АСТРОФИЗИКА

ТОМ 53 ФЕВРАЛЬ, 2010 ВЫПУСК 1

# О СВЯЗИ ГРУПП СУБММ БЕЗЗВЕЗДНЫХ СГУЩЕНИЙ С РАДИАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЕМНЫХ ГЛОБУЛ

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 30 сентября 2009
Принята к печати 25 ноября 2009

Обнаруженные недавно группы субмиллиметровых беззвездных сгущений на стыке HII областей и молекулярных облаков, не видимые в оптическом и ближнем ИК-диапазонах, во многом сходны с видимыми в оптическом диапазоне радиальными системами темных глобул: плотностями молекулярного водорода, размерами, соседством с яркими звездами ранних классов (которые возможно ответственны за их происхождение) и т.д. Предположено, что группы субмм беззвездных сгущений являются радиальными системами темных глобул, не видимыми в оптическом диапазоне из-за их расположения за темными облаками. Тем самым показано, что эти группы сгущений не являются новым типом объектов.

Ключевые слова: *темные глобулы:радиальные системы:субмм беззвездные сгущения*

1. ***Введение***. Обнаруженные недавно группы субмм беззвездных сгущений (на окраинах некоторых молекулярных облаков, содержащих известные области звездообразования [1-6]), привлекли внимание многих астрономов. Наблюдения проводились на субмиллиметровых длинах волн, причем эти сгущения не были обнаружены ранее, так как они (из-за поглощения) не видны ни в оптическом, ни в ближнем ИК-диапазонах. Одна из этих групп сгущений расположена в молекулярном облаке ρ Oph-A, размеры сгущений в этой группе ~4000 а.е., плотности $n(H_2) \sim 8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$ см$^{-3}$ [1]. В статье проведена аналогия между группами субмм сгущений и видимыми в оптическом диапазоне уже известными радиальными системами темных глобул. На основе сходства плотностей, размеров и т.д. предположено, что группы этих сгущений представляют из себя радиальные системы темных глобул, из-за сильного поглощения не видимых в оптическом и ближнем ИК-диапазонах.

В статье приводятся данные о радиальных системах и группах субмм сгущений, проводятся параллели между этими типами объектов. В работе указаны также звезды, которые ответственны за образование некоторых групп сгущений и радиальных систем темных глобул.

2. ***Радиальные системы темных глобул***. Как известно, подобные системы были обнаружены в оптическом диапазоне. Наиболее известные

радиальные системы расположены около туманности "Розетка", в туманности Гама, вокруг звезды λ Ориона [7-9]. Сейчас известно несколько десятков подобных систем [10]. В центре радиальных систем располагается яркая звезда (или звезды) ранних спектральных классов (O-B2). Сами глобулы радиальных систем имеют радиальное относительно центральных звезд расположение: резкие границы глобул (часто с яркими ободками - римами) направлены в сторону центральных звезд, такое же радиальное расположение имеют хвосты глобул (некоторые из глобул лишены этих хвостов). Предполагается, что глобулы в виде сгущений существовали в темном облаке [11,12]. Центральные звезды, переходя из стадии протозвезд в стадию ярких ранних звезд, образуют вокруг себя области HII, а также выветривают вещество облака вокруг глобул. В результате образуется область HII вокруг ранних OB-звезд, а также радиальная система темных глобул (часто на стыке области HII и оставшейся части темного облака). В литературе имеются данные о плотностях и размерах глобул. Так, в [13] приводятся данные о четырех крупных глобулах из радиальной системы туманности "Розетка": $n(H_2) = (0.3 - 2.8) \cdot 10^4$ см$^{-3}$, $T_d = 10$ K. Примерно такие же данные у изолированных глобул без областей HII [14] - кинетическая температура у всех исследованных глобул ~10 K, причем эта температура постоянна вдоль каждого облака. Плотность $H_2$ в этих глобулах $10^{3.4}$-$10^{4.5}$ см$^{-3}$ [14]. Все исследованные глобулы оказались гравитационно-связанными [14]. Этого и следовало ожидать, так как наличие резких границ глобул и их изолированное местоположение трудно бы было объяснить по-другому. Наблюдаемые у некоторых глобул широкие линии вызваны скорее систематическим градиентом скорости, приводящим к вращению глобул, но не локальной турбулентностью [14].

Некоторые глобулы из радиальных систем содержат нестационарные объекты - звезды типа T Тельца, объекты Х-А. Так, из 45 кометарных глобул радиальной системы туманности Гама 5 связаны с видимыми компактными нестационарными объектами (11%), из 32 глобул радиальной системы из ассоциации Сер OB 2, 3 связаны с видимыми нестационарными объектами (9.4%) [12].

