпк)						10.0 < D < 12.0 (кпк)					
	A _v (2)	log D (3)	Age (4)	M _⊙ (5)	T (K) (6)	L _⊙ (7)	A _v (8)	log D (9)	Age (10)	M _⊙ (11)	T (K) (12)	L _⊙ (13)
1	2.6	0.60	4.3e+4	0.2	2844	0.5	12	1.00	9.7e+5	5.4	17490	650
2	0.1	0.67	5.2e+5	3.3	4870	21	2.8	1.02	3.5e+6	5.2	17089	579
3	0.2	0.60	9.9e+4	1.6	4270	24	4.5	1.06	8.3e+6	3.5	13009	121
4	0.1	0.67	1.6e+5	0.2	3051	1.2	1.5	1.00	3.2e+6	2.9	10643	77
5	3.2	0.60	1.3e+5	0.2	3018	0.5	12	1.04	2.8e+6	3.8	8736	75
6	0.6	0.60	2.3e+6	2.0	4873	4.0	2.5	1.02	7.2e+5	3.3	4965	18
7	0.4	0.70	4.0e+3	3.1	4246	128	4.1	1.08	4.8e+4	8.5	6156	127
8	2.1	0.67	1.2e+5	5.3	4629	128	2.3	1.00	2.2e+5	6.2	6070	333
9	3.9	0.60	5.7e+3	4.1	4217	258	7.3	1.00	1.4e+4	13.1	6881	7310
10	3.9	0.60	1.8e+6	7.6	13257	3040	4.4	1.02	2.0e+6	12.0	28197	10900
11	2.4	0.60	1.3e+6	4.5	4595	131	0.1	1.08	2.3e+5	7.0	11317	1600
12	0.4	0.60	9.1e+4	1.5	4269	2.5	1.8	1.02	2.3e+4	10.8	6660	3900
13	1.9	0.63	5.4e+4	0.5	3760	7.1	3.7	1.06	1.9e+4	1.2	4100	44
14	1.8	0.67	2.9e+6	2.7	6347	31	0.3	1.04	3.3e+5	4.4	4952	82
15	1.8	0.60	2.0e+4	1.0	4024	18	1.9	1.04	9.0e+3	3.6	4300	139
16	1.0	0.67	1.9e+5	5.1	4772	97	0.1	1.04	9.7e+4	6.4	4655	257
17	0.9	0.67	7.2e+6	1.9	6458	13	4.5	1.00	1.4e+6	3.3	5032	35
18	2.6	0.65	2.0e+6	1.8	4708	5.1	2.6	1.06	2.3e+5	6.2	6070	333
19	3.1	0.70	7.1e+4	3.8	4622	106	16	1.00	4.6e+3	4.5	4206	297
20	0.2	0.67	7.2e+6	1.4	4787	1.3	4.2	1.00	1.7e+6	2.3	4921	5.8
21	1.4	0.63	9.4e+4	2.0	4327	30	2.0	1.08	1.6e+4	9.7	4768	1840
22	2.0	0.63	3.5e+4	0.7	3925	7.4	4.4	1.08	5.5e+4	3.6	4410	101
23	1.5	0.67	1.1e+4	1.1	4089	2.7	0.3	1.04	1.0e+4	7.4	4370	502
24	5	0.63	4.1e+6	5.5	17504	669	4.5	1.00	3.7e+5	6.3	14311	1540
25	1.5	0.63	1.6e+6	0.6	3848	61	2	1.04	8.3e+4	4.8	4480	141
26	1.1	0.65	3.6e+5	1.6	4455	12	4.6	1.06	1.9e+5	2.8	4517	41
27	4.4	0.65	4.5e+5	1.0	4217	4.2	6.1	1.04	6.4e+6	3.3	12689	104
28	2.1	0.60	3.3e+5	2.7	4660	21	1.0	1.02	5.4e+4	5.7	4782	183
29	0.1	0.63	1.2e+6	4.9	16482	14	0.1	1.00	2.5e+4	3.6	4380	110
30	3.7	0.60	6.8e+6	5.0	12318	644	31	1.00	3.3e+5	5.5	6006	212
31	1.0	0.67	1.3e+4	3.9	4313	195	6.5	1.02	7.2e+3	7.3	4814	621
32	1.4	0.65	6.0e+4	1.9	4299	44	19	1.08	5.0e+4	2.7	4361	111
33	0.6	0.70	5.8e+4	0.6	3878	4.8	5.7	1.00	9.4e+4	2.2	4341	41

