

О ПЕКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ  
И ДИФФУЗНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ В ТУМАННОСТИ ОМЕГА

К.Г. Джакушева, Э.Г. Мычелкин, Т.Б. Симакова\*

*Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова Национального центра космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан.*

*\*Московский государственный индустриальный университет, Москва, Россия.*

*Ранее нами [1,2] был рассмотрен механизм высвечивания мягкого рентгена (и, как ожидается, жесткого УФ), исходящего от темной в видимом диапазоне области (SW-cavity) на периферии туманности Ориона (M42). В этой работе с тех же позиций на основании анализа данных о распределении электронной плотности, степени ионизации и поглощения газовой составляющей указана вероятная область диффузного ультрафиолетового излучения в туманности Омега (M17), аналогично пекулярной области звездообразования в туманности M42.*

**Введение.**

Спектральные и поляризационные наблюдения, полученные ранее в АФИФ при наблюдении M42, в 2008 году были рассмотрены как сопутствующий результат влияния универсального механизма высвечивания мягкого рентгена (и, как ожидается, жесткого УФ), исходящего от темной в видимом диапазоне области – SW-cavity [1]. Предметом наших дальнейших исследований является комплексное изучение этой и других пекулярных «орионоподобных» областей звездообразования в нашей Галактике с целью выявления и обоснования с наблюдательной точки зрения вероятных районов интенсивного или повышенного диффузного ультрафиолетового излучения в газовой-пылевой туманности.

Характерные процессы звездообразования в диффузных туманностях длятся годы, десятки, сотни и тысячи лет, поэтому, как и прежде [1, 2, 3], мы в дальнейшем будем максимально использовать богатейший наблюдательный материал, полученный в Астрофизическом институте в прошлые годы. Нашей непосредственной целью является всесторонний анализ одной пекулярной области звездообразования, ассоциирующейся с туманностью Омега (M17).

В соответствии с разрабатываемой программой наблюдений АФИФ НЦ КИТ звездных и пекулярных объектов для орби-

тального космического телескопа “WCO-UV” как последовательное развитие проблемной задачи, поставленной в [1,2], разработано следующее многофункциональное задание на 2009 год: *Выявить и обосновать вероятную пекулярную область повышенного УФ излучения на периферии туманности M17.* Это задание предусматривает следующий план исследований в области звездообразования в созвездии Стрельца:

I. Определение структурных особенностей туманности M17 на основе анализа спектрофотометрических данных и анализа распределения электронной плотности и степени ионизации газовой составляющей в областях звездообразования M17.

II. Оценка расстояния и поглощения для разных структурных образований в пекулярной области звездообразования M17. На основе проведенного анализа сделать предварительный вывод о направлении на возбуждающий центр в M17.

III. Определение положения возбуждающего центра в M17: анализ фотометрических данных звезд в УФ, оптическом и инфракрасном диапазонах. Указать потенциальные возбуждающие источники компактных областей III.

IV. Представить карту распределения поляризации излучения пекулярных областей туманности. Определить электронную плотность в периферийных волокнистых струк-

турах. Представить карту с координатами вероятной области повышенного УФ излучения на периферии туманности M17.

### Проблема возбуждающих источников в туманности Омега.

Туманность M17 – не только самая оптически яркая область *III* в Галактике, она является и самым ярким ИК и радио источником (W38). Этот гигантский комплекс содержит диффузный ионизованный газ в восточной части и концентрированный ионизованный газ в западной части на границе с молекулярным облаком. Между самой яркой частью туманности и молекулярным облаком расположена область непрерывной радио-эмиссии, на которую приходится приблизительно 12 % полного газоплазменного потока в туманности. Здесь обнаружены сильные излучения  $H_2O$ - и  $OH$ -лазеров.

Основные источники ионизации M17 однозначно не определены. Комплексные исследования излучения туманности M17, выполненные в течение ряда лет в АФИФ

(важнейшие ссылки приведены в [2]), показали, что источниками свечения туманности не могут быть взрывные процессы типа вспышки сверхновой, хотя эта точка зрения была общепринятой к моменту наших исследований. После детальных спектральных, фотометрических и поляриметрических измерений излучения M17 и звезд в ее окрестности нами было принято альтернативное решение: наиболее вероятным кандидатом, возбуждающим свечение туманности Омега, является сильно экранированное ИК скопление, расположенное в области темного залива (см.[2], и последующие ссылки).