В [10] приводятся данные о центральных звездах радиальных систем, спектры этих звезд заключены в интервале O-B2 (нет звезд позднее B2), т.е. это яркие ранние звезды, в основном встречающиеся в звездных ассоциациях. И на самом деле, большинство известных до сих пор радиальных систем темных глобул входят в звездные ассоциации [10]. Система 2 из табл.1 [10] не была связана с известной OB-ассоциацией, но исследования показали, что на самом деле существует ранее не известная OB-ассоциация, связанная с этой системой [10]. Еще одна радиальная система, не включенная в табл.1 [10] (так как она была открыта после опубликования статьи [10]), не была ассоциирована с известной OB-

ассоциацией, но впоследствии удалось найти новую ОВ-ассоциацию, связанную с этой радиальной системой [15].

2.1. ***Радиальные системы, центральные звезды которых скрыты за темными облаками.*** Как видно из табл.1 [10], в центре трех радиальных систем ярких звезд в оптическом диапазоне не обнаружено. Это системы 1, 14 и 15. Можно предположить, что между этими звездами и нами располагаются темные туманности, которые скрывают эти звезды, но их можно обнаружить в ИК-диапазоне. Нами сделана попытка обнаружения этих звезд с помощью каталога IRAS [16]. Рассмотрим эти три системы в отдельности.

*Система 1.* Эта система входит в комплекс темных туманностей и областей HII, который удален от плоскости Галактики, $b=6°$. На центральную область системы проектируется темное облако, которое возможно скрывает центральную звезду. Чтобы определить, какие цвета можно ожидать у этой звезды в ИК, мы отождествили 40 ярчайших звезд нашей Галактики классов O-B1 [17] с объектами из каталога точечных источников IRAS. Из этих 40 звезд почти у всех отсутствуют потоки на 60 и 100 мк, у 7 звезд поток на 25 мк больше потока на 12 μм: $F_{25} > F_{12}$ (критерий 1), для остальных $F_{12}/F_{25} = (2 - 4)$ (критерий 2). В центральную область системы 1 попадают два источника, удовлетворяющие полученному нами первому критерию. Это источники IRAS 00020+6708 и IRAS 23595+6708, и один источник удовлетворяет второму критерию, это IRAS 00010+6656. Эти три источника можно считать вероятными кандидатами в центральные звезды системы 1.

В [10] в качестве центральной звезды радиальной системы 1 указана звезда HD 21019, данных о спектре этой звезды ко времени цитируемой статьи еще не было, звезда была выбрана по своему расположению в центральной области системы 1. Сейчас есть данные о спектре этой звезды: в Vizier приводится спектр G2V, так что эта звезда не подходит в качестве центральной звезды системы 1 (как указано выше, спектр центральной звезды радиальной системы не должен быть позднее B2).

*Система 14.* В центральной области системы находится ИК-источник IRAS 20497+4358, который удовлетворяет второму критерию. Имеется также ИК-источник IRS 8 [18], который тоже может быть центральной звездой системы.

*Система 15.* В центр системы попадает звезда HD 200311, но она слишком позднего класса, чтобы быть центральной звездой этой системы (B9p, Vizier). Поиски возможного кандидата в центральные звезды системы 15 в каталоге IRAS не увенчались успехом. Возможно поглощение центральной звезды настолько сильное, что она не попала в каталог.

Количество глобул в радиальных системах может достигать нескольких десятков [12]. Некоторые глобулы не видны из-за их малого размера. Так,

недавно была обнаружена новая радиальная система [19], глобулы которой не разрешались на изображениях DSS2, но стали видны на изображениях, полученных с помощью 0.83 м телескопа IAC-80 обсерватории Тейде (Тенерифе, Испания). Таким образом мы можем предположить, что полученные из наблюдений средние размеры глобул завышены, так как мы не видим всех глобул с малыми размерами.

Видимые у некоторых глобул яркие ободки (римы) являются относительно стабильными составляющими глобул, со временем жизни ~$10^5$ лет [20]. Мы заключаем, что наличие ярких римов редко указывает на последующее наступление звездообразования. Скорее явление римов представляет собой освещение краев сравнительно спокойных облаков, в которых возможно имело место рождение звезд. Как показано в [21], в глобулах ассоциации Сер ОВ 2 имеются звезды, погруженные в эти глобулы, причем эти звезды с равной вероятностью могут находиться в центральных областях глобул или же ближе к границе глобул, как показывают имеющиеся данные [22].