(1) - порядковый номер;

(2) - (7) - межзвездное поглощение, расстояние, возраст, масса, температура и болометрическая светимость звездных объектов при расстоянии в интервале от 4 до 5 кпк;

(8) - (13) - межзвездное поглощение, расстояние, возраст, масса, температура и болометрическая светимость звездных объектов при расстоянии в интервале от 10 до 12 кпк.

составляют $A_v = 1^m.8$ и $D = 4.4$ кпк, соответственно, а медианное значение возраста $1.6 \cdot 10^5$ лет. Звездные объекты в этом случае относительно их болометрической светимости и температуры имеют спектральные классы от В6 до М2. Во втором случае среднее значение расстояний составляет $D = 10.9$ кпк, а $A_v = 3^m.0$. Медианное значение возраста практически такое же, как и в первом варианте, а именно $1.9 \cdot 10^5$ лет, а спектральные классы звезд находятся в интервале от В0 до G0, что конечно же объясняется разницей в оценке расстояния.

3.3. Функция светимости. На рис.4 представлены две К функции светимости (КФС), построенные для 84-х отождествленных в этой области молодых звездных объектов. При определении абсолютного значения К звездной величины для 33-х объектов из табл.1 и 2 вводилась поправка соответственно их значениям расстояния и межзвездного поглощения из табл.3. Для остальных PMS звезд поправка определялась по усредненным значениям D и A_v для каждого варианта расстояний соответственно.

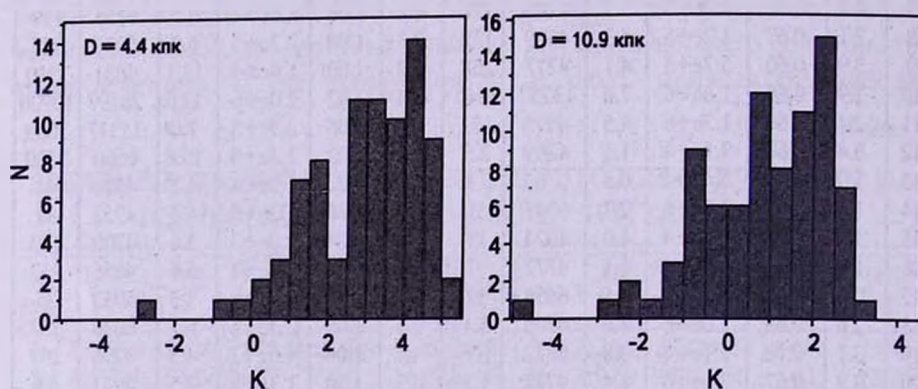


Рис.4. К функции светимости.

Оба варианта КФС имеют хорошо выраженный минимум. Положения минимумов КФС на гистограммах смещены относительно друг друга на 2 звездные величины, что соответствует разности в модулях расстояний при $D = 4.4$ кпк и $D = 10.9$ кпк. Однако следует отметить, что первый вариант КФС ($D = 4.4$ кпк), а именно, положение максимумов и минимума очень хорошо соответствует модели КФС для скоплений с возрастом