### Анализ спектрофотометрических данных.

На 70-см телескопе с помощью спектрографа с ЭОП-ом получено свыше 200 спектрограмм [3,4] (дисперсия порядка 70 Å/мм) с целью определения электронной плотности по отношению интенсивностей дублета серы  $[SII] \lambda 6717, 6731$  и для качественного анализа ионизации по отношению  $K$  интенсивностей линий  $I(\lambda 6678 HeI)$  и  $I(\lambda 6717 + \lambda 6731)[SII]/2$ .

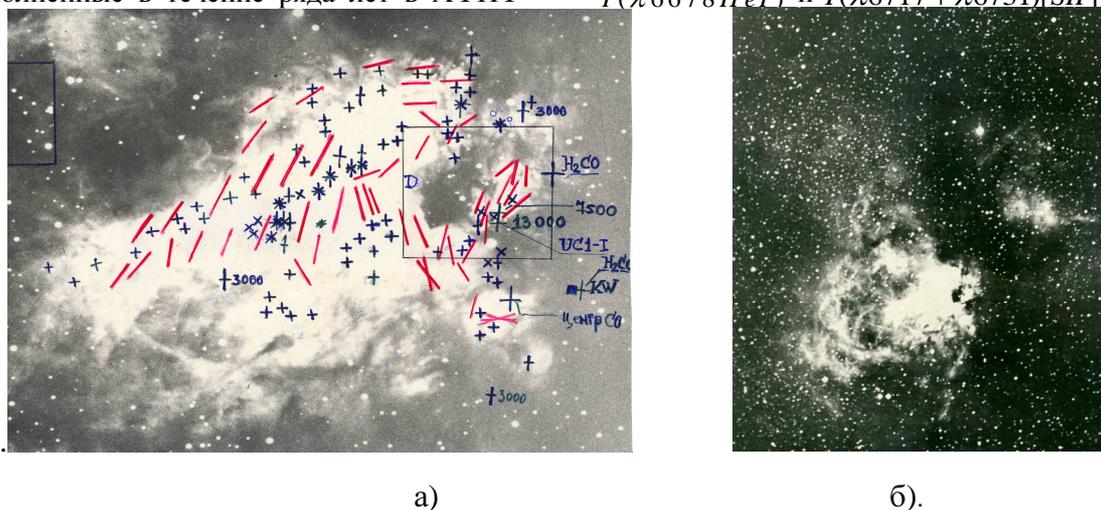


Рис. 1 а.) Центральная часть туманности Омега. (M 17). Обозначения: отрезки – направления E-векторов поляризации,  $\dagger$  -  $n_e(SII) \gg 10^3 \text{ см}^{-3}$ ;  $+$  -  $n_e(SII) \geq 10^3 \text{ см}^{-3}$ ;  $\times$  - степень ионизации  $K \gg 1$ . Место рождения звезды типа B0-B0.5 в коконе в зоне III с плотностью  $n_e = 13000 \text{ см}^{-3}$  обозначено UC1-I. б.) Общий снимок туманности M17 (получен одним из авторов данной работы (КД) на 500-мм менисковом телескопе Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова).

Примененный нами метод определения электронной плотности, из-за чрезвычай-

чайной слабости свечения, имеет принципиальное значение для изучения тонкой структуры недоступных ранее областей в M17.

Во-первых, в этих областях сера находится обычно в состоянии  $SIII$ . В то же время линии  $[SII]$  излучаются только периферийными областями туманности и внутренними областями плотных сгустков.

Во-вторых, в этом случае значения  $n_e(SII)$  не чувствительны к поглощению пылью, они не зависят от расстояния до туманности и очень слабо зависят от электронной температуры. Влияние близкой линии неона  $[NeI]\lambda 6717$  атмосферного происхождения надежно контролируется по интенсивности линии  $[HeI]\lambda 6678$ , которая в два раза выше по интенсивности линии  $[NeI]\lambda 6717$ .