У глобул в СЗ квадранте туманности "Розетка" имеется градиент скорости: головы глобул, близких к центральным звездам, имеют несколько большие скорости, чем хвосты. В [13] был наблюден градиент скорости ~1.1 км/с на минуту дуги вдоль длины слоновых хоботов. Градиент скорости в глобулах позволяет оценить время, необходимое для получения современной длины глобул (при допущении о равномерности удлинения). Это будет $(2.6-5.8)\cdot 10^5$ лет. Градиенты скорости почти постоянны вдоль всей арки в 90° цепочки глобул [13]. Радиальные скорости глобул из одной и той же группы довольно близки. Так, дисперсии радиальных скоростей глобул из ассоциации Сер ОВ 2 довольно малы. Воспользовавшись приведенными в [23] радиальными скоростями глобул из ассоциации Сер ОВ 2, мы получим следующие данные: для группы глобул GRS 1-6: $\sigma_{aI} = 0.55$ км/с (глобулы подсистемы aI), для группы глобул GRS 7, 12-14, 24-29: $\sigma_{aII} = 0.49$ км/с (глобулы подсистемы aII), а для группы глобул GRS 8, 9, 11, 15-17: $\sigma_b = 0.54$ км/с (глобулы подсистемы b).

Одной из отличительных черт радиальных систем темных глобул является заполнение не всего пространства вокруг центральных звезд, а образование тесных групп (иногда цепочек) в ограниченных секторах, обычно не превышающих 90°. Таковы системы в туманности Гама (группа глобул занимает сектор в ~11°), в "Розетке" глобулы занимают угол в ~90°, в Сер ОВ 2 имеется несколько групп глобул, каждая занимает ограниченный сектор. Довольно узкий сектор занимает группа глобул в описанной выше радиальной системе [19], причем связанная с этой группой область HII занимает тот же узкий сектор, что и группа глобул. Возможно, что первоначальное молекулярное облако включало центральную звезду и теперешнюю радиальную систему, а после усиления излучения

центральной звезды вначале образовалась область HII, затем большая часть этой области была рассеяна звездным ветром, выходящим из звезды, осталась только часть области HII, связанной с радиальной системой – яркая туманность LBN 978. Таким же свойством (образовывать "гроздья") обладают и описанные ниже субмм сгущения. Тот факт, что глобулы радиальных систем занимают узкие секторы, но не все пространство, свидетельствует в пользу того, что молекулярное облако, из которого образовались глобулы, не обязательно связано с областью HII. Скорее ионизационный фронт (выходящий из звезды), дойдя до этого облака, вызывает образование глобул.

Без сомнения, при образовании радиальной системы имеет место фрагментация облака, которая индуцируется внешним воздействием - звездным ветром, расширением ионизационного фронта (с последующим образованием ударной волны). Остается открытым вопрос: произошла фрагментация при воздействии внешнего фактора или же плотные сгущения существовали до этого.

Как было указано выше, у некоторых радиальных систем центральные звезды не видны в оптическом диапазоне, так как находятся за темными облаками. Их можно обнаружить на ИК изображениях (так как в ИК поглощение намного меньше, чем в оптическом диапазоне).

Возможен и другой вариант - центральные звезды видны в оптическом диапазоне, а глобулы радиальной системы в оптическом диапазоне не видны (так как находятся за темным облаком), так что их можно обнаруживать в ИК или субмиллиметровом диапазоне (в субмиллиметровом диапазоне можно обнаруживать глобулы, находящиеся за облаками, оптическая толща которых больше, чем для глобул, видимых в ИК). Это так называемые субмм сгущения.

3. *Группы субмиллиметровых сгущений.* Субмиллиметровые широкоугольные обзоры являются хорошим средством изучения темных облаков. Наличие широкоформатных болометров на субмиллиметровых радиотелескопах, таких как 30м IRAM с 19 канальным болометром MPIfR, SEST с болометром SIMBA, JCMT с болометром SCUBA, привело к обнаружению многочисленных холодных, компактных сгущений, которые не подчиняются самосогласованным масштабным законам для молекулярных облаков Ларсона [24] и по свойствам промежуточны между диффузными CO облачками и ИК МЗО [25,26]. Большинство их лишены джетов и звезд и считается, что они являются непосредственными предшественниками отдельных звезд или звездных групп. Несколько этих конденсаций лежит в основании мощных, похожих на джеты истечений (это объекты класса 0 [25]). Распределение масс этих предзвездных конденсаций похоже на звездное распределение масс IMF [1].