Таблица 3

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТА СРМ 15 В

D (кпк)	χ^2	A_v	$\log D$	Возраст (лет)	M ($\odot$)	T_e	L ($\odot$)	Масса звезды ($\odot$)	Масса оболочки ($\odot$)
$4 < D < 5$	1.68	2.0	0.70	$1.2 \cdot 10^5$	6.8	5020	517	$2.5 \cdot 10^{-7}$	3.2
$10 < D < 12$	2.73	2.8	1.04	$1.7 \cdot 10^5$	7.7	13150	3140	$3.4 \cdot 10^{-8}$	44

$\sim 3 \cdot 10^5$ лет [31]. Согласно этой модели избыток более ярких объектов, соответственно объектов с большой массой, объясняется тем, что у них раньше начинается процесс выгорания водорода, который приводит к возрастанию температуры и, следовательно, поверхностной яркости. С возрастом скопления этот избыток должен смещаться в сторону менее ярких звезд. Подобная картина наблюдается у целого ряда молодых скоплений, возраст которых оценивается порядка 1-2 млн лет, например, NGC 1333 [32], Сер В [33], и около 20 скоплений в работе [14].

3.4. Структура скопления. На рис.5 представлено распределение локальной плотности, определенной для всех PMS звезд ($N=84$). Локальная плотность определялась для каждого объекта в площадке с радиусом равным расстоянию до ближайшей n -й эмиссионной звезды. В данном случае локальная плотность была определена для 8-го ближайшего объекта. Положение (0,0) на графике соответствует координатам IRAS 05137+3919. Кроме того, на рис.5 отмечены также положения максимумов излучения в субмиллиметровом (SCUBA 850 μm , [23]) и инфракрасном (база данных MSX 8-22 μm) диапазонах. Значение локальной плотности для первой изоденсы превышает плотность поля на величину 3σ .

Распределение локальной плотности показывает, что молодые звездные

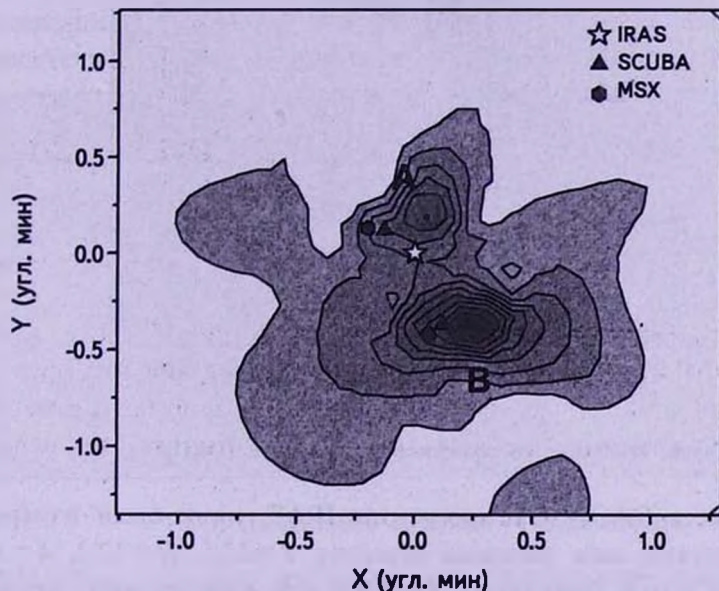


Рис.5. Распределение локальной плотности молодых звездных объектов.

объекты распределены неравномерно по полю скопления, а образуют две, хорошо выраженные подгруппы А и В, расположенные вблизи пиков излучения в инфракрасном, субмиллиметровом, миллиметровом и сантиметровом диапазонах (Moll8A и Moll8B, [11,15]). Следует отметить,

что максимумы звездной плотности несколько смещены от пиков излучения вышеозначенных диапазонов, а также от IRAS 05137+3919.

Рассмотрим каждую группу отдельно.