**Пекулярная область звездообразования в темном заливе.**

Из анализа спектральных наблюдений получено, что ионизирующий уровень в компактных областях  $HII$  в M17 резко увеличивается при переходе в область темного залива (на рисунке 1а - область D). На снимках в красных лучах в данной области видна система веерообразных волокон, отдельных сгустков и в дальнейшем обнаружены центры радио, ИК и молекулярных эмиссий.

На рисунке 1а в области D (обозначенной квадратом) крестиком отмечено положение точечного высокотемпературного ( $T_e = 25000^{\circ} K$ ) радиоисточника ( $RSP$ ) [4]. В таблице 1 указаны электронные плотности при  $T_e = 10000^{\circ} K$  (с учетом атомных параметров иона  $[SII]$ ) и величина степени ионизации.

Исследуемые волокна в оптическом диапазоне спектра в десятки раз слабее многих других областей туманности, однако, судя по данным таблицы, здесь мы наблюдаем наиболее высокие значения  $n_e$  и  $K$ , соответствующие ионизации по крайней мере звездой спектрального класса  $O6$ .

В области темного залива, судя по спектральным данным, мы наблюдаем наиболее высокие в M17 значения электронной плотности и степени ионизации. В апексе веерообразных волокон (область № 9 в таблице)  $(\alpha_{1950.0} 18^h 17^m 31.^s 6$  и  $\delta_{1950.0} - 16^{\circ} 12' 58'' )$   
 $n_e = 13000 cm^{-3}, K = 1.62$ .

**Таблица 1.** Спектральные данные области темного залива в M17 [5].

№	1	2	3	4	5	6
$K$	1.10	0.58	1.70	0.98	1.02	1.62
$n_e$	4450	1060	1140	1280	1550	270
№	7	8	9	10	11	12
$K$	1.01	0.86	0.70	0.83	1.14	0.68
$n_e$	670	7500	12800	1100	50	1060
№	13	14	15	18	17	18
$K$	0.33	0.30	0.52	0.43	1.19	1.45
$n_e$	1230	2660	1920	4240	3070	240

Эти данные характеризуют небольшие плотные сгустки, где сера находится в состоянии  $[SII]$ , тогда как большая часть ионизованного газа в этих направлениях находится в состоянии  $[SIII]$  с существенно меньшей плотностью. В других направлениях области  $HII$  и  $HeII$  видимо мало различаются по плотности. С этой областью ассоциируется пекулярный источник инфракрасного излучения M17(UC1-I).

**Ультракомпактная область M17(UC1-1).**

Дальнейшее исследование радио-континуума  $HII$  области M17 [4] выявило две основные особенности в области начальной стадии звездообразования:

а) плотный дугообразный фронт ионизации ( $I$ - фронт), расположенный между диффузной туманностью на востоке и очень плотной частью гигантского  $CO$  молекулярного облака на западе;

б) Ультракомпактная область  $HII$  M17-UC1 является прямым свидетельством

того, что в центре ударной волны недавно сформировалась новая звезда.

$I$ -фронт имеет длину 90 дуг. сек. (0.96 пс при расстоянии до объекта 2.2 кпс), радиус кривизны 0.35 дуг.сек (0.37 пс), вогнутой стороной обращен к молекулярному облаку.  $I$ -фронт ионизируется под воздействием ОБ скопления в восточном направлении в видимой диффузной части туманности M17.

Ультракомпактная компонента расположена к западу от  $I$ -фронта на краю  $CO$  молекулярного облака, граничащего с туманностью. M17-UC1 имеет структуру в виде оболочки диаметром 0.4 дуг. сек ( $1.4 \cdot 10^{16}$  см) и является самой молодой из разрешенных ультра компактных  $HII$  областей. По ее особенностям и морфологической связи с туманностью M17 можно заключить, что M17-UC1 представляет второе поколение звездного формирования, когда  $H^+$  переходят в  $H_2$  под действием ударной волны, движущейся перед ионизационным фронтом. Судя по оценке потока фотонов ( $N_f \sim 2 \times 10^{47} \text{ photons } s^{-1}$ ), звезда, внедренная в ультракомпактную область M17-UC1, является звездой спектрального типа  $BO - BO.5$ . Сама звезда находится за плотным темным облаком и не наблюдается визуально. Однако, истекающие с ее поверхности с огромными скоростями частицы горячей плазмы, протоны и электроны, поток которых называется звездным ветром, пронизывают и воздействуют на окружающее пространство.