Узкие ширины линий, измеренные в $N_2H^+$(1-0), подразумевают вириальные массы, которые обычно согласуются с оценками масс, полученными из наблюдений пыли в континууме. Это подтверждает, что большинство беззвездных сгущений, обнаруженных в субмм континууме, самогравитируемые. Например, основываясь на наблюдениях протоскопления в ρ Oph, в [1] заключили, что более 70% беззвездных сгущений, найденных на 1.2 мм, и все сгущения, более массивные, чем $0.1 M_\odot$, гравитационно связаны (конденсации с массами $< 0.1 M_\odot$ часто не обнаруживаются из-за слабости излучения, поэтому трудно судить об их гравитационной устойчивости).

У некоторых сгущений наблюдается явление, интерпретируемое как доказательство коллапса [3]. Например, по направлению Oph E-MM2 в протоскоплении ρ Oph, оптически толстая линия $HCO^+$ (3-2) показывает самопоглощенный, двухпиковый профиль, причем синий пик сильнее чем красный пик, в то время как линии с малыми оптическими толщинами, такие как $N_2H^+$(101-012), имеют единственный пик, совпадающий с абсорбционным провалом между двумя пиками у $HCO^+$(3-2). Этот тип синей асимметрии в оптически толстых линиях сейчас рассматривается как классическое спектроскопическое доказательство наличия коллапса [27]. Мы же можем предложить следующее объяснение этому явлению. Во внутренних областях сгущений происходит биполярное истечение, из-за поглощения части удаляющегося потока (красного пика) веществом сгущения, синий пик нам виден более интенсивным, чем красный (это относится к линии с большой оптической толщей, т.е. внутри сгущения). Пик в линиях с малыми оптическими толщинами (совпадающий с абсорбционным провалом) соответствует скорости самого вещества сгущения (без истечения). Таким образом, здесь имеет место не аккреция вещества, а наоборот - истечение.

Наблюдение линий может также дать информацию об относительных движениях между сгущениями. В [28] исследовано распределение лучевых скоростей, наблюденных для 45 сгущений протоскопления ρ Oph. В результате получена дисперсия лучевой скорости $\sigma_{1D} \sim 0.37$ км/с по отношению к средней системной скорости. При диаметре центрального облака ρ Oph ~ 1.1 пк, такая малая дисперсия скорости подразумевает типичное время прохождения $D/\sigma_{3D} \sim 1.7 \cdot 10^6$ лет. Времена прохождения, определенные для отдельных $DCO^+$ ядер или субскоплений ρ Oph только несколько короче ($0.6 \cdot 10^6$ лет). Поскольку ни возраст погруженного в облако ИК скопления, ни время жизни 1.2 мм сгущений не могут быть намного больше $10^6$ лет [29], то оказывается, что сгущения ρ Oph не имеют времени для обращения через газ и для столкновений друг с другом (даже внутри отдельных субскоплений) [28]. Такие же результаты получены для 25 сгущений в NGC 2068 [3]. Эти сгущения намного менее турбулентны, чем их родительское облако.

Мелкомасштабные (~0.03 пк) предзвездные сгущения, наблюденные в

Ophiuchus, Serpens, Perseus и Orion областях звездообразования, характеризуются довольно узкими ($\Delta V_{FWHM} \leq 0.5$ км/с) ширинами линий оптически тонких указателей плотного газа, как например $N_2H^+(1\text{-}0)$ [29]. Так, типичная нетепловая дисперсия скорости, наблюденная у лишенных звезд сгущений протоскопления ρ Oph равна примерно половине дисперсии тепловой скорости $H_2$ ($\sigma_{NT}/\sigma_T \sim 0.7$ [29]).

Важно, что узкие ширины линий, измеренные в $N_2H^+(1\text{-}0)$, подразумевают вириальные массы, которые обычно согласуются с точностью до коэффициента 2 с оценками масс, полученными из континуума пыли. Это подтверждает, что большинство лишенных звезд сгущений, обнаруженных в субмм континууме, являются самогравитируемыми [3].