Группа А. Центральным объектом группы А является молодой звездный объект CPM 15, светимость которого при расстоянии 11.5 кпк оценена в $L = 2.55 \cdot 10^5 L_{\odot}$. Однако на изображениях UKIDSS, равно как и на изображениях области, представленных в работе [16], хорошо видно, что объект двойной (см. рис.6). Причем юго-западный компонент (если следовать обозначениям в работе [16], то компонент В) хорошо различим во всех трех диапазонах UKIDSS, а северо-восточный или компонент А - практически неразличим в *J* и *H* диапазонах, однако в *K* - имеет почти такую же яркость, как и компонент В. Используя вторичные стандарты с

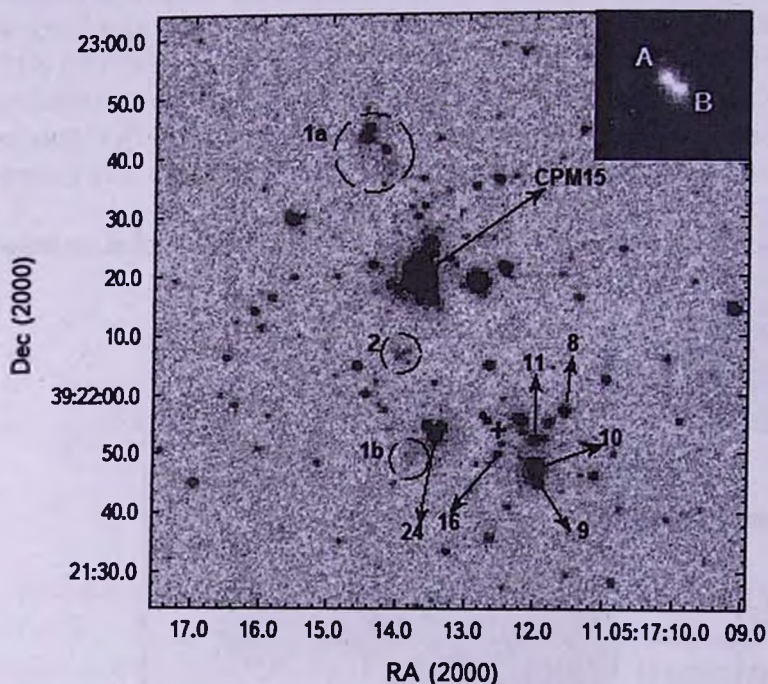


Рис.6. Изображение области в *K* диапазоне (UKIDSS).

помощью пакета DAOPHOT программы IRAF, нами были измерены звездные величины этих звездных объектов: $J = 13.5$, $H = 12.2$, $K = 10.8$ (объект В); $K = 10.6$ (объект А). Ошибка при определении звездных величин составляла $\sim 0^m.1$. На двухцветной *JH/HK* диаграмме (см. рис.2) объект В попадает в область звезд Ae/Be Хербига.

Используя *JHK* звездные величины, нами была также построена модель СРЭ [29,30] объекта В для обоих вариантов расстояния. Результаты приводятся в табл.3. Следует отметить, что точность построения СРЭ по

трем точкам очень мала, однако в данном случае мы не располагаем другими данными, так как излучение в других диапазонах (MSX, SCUBA, радиодиапазон) ассоциируется с парой объектов в целом.

В первом случае, т.е. при $4 < D < 5$ кпк, объект относительно соотношения между массами звезды и аккреционной материи можно отнести к молодым звездам средней массы, а именно к объектам Ae/Be Хербига [34]. Относительно соотношения между светимостью звезды и массой оболочки, в обоих случаях звезду можно классифицировать как объект с эволюционным классом I (Class I, [35]). Светимость звезды соответствует в первом случае спектральному классу B3-B5, а во втором - B1-B2 [36].

CPM 15 A, в K диапазоне имеет сравнимую с CPM 15 B светимость, но, по всей видимости, является более молодым объектом.