Предполагается, что объект M17-UC1 аналогичен объекту Клейнманна-Лоу (KL Orion) в туманности Ориона. Объект KL Orion – тесная группа протозвезд, расположенная недалеко от Трапедии Ориона, отбрасывающая от себя по взаимно противоположным направлениям большие плотные молекулярные облака со скоростью до 60 км/с, причем массы этих облаков достигают

нескольких десятков масс Солнца. Как полагают, объект KL Orion является возникающей системой типа Трапедии в M42, так что мы действительно имеем дело с центром недавнего звездообразования. Процесс звездообразования в туманности Омега находится на более ранней стадии, чем в районе скопления Меча Ориона. Следует ожидать, что в будущем на этом месте появятся новые субскопления массивных горячих звезд ранних спектральных классов, подобные тем, которые уже сейчас наблюдаются в районе туманности Ориона.

### Пекулярные области на периферии M 17.

Туманность M17 содержит несколько компактных областей  $HII$ , ассоциирующихся с оптически яркими областями M17, две из них совпадают с положениями мощных радио-источников M17E ( $\alpha_{1950.0} 18^h 17^m 52^s$  и  $\delta_{1950.0} - 16^{\circ} 12'$ ) и M17N ( $\alpha_{1950.0} 18^h 17^m 43^s$  и  $\delta_{1950.0} - 16^{\circ} 10'.7$ ). Здесь  $n_e \sim 10^3 \text{ cm}^{-3}$ , а степень ионизации  $K \sim 1$ .

На северо-восточной границе оптически яркой области  $HII$  обращает на себя внимание почти прямолинейная цепочка плотных областей  $n_e \geq 10^3 \text{ cm}^{-3}$ ,  $K \sim 1$ . Этот «гребень», возможно, представляет собой результат столкновения двух ионизационных фронтов, один из которых распространяется от сравнительно старой и расширившейся области  $HII$ , расположенной к северо-востоку от яркой части Омеги и возбуждаемой звездой спектрального класса  $O7$ ; другой фронт идет от звезд, расположенных в области  $M17E$  и  $M17N$ .

По аналогии с туманностью M42 [1], наблюдаемые структурные особенности в данной области M17 можно рассматривать как сопутствующий результат влияния потоков горячей плазмы, разогретой ветровой активностью области звездообразования, на периферию туманности.

На востоке M17 (рис.1 б) в обширной области с волокнистой структурой в виде протяженных дуг на фоне нитевидных волокон отношение интенсивностей линий  $H_\alpha / 6584 < 2$  (в этом районе), а отношение интенсивностей  $H_\alpha / 5007 > 3$ . Это противоречит гипотезе о воздействии на свечение сферических волокон ударной волны расширяющейся оболочки сверхновой. Для остатка сверхновой следовало бы ожидать отношение интенсивностей, соответственно, меньше 1 и 0,3. Электронная плотность наиболее ярких волокон  $< 100 \text{ см}^{-3}$ , т.е. тонкие детали в виде вытянутых дуг, волокон на краю туманности не являются фрагментами гигантской расширяющейся оболочки сверхновой.

#### **Оценка расстояния до области звездообразования в M17.**

Расстояние до объекта было определено методом звездных подсчетов по Паламарскому атласу [6].

Для определения расстояния до темного залива была выделена площадка I (положение и размеры которой на рисунке 1а соответствуют площадке, обозначенной буквой D). В качестве площадок сравнения были взяты равновеликие ей области II (частично обозначена на краю рисунка 1а) и III – Каптейновская стандартная площадка SA 134. По репродукциям Паламарского атласа было подсчитано полное количество звезд до  $19^m.5$ .