3.1. *Группа сгущений в молекулярном комплексе ρ Oph.* Расположенное всего в ~160 пк от Солнца, темное облако ρ Oph является одним из замечательных областей, где происходит образование звезд малых масс [30]. Облако ρ Oph состоит из двух массивных, сжатых к центру ядер, L1688 и L1689. Ядро L1688 содержит богатое скопление, состоящее из МЗО разных эволюционных возрастов и отличается высокой эффективностью звездообразования (≥ 20%) [31]. Лорен [32] пронаблюдал все облако и определил полную массу в 3000 $M_\odot$. Разными авторами в облаке были обнаружены компактные, плотные ядра (ρ Oph - A - ρ Oph - F) (см. напр. [33]). Звездный состав ядра облака ρ Oph был также пронаблюден в длинах волн между рентгеновским и радио областями. В рентгене обзоры на Einstein и ROSAT выявили 70 крайне переменных источников, ассоциированных с магнитно-активными молодыми звездами [34]. В ближайшем ИК несколько обзоров выявили более 200 погруженных источников (см. напр. [35]), которые были разделены на 3 класса, интерпретируемые как эволюционная последовательность (класс I - класс II - класс III) от развитых протозвезд к слабым звездам T Тельца [36,37]. Эта эмпирическая ИК классификация погруженного скопления ρ Oph была обобщена для всех известных МЗО и в других областях звездообразования. На основе субмм наблюдений континуума пыли, классификационная схема МЗО была несколько пересмотрена и расширена в сторону более молодых источников с прибавлением класса 0 ранних протозвезд [38]. Из-за богатства полученных данных облако ρ Oph может служить лабораторией, с которой могут сравниваться остальные области звездообразования. Ввиду того, что детали процесса звездообразования похоже меняются от облака к облаку и зависят от внешних факторов, важно изучать разные области. Облако ρ Oph может служить ближайшим образцом молодого скопления, погруженного в молекулярное облако.

В облаке ρ Oph всего обнаружено 100 структур малых масштабов (1000-4000 а.е.), из которых 41 околозвездных оболочек/дисков вокруг погруженных МЗО [2,3]. Еще было наблюдено по крайней мере 58 мелкомасштабных

беззвездных сгущений, не имеющих в центре источников ИК и/или радио излучения. Большинство этих беззвездных сгущений гравитационно связаны. 19 из них показывают плоский внутренний профиль излучения, 10 других сгущений имеют острый пик излучения. 58 бесструктурных беззвездных сгущений по массам занимают область ($\sim 0.05 M_\odot - \sim 3 M_\odot$), с максимальными плотностями $n(H_2) \sim 4 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^8$ см$^{-3}$. Сгущения характеризуются очень малыми уровнями турбулентности. 19 сгущений, классифицируемых как "диффузные", менее центрально концентрированы и менее плотные, $n(H_2) \sim 8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$ см$^{-3}$, чем "компактные" сгущения. Из этих "диффузных" сгущений 6 попадают в HII область, созданную звездой S1 [1]. Звезда S1 (B3) является самым ярким дальним ИК-источником в облаке. S1 образовала полость с малой плотностью среди газа и пыли вокруг нее [39]. Как отмечено в [39], CO(1-0) эмиссия по лучу зрения на S1 подразумевает наличие высокоплотного молекулярного кольца вокруг звезды с диаметром ~10"-30". О наличии молекулярной оболочки вокруг S1 свидетельствуют и большие значения ИК цветов, взятые из Vizier: $J-H=1.598$, $H-K=0.944$ (обычно у звезд типа O-B без оболочки эти показатели примерно равны нулю). Радиоисточник S1 состоит из нетеплового ядра с круговой поляризацией, окруженного тепловым обширным гало. Гало интерпретируется как оптически тонкая HII оболочка, которая фотоионизуется молодой звездой B3 [39].

Еще одна область HII создается звездой HD147889 (B2 V). Группа субмм сгущений скорее всего создается этой звездой, так как звезда S1, как было сказано выше, окружена молекулярным кольцом. Инфракрасные цвета звезды HD147889 ($J-H=0.406$, $H-K=0.356$, Vizier) свидетельствуют о том, что эта звезда не имеет молекулярной оболочки. На рис.1 представлено

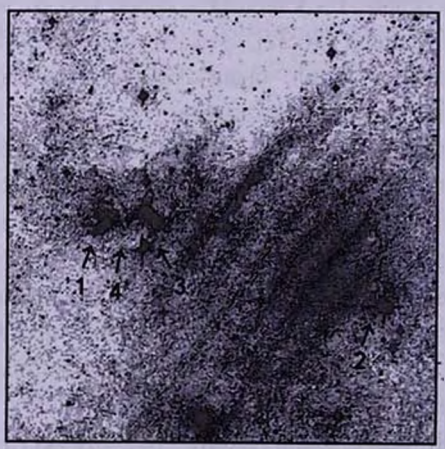


Рис.1. 2MASS *K* изображение области вокруг L 1688. Здесь 1 - звезда S1, 2 - звезда HD 147889, 3 - центр группы субмм сгущений, 4 - темная глобула, образованная звездой HD 147889. Север сверху, восток слева; размеры изображения 24' x 24'.