Как было показано в работе [16] оба компонента CPM 15 являются источниками направленного биполярного истечения выявленного в спектральных линиях H_2 , $\nu=1-0$ S(1) ($2.1218 \mu\text{m}$) и Br ($2.166 \mu\text{m}$). Оба джета также хорошо просматриваются и в среднем инфракрасном диапазоне на изображениях $4.5 \mu\text{m}$ (Spitzer, IRAC, см. рис.7). В этом диапазоне находится значительное количество эмиссионных линий нейтрального водорода и кроме того, в отличие от других диапазонов, он свободен от излучения полициклических ароматических гидрокарбонатов. По этой причине эмиссионные диффузные объекты, которые в этом диапазоне имеют относительно высокую яркость, с большой вероятностью могут быть

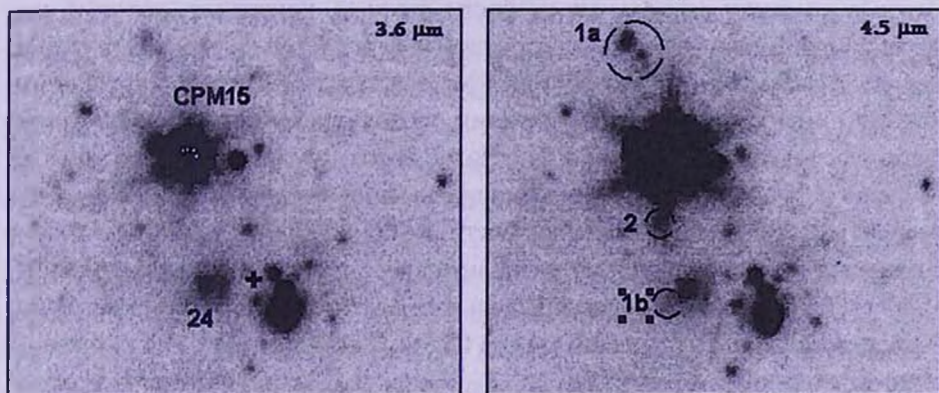


Рис.7. Изображение области в MID диапазонах.

результатом ударного возбуждения нейтрального водорода. Джеты просматриваются также и на изображениях в K диапазоне (см. рис.6), на который приходится излучение водорода в диапазоне от 2.12 до $2.17 \mu\text{m}$. Обозначения джетов на рис.6 и 7 такие же как и в работе [16].

Группа В. Вторая группа звезд локализуется вокруг второго максимума излучения в субмиллиметровом и инфракрасном диапазонах, положение

которых отмечены на рис.6 и 7 крестиком. Источники длинноволнового излучения расположены между двумя туманностями и явно не ассоциируются ни с одним из звездных объектов в этой области. По всей видимости, это излучение инициировано расположенной в этой области разогретой газопылевой материей. В этой области расположены также источники HCO^+ и CS эмиссии [11].

Следует отметить, что в группе В сконцентрировано значительное число звездных объектов средней и большой массы (для второго варианта расстояния). Порядковые номера этих объектов из табл.1 и 2 отмечены на рис.6 и 7. К этой группе относится, расположенный в туманности один из наиболее молодых объектов, 9-й, который имеет наибольшее покраснение в ближнем инфракрасном диапазоне (см. рис.2).