Результат подсчета в виде кривых Вульфа показал, что перегиб кривой для темной области намечается с  $14^m$  и далее до  $19^m$  непрерывно возрастает. Таким образом, поглощение начинает сказываться на расстоянии звезд с фотографической величиной сабее  $14^m$ . На основании общепринятой в практической астрофизики статистической формулы ближняя граница темного облака расположена приблизительно в 1200 пс от Солнца. Одновременно этот результат дает

оценку нижнему пределу расстояния до M17, если предположить, что в направлениях на площадки I и II отсутствуют естественные флуктуации звездной плотности.

#### **Определение поглощения в разных направлениях до туманности M17.**

Область неба, где расположена туманность Омега, содержит плотные поглощающие облака неправильной клочко-ватой структуры, сильно искажающие свечение, форму туманности и затрудняющие поиски возбуждающих звезд. На Рис. 1б видно присутствие близ западной границы туманности плотного темного облака, почти полностью поглощающего свет лежащего за ним продолжения туманности к западу от видимой границы. Районы активного звездообразования расположены в плотных концах вытянутых молекулярных облаков.

Информация о поглощении в направлении туманности имеет решающее значение для отделения собственных распределенной энергии и светимостей источников в туманности от эффекта экстинкции на пути излучения.

#### **Сравнение оптических наблюдений с данными радиоастрономии.**

Спектр радиоизлучения Омеги носит преимущественно тепловой характер. В этом случае оказывается возможным определение поглощения в направлении туманности сравнением оптического и радиоизлучений.

Межзвездное поглощение определяется из соотношения [7]:

$$2,512^{A_{H_\alpha}} = 5,65 \frac{10^{17}}{T_e} \frac{I_V}{I_{H_\alpha}} \quad (1)$$

Здесь  $A_{H_\alpha}$  - величина межзвездного поглощения в лучах  $H_\alpha$  в направлении на точки туманности с интенсивностями  $I_{H_\alpha}, I_V$  в частоте  $H_\alpha$  и радиочастоте  $V$ .

Абсолютная яркость туманности для различных точек туманности в лучах

$H_\alpha$  были найдены сравнением с освещенностью от звезды  $\zeta Per$ :

$$I = 0.0687 \frac{F^2 E_T}{S E_*} \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda p_\lambda q_\lambda r_\lambda s_\lambda d\lambda}{p_\lambda q_\lambda r_\lambda s_\lambda}, \quad (2)$$

где  $\frac{E_T}{E_*}$  - отношение освещенностей туманности и звезды на пластинке,  $F$  - фокусное расстояние телескопа (120 см),  $S$  - площадь внефокального изображения стандартной звезды.  $E_\lambda$  - истинное заатмосферное абсолютное распределение энергии в спектре  $\zeta Per$ . С учетом данных для стандартной звезды соотношение (2) принимает вид:

$$I = 6.19 \cdot 10^{-5} \frac{E_T}{E_* S}. \quad (3)$$

Линия  $H_\alpha$  в эмиссионных туманностях сильно блендируется запрещенной линией азота  $[NII]$ , поэтому числовой коэффициент в (3) необходимо уменьшить на одну треть в соответствии со средним значением отношения  $\frac{[NII]}{H_\alpha + [NII]} \approx \frac{1}{3}$ , полученным

Джонсоном для ряда туманностей [8]. Таким образом,

$$I_{H_\alpha} = 4.13 \cdot 10^{-5} \frac{E_T}{E_* S} \quad (4)$$

Сравнением наших оптических данных с радиоданными [8] было определено распределение поглощения в пределах видимой области  $HII$  и в области звездообразования M17 [9].

Данные распределения поглощения в M17 согласуются с выводами о расположении области ожидаемого эффекта диффузного ультрафиолетового излучения. Уточненные координаты центра данной области  $\alpha_{1950.0} = 18^h 18^s .1$ ,  $\delta_{1950.0} = -16^0 11'$ . Локальная полость диаметром до 90 дуг.сек. (около 0.96 пс при расстоянии до туманности 2 кпс) окаймлена волокнистыми образованиями –ободками и дугами. Поглощение

здесь всего  $A_v = 1^m .4 - 1^m .9$ . За пределами данной зоны поглощение сразу увеличивается до  $A_v = 4