2MASS K изображение области около L 1688. На этом рисунке представлены звезды S1 и HD 147889 (соответственно 1 и 2 на рис.1), которые видимо ответственны за происхождение группы субмм сгущений (3 на рис.1). На рис.1 отмечена также глобула (4), образованная звездой HD 147889 (так как глобула направлена в сторону этой звезды). Эта глобула расположена рядом с группой субмм сгущений, что свидетельствует об участии звезды HD 147889 в образовании как группы субмм сгущений, так и темной глобулы.

В [1] предполагается, что наличие цепочек из молодых звезд и из беззвездных сгущений в мозаике 1.3 мм континуума пыли свидетельствует о том, что разные внешние агенты, например медленная ударная волна, образованная в близлежащей ассоциации Sco OB 2, могли вызвать образование сгущений путем фрагментации.

3.2. *Группа сгущений в облаке Orion B.* Orion B (также называемый L1630) является ближайшим гигантским молекулярным облаком, в котором образуются звезды больших масс (расстояние $d \sim 400$ пк). Этот комплекс содержит 5 активных областей, где образуются богатые скопления МЗО внутри плотных CS ядер [40]. В [41] были проведены наблюдения Orion B с помощью болометра SCUBA на телескопе JCMT, на 850 μм и 450 μм. Мозаики на этих длинах волн имеют размеры 3.7 x 2.1 пк. В субмм континууме плотные CS ядра имеют вид удлиненных волокон, с типичными размерами 0.08 пк x 0.5 пк, которые разделены на фрагменты. Внутри этих волокон найдены 82 сгущения с длинами, характерными для околозвездных структур вокруг МЗО. В отличие от волокон сгущения примерно круглые с диаметрами ~5000 AE. Массы сгущений $\sim 0.3 M_{\odot} - 5 M_{\odot}$, плотность сгущений $(3-40)\cdot 10^6\,\text{см}^{-3}$. Эмиссия 7 сгущений обязана не только пыли. Остальные 75 сгущений представляют настоящие пылевые источники. Среди 75 пылевых сгущений 4 ассоциируются с источниками ближнего ИК. Эти 4 источника видимо соответствуют околозвездным оболочкам или дискам вокруг погруженных МЗО. Еще одно сгущение совпадает с источником класса 0 с истечением. Оставшиеся 70 сгущений по-видимому на самом деле беззвездные. Сгущения близки к вириальной стабильности. В литературе считается (см. например [41]), что беззвездные сгущения являются отличными кандидатами в непосредственные предшественники аккрецирующих протозвезд (класса 0/ класса 1). Предполагается, что турбулентность облака вызывает флуктуацию плотности, из-за которой образуются сгущения, часть которых соответствует самогравитирующим фрагментам. Эти фрагменты отрываются от их турбулентного окружения и коллапсируют в звезды (после некоторого взаимодействия с окружением). Это относится к звездам малых и промежуточных масс. Массивные же звезды не могут образовываться путем коллапса отдельных конденсаций, они образуются путем присоединения

нескольких пре-/прото-звездных конденсаций малых или промежуточных масс.

На рис.2 приводится 2MASS *K* изображение области около яркой туманности NGC 2068. На окраине этой туманности находится группа субмм сгущений (1 на рис.2). Отмеченные на этом рисунке звезды (яркие ранние звезды HD 38563B (B2 II-III, Vizier) и SAO 113125 (var B5Vnn + B2.5V, Vizier), соответственно 2 и 3 на рис.2) возможно вызвали образование этой

Рис.2. 2MASS *K* изображение области вокруг яркой туманности NGC 2068. 1 - центр группы субмм сгущений, 2 - звезда HD 38563B, 3 - звезда SAO 113125, 4 - местоположение "слонового хобота". Север сверху, восток слева; размеры изображения 18' x 18'.

группы сгущений (эта группа находится на границе области HII и темного облака). Близкие к нулю инфракрасные цвета обеих звезд показывают, что эти звезды (в отличие от описанной выше звезды S1) не имеют около себя молекулярной оболочки (у HD 38563B $J-H=0.483$, $H-K=0.230$, у SAO 113125 $J-H=0.249$, $H-K=0.230$). Звезда HD 38563B ответственна за происхождение слонового хобота (4 на рис.2), который возможно является частью радиальной системы темных глобул.

4. *Сравнение свойств групп субмм сгущений и радиальных систем темных глобул.* У радиальных систем темных глобул и у групп субмм сгущений имеется много общих свойств. Перечислим некоторые из них.