Значительный интерес в группе В представляет также объект 24. На изображениях MID диапазона (см. рис.7) очень хорошо видно, что объект окружен сферической туманностью, причем интенсивность излучения туманности в диапазоне $3.6\mu\text{m}$ в ~ 1.5 раза больше, чем в диапазоне $4.5\mu\text{m}$. Наиболее яркая часть туманности расположена к западу от звезды 24 и по координатам совпадает с источником HCO^+ эмиссии, радиальная скорость которого составляет -26.8 км/с [11]. Маловероятно, что источником этой HCO^+ эмиссии является SW часть биполярного направленного истечения звезды CPM 15 A, как предполагалось в работе [16]. Известно, что полярные части направленного истечения должны иметь противоположные по знаку радиальные скорости, причем, контрджет, который как правило имеет меньшую яркость, должен иметь положительную скорость. В данном случае SW часть истечения CPM 15 A является именно контрджетом. Тот факт, что максимум HCO^+ эмиссии приходится именно на самую яркую часть сферической туманности, позволяет предположить, что эта эмиссия является результатом соударения расширяющейся туманности с межзвездной средой. Определенная по интенсивности HCO^+ излучения масса туманности составляет 1.1 и $8M_{\odot}$ для двух вариантов расстояния, соответственно [11]. Размеры туманности, определенные на изображениях $3.6\mu\text{m}$ при расстоянии 4.4 кпк и 10.9 кпк , составляют 0.1 пк и 0.26 пк , соответственно. Если предположить, что радиальная скорость HCO^+ эмиссии (26.8 км/с) является скоростью расширения туманности, то возраст ее составит 3.7 ($D=4.5\text{ кпк}$) или 9.5 тыс. лет ($D=10.9\text{ кпк}$).

Как уже упоминалось выше, на рис.7 в диапазоне $4.5\mu\text{m}$ различимы компоненты направленного истечения, в том числе и 1b, который, как предполагалось в работе [16]; является частью области ударного фронта SW потока CPM 15 A. Его расположение относительно звезды 24 таково, что не исключается возможность того, что ударное возбуждение нейтрального водорода в данном случае инициировано именно звездой 24, а не CPM 15 A.

4. *Обсуждение и заключение.* Анализ распределения плотности звездных объектов в окрестностях IRAS 05137+3919, отождествленных в базе данных UKIDSS, позволил выявить звездное скопление с радиусом $\sim 1'.5$. Звездная плотность в скоплении превышает плотность поля в два раза. На основе фотометрических данных в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах (J , H , K , $3.6\mu\text{m}$ и $4.5\mu\text{m}$) нам удалось выявить в скоплении 84 молодых звездных источника, что, несомненно, является нижним пределом общего числа молодых звезд. Неполнота выборки, с одной стороны, объясняется несовершенством методики отбора, с другой - большим расстоянием до скопления, что, несомненно, в первую очередь, отразилось на количестве объектов с малой массой.

Относительно расстояния скопления в предыдущих работах были значительные расхождения. Рассматривалось два варианта расстояния: от 4.3 до 4.5 кпк и 10.8 и 11.5 кпк. По этой причине при построении СРЭ молодых звезд мы рассматривали оба варианта расстояния. При этом медианное значение возраста в обоих случаях незначительно отличается друг от друга и составляет $1.6 \cdot 10^5$ и $1.9 \cdot 10^5$ лет, соответственно. К функция светимости, построенная для обоих вариантов расстояния, показала, что при среднем расстоянии 4.4 кпк распределение абсолютных K величин значительно лучше соотносится с КФС других молодых скоплений, возраст которых соразмерим с данным. Это может служить аргументом в пользу того, что скопление, и следовательно сам IRAS 05137+3919, расположены на расстоянии ~ 4.5 кпк, а не ~ 11 кпк. Кроме того, в первом, "близком" варианте среднее значение межзвездного поглощения ($A_V = 2^m.0$) больше соответствует оценкам оно в рассматриваемой области, чем во втором ($A_V = 2^m.8$).

Оценка расстояния имеет принципиальное значение для классификации ассоциируемого с IRAS 05137+3919 молодого звездного источника (YSO) CPM 15, который при расстоянии 11 кпк классифицировался как YSO с большой массой со спектральным классом O8. Следует отметить, что CPM 15 является источником мощного направленного истечения, выявленного как в радио, так и в инфракрасном диапазонах. Известно, что наличие направленного, коллимированного истечения присуще молодым звездам малой и средней массы. Относительно PMS объектов с большой массой ($M > 10 M_\odot$) этот вопрос, на сегодняшний день, можно считать открытым. Для его решения, несомненно, надо иметь достаточно достоверную наблюдательную базу данных, включающую в себя точную оценку светимости и массы объекта. Необходимо также принимать во внимание тот факт, что с увеличением разрешения приемников, увеличивается вероятность выявления двойных, тройных и многокомпонентных источников в компактных очагах звездообразования, которые ранее были классифициро-

ваны YSO с большой массой [33,37]. Аналогично, в случае CPM 15 объект на изображениях, представленных в работе [16], и UKIDSS оказался двойным. Пересмотр светимости позволил, по крайней мере, один из компонентов этой пары классифицировать как объект со средней массой не только при расстоянии 4.4 кпк, но даже при расстоянии 10.9 пк.

Размеры скопления в целом составляют 2.8 и 5.2 кпк для двух вариантов, соответственно. Молодые звезды распределены в нем неравномерно и образуют две подгруппы. Одна из них локализуется вокруг CPM 15. Вторая группа содержит значительное число объектов со средней массой, окруженных газопылевыми туманностями.

Скопление в целом можно отнести к R-ассоциациям.

Работа поддержана 13-IC087 грантом Госкомитета по науке РА. Авторы выносят благодарность исполнителям UKIDSS Galactic Plane Survey (Lawrence et al., 2007), GLIMPSE Spitzer Legacy Science Programs (Whitney et al) и сайта "Interpreting Spectral Energy Distributions from Young Stellar Objects" (Robitaille et al, 2006, 2007).

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

THE YOUNG STELLAR CLUSTER IN THE VICINITY OF THE IRAS 05137+3919 SOURCE

Е.Н.НИКОГХОСЯН, НАЗАТЯН

On the base of UKIDSS data and Spitzer (IRAC) images of the young stellar cluster located in the vicinity of IRAS 05137+3919 source were revealed 84 PMS stellar objects. The age of the cluster is 1.5-2.0 million years. The PMS stars dispose in the cluster not uniformly and form two subgroups. The first group is located nearby the YSO CPM 15, which is a binary object. The second one includes significant amount of stars with early spectral classes embedded in gas-dust nebulous. The KLF of the PMS stars allows to assume that the cluster is located on a distance ~ 4.5 kpc. One of the components of the CPM 15 presumably has Sp B3-B5 and is Ae/Be Herbig star.

Key words: stars: PMS stellar objects: luminosity function: stellar cluster: individual object: CPM 15