1. Глобулы радиальных систем в основном беззвездные, как и субмм сгущения, однако имеются глобулы, связанные с погруженными в них источниками, некоторые из которых имеют истечения и выбросы. Как указано выше, в радиальной системе, связанной с туманностью Гама, с нестационарными объектами связано ~11% глобул, в радиальной системе, связанной с ассоциацией Сер ОВ 2, с нестационарными объектами связано ~9.4% глобул. Что касается субмм сгущений, то имеются объекты, связанные с источниками класса 0 или класса I, а также с истечениями. Как сказано

выше, из найденных в Orion B, 82 сгущений, 70 являются беззвездными, остальные 12 сгущений связаны с погруженными источниками (~15%). Таким образом можно отметить, что в обоих случаях (у групп субмм сгущений и у радиальных систем темных глобул) примерно 10% объектов связаны с погруженными источниками.

2. Группы субмм сгущений и радиальные системы темных глобул в основном состоят из молекулярного водорода. Плотность $n(H_2)$ глобул в "Розетке" $(0.3-2.8)\cdot 10^4$ см$^{-3}$, а плотность "диффузных" беззвездных сгущений в $\rho$ Oph - $8\cdot 10^4 - 8\cdot 10^6$ см$^{-3}$. Можно констатировать, что порядки плотностей этих двух видов объектов не сильно отличаются (к сожалению, имеется мало данных о плотностях глобул в радиальных системах). Не сильно отличаются также размеры субмм сгущений и глобул.

3. Как радиальные системы темных глобул, так и группы субмм сгущений расположены около ярких ОВ-звезд.

4. Дисперсии радиальных скоростей малы как у глобул, входящих в радиальные системы, так и в группах субмм сгущений. Как указано выше, у групп субмм сгущений $\sigma = 0.37$ км/с, а у радиальных систем - $\sigma = (0.49-0.55)$ км/с.

5. Близки также кинетические температуры субмм сгущений и глобул радиальных систем: как отмечено выше, значение температуры в обоих типах объектов около 10 К.

5. *Заключение*. В данной статье сделана попытка дать объяснение недавно открытым в субмм длинах волн группам сгущений. Проведена аналогия между этими сгущениями и радиальными системами темных глобул. Предложено, что группы субмм сгущений суть радиальные системы темных глобул, скрытых за темными облаками и не видимых в оптическом диапазоне, а видимы в субмм длинах волн. Группы темных глобул в радиальных системах заполняют ограниченные области вокруг центральных звезд, таковы же группы субмм сгущений (они тоже занимают ограниченные области), причем некоторые глобулы, как и субмм сгущения, составляют цепочки. Размеры и плотности глобул и субмм сгущений существенно не разнятся, в некоторых случаях довольно близки. Радиальные системы, как и группы субмм сгущений, обязаны своим происхождением ярким ранним звездам, которые расположены рядом с этими группами (звезды типа О-В), причем рядом с приведенными в статье двумя группами субмм сгущений расположены темные глобулы. Группы субмм сгущений в литературе названы протоскоплениями, так как предполагается, что они путем коллапса превратятся в звезды. Согласно нашим представлениям, группы этих сгущений суть радиальные системы темных глобул, так что даже после распада групп они еще долго будут существовать в межзвездном пространстве в виде плотных

холодных образований (изолированных глобул), в основном состоящих из молекулярного водорода.

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

# ON THE CONNECTION OF GROUPS OF SUBMM STARLESS CONDENSATIONS WITH RADIAL SYSTEMS OF DARK GLOBULES

A.L.GYULBUDAGHIAN

Recently discovered groups of submm starless condensations which are situated at the edges of HII regions and molecular clouds, which are invisible in optical and near IR regions, have many similarities with radial systems of dark globules: in molecular hydrogen densities, dimensions, neighboring with bright early-type stars (which probably are responsible for their origin), et cet. It is suggested that the groups of submm starless condensations are just radial systems of dark globules, which are optically invisible because of their situation behind the dark clouds. Thus it is shown, that these groups of condensations are not a new type of objects.

Key words: *dark globules:radial systems:submm starless condensations*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *F.Motte, P.Andre, R.Neri*, Astron. Astrophys., **336**, 150, 1998.
2. *F.Motte, P.Andre, D.Ward-Thompson, S.Bontemps*, Astron. Astrophys., **372**, L41, 2001.
3. *P.Andre*, in "Triggered Star Formation in a Turbulent ISM", ed. B.G.Elmegreen, J.Palous, Cambridge University Press, 2007, p.132.
4. *M.L.Enoch, K.E.Young, J.Glenn, N.J.Evans*, Astrophys. J., **638**, 292, 2006.
5. *D.Johnstone, C.D.Wilson, G.Moriarty-Schieven*, Astrophys. J., **545**, 327, 2000.
6. *L.Testi, A.I.Sargent*, Astrophys. J., **508**, L91, 1998.
7. *G.H.Herbig*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **86**, 604, 1974.
8. *T.G.Hawarden, P.W.Brand*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **175**, 19P, 1976.
9. Bo Reipurth, Astron. Astrophys., **117**, 183, 1983.

10. *А.Л.Гюльбудагян, Г.Б.Оганян, Л.Г.Ахвердян*, Астрофизика, **37**, 577, 1994.
11. *Ч.Лада, Л.Блитц, Б.Элмегрин*, в сб. "Протозвезды и планеты", под ред. Т.Герелса, М., Мир, 1982, с.389.
12. *А.Л.Гюльбудагян*, Астрофизика, **23**, 295, 1985.
13. *M.Schneps, P.Ho, A.Barrett*, Astrophys. J., **240**, 84, 1980.
14. *R.M.Martin, A.H.Barrett*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **36**, 1, 1978.
15. *A.L.Gyulbudaghian, J.May*, Astrofizika, **42**, 132, 1999.
16. IRAS Point Source Catalog, Joint IRAS Science working group, Washington, D.C., 1985.
17. SAO Star Catalog, Smithsonian Institution, Washington, D.C., 1966.
18. *Y.Bally, N.Z.Scoville*, Astrophys. J., **239**, 121, 1980.
19. *C.Carrasco-Gonzalez, R.Lopez, A.L.Gyulbudaghian*, G.Anglada, Astron. Astrophys., **445**, L43, 2006.
20. *A.Wooten, A.Sargent, G.Knapp, P.J.Huggins*, Astrophys. J., **269**, 747, 1983.
21. *R.D.Schwartz, A.L.Gyulbudaghian, B.A.Wilking*, Astrophys. J., **370**, 263, 1991.
22. *А.Л.Гюльбудагян*, Астрофизика, **52**, 185, 2009.
23. *A.L.Gyulbudaghian, L.F.Rodriguez, J.Canto*, Astrofizika, **24**, 201, 1986.
24. *R.B.Larson*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **194**, 809, 1981.
25. *P.Andre, D.Ward-Thompson, M.Barsony*, in: V.Mannings, A.P.Boss, S.S.Russell (eds.), Protostars and Planets IV (Tucson: Univ. of Arizona), 2000, p.59.
26. *D.Ward-Thompson, P.Andre, R.Crutchek*, in: B.Reipurth, D.Jewitt, K.Keil (eds.), Protostars and Planets V, 2007, p.33.
27. *N.Evans*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., **37**, 311, 1999.
28. *A.Belloche, P.Andre, F.Motte*, in: From Darkness to Light (ASP-CS), eds. T.Montmerle, P.Andre, **243**, 2001, p.313.
29. *S.Bontemps, P.Andre, A.A.Kaas*, Astron. Astrophys., **372**, 173, 2001.
30. *B.A.Wilking*, in ESO Sci. Rep. N11, ed. B.Reipurth, 159, 1992.
31. *B.A.Wilking, Ch.Lada*, Astrophys. J., **274**, 698, 1983.
32. *R.B.Loren*, Astrophys. J., **338**, 902, 1989.
33. *R.B.Loren, A.Wootten*, Astrophys. J., **306**, 142, 1986.
34. *T.Montmerle, L.Koch-Miramond, E.Falgarone, J.E.Grindlay*, Astrophys. J., **269**, 182, 1983.
35. *T.P.Green, E.T.Young*, Astrophys. J., **395**, 516, 1992.
36. *C.J.Lada*, in: Star Forming Regions, IAU, 115, 1987, p.1.
37. *B.A.Wilking, C.J.Lada, E.T.Young*, Astrophys. J., **340**, 823, 1989.
38. *P.Andre, D.Ward-Thompson, M.Barsony*, Astrophys. J., **406**, 122, 1993.
39. *P.Andre, E.D.Feigelson, P.C.Stine, K.-L.Klein, T.Montmerle*, Astrophys. J., **335**, 940, 1988.
40. *E.A.Lada, J.Bally, A.A.Stark*, Astrophys. J., **368**, 432, 1991.
41. *P.Andre, D.Ward-Thompson, S.Bontemps*, Astron. Astrophys., **372**, L41, 2001