ЛИТЕРАТУРА

1. *C.Bertout*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **27**, 351, 1989.
2. *R.I.Klein*, *S.Inutsuka*, *P.Padoan*, *K.Tomisaka*, in *Protostars & Planet V, Current Advances in the Methodology and Computational Simulation of the Formation of Low-Mass Stars*, **99**, 2006.
3. *L.Testi*, *F.Palla*, *A.Natta*, *Astron. Astrophys.*, **342**, 515, 1999.
4. *H.Beuther*, *E.B.Churwell*, *C.F.McKee*, *J.C.Tan*, in *Protostars & Planet V, The Formation of Massive Stars*, **165**, 2006.
5. *R.Cesaroni*, *D.Galli*, *G.Lodato*, *C.M.Walmsley*, *Q.Zhang*, in *Protostars & Planet V, Disks Around Young O-B (Proto) Stars: Observation and Theory*, **197**, 2006.
6. *B.Cambell*, *S.E.Persson*, *K.Matthews*, *Astrophys. J.*, **98**, 634, 1989.
7. *K.Sudana*, *T.Nakazato*, *N.Ikeda et al.*, *PASJ*, **59**, 1185, 2007.
8. *K.S.Edris*, *G.A.Fuller*, *R.J.Cohen*, *Astron. Astrophys.*, **465**, 856, 2007.
9. *M.Szymczak*, *G.Hrynek*, *A.J.Kus*, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **143**, 269, 2000.
10. *S.Molinary*, *J.Brand*, *R.Cesaroni*, *F.Palla*, *Astron. Astrophys.*, **308**, 573, 1996.
11. *S.Molinary*, *L.Testi*, *L.F.Rodriguez*, *Q.Zhang*, *Astrophys. J. Suppl.*, **570**, 758, 2002.
12. *Q.Zhang*, *T.R.Hunter*, *J.Brand et al.*, *Astrophys. J.*, **625**, 864, 2005.
13. *M.S.N.Kumar*, *E.Keto*, *E. Clerkin*, *Astron. Astrophys.*, **449**, 1033, 2006.
14. *F.Faustini*, *S.Molinary*, *L.Testi*, *J.Brand*, *Astron. Astrophys.*, **503**, 801, 2009.
15. *S.Molinary*, *S.Pezzuto*, *R.Cesaroni et al.*, *Astron. Astrophys.*, **481**, 345, 2008.
16. *W.P.Varricatt*, *C.J.Davis*, *S.Ramsay*, *S.P.Todd*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **404**, 661, 2010.
17. *F.Casoli*, *C.Dupraz*, *M.Gerin*, *F.Combes*, *F.Boulanger*, *Astron. Astrophys.*, **169**, 281, 1986.
18. *J.G.A.Wouterloot*, *J.Brand*, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **80**, 149, 1989.
19. *J.Rowles*, *D.Froebrich*, *Mon. Notic. Roy. Astron.*, **395**, 1640, 2009.
20. *P.W.Lucas*, *M.G.Hoare*, *A.Longmore et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **391**, 136, 2008.
21. *E.Churchwell*, *B.L.Babler*, *M.R.Meade et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **121**, 213, 2009.
22. *W.T.Reach*, *T.Megeath*, *M.Cohen et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **117**, 978, 2005.
23. *J. Di Francesco*, *D.Johnstone*, *H.Kirk*, *T.MacKenzie*, *E.Ledwosinska*, *Astrophys. J. Suppl.*, **175**, 277, 2008.
24. *M.S.Bessell*, *J.M.Brett*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **100**, 261, 1988.
25. *M.R.Meyer*, *N.Calvet*, *Astron. J.*, **144**, 288, 1997.
26. *J.A.Cardelli*, *C.C.Geoffrey*, *J.S.Mathis*, *Astrophys. J.*, **345**, 245, 1989.
27. *J.M.Carpenter*, *Astron. J.*, **121**, 2851, 2001.
28. *M.Gölfalk*, *G.Olofsson*, *Astron. Astrophys.*, **489**, 1409, 2008.
29. *T.P.Robitaille*, *B.A.Whitney*, *R.Indebetouw*, *K.Wood*, *P.Denzmore*, *Astrophys. J. Suppl.*, **167**, 256, 2006.

30. *T.P.Robitaille, B.A.Whitney, R.Indebetouw, K.Wood*, *Astrophys. J. Suppl.*, **169**, 328, 2007.
31. *H.Zinnecker, M.MacCaughrean*, *MmSAI*, **62**, 761, 1991.
32. *C.Aspin, G.Sandell, A.P.G.Russell*, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **106**, 165, 1994.
33. *E.H.Nikoghosyan*, *Astrophys.*, **56**, 31, 2013.
34. *L.A.Hillenbrand, S.E.Strom, F.J.Vrba, J.Keene*, *Astrophys. J.*, **397**, 613, 1992.
35. *P.Saraceno, Ph.André, C.Ceccarelli, M.Griffin, S.Molinari*, *Astron. Astrophys.*, **309**, 827, 1996.
36. *D.C.Morton, T.F.Adams*, *Astrophys. J.*, **151**, 611, 1968.
37. *T.Khazadyan, T.A.Movsessian, C.J.Davis, T.Yu.Magakian, R.G.E.H.Nikogossian*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **418**, 1994, 2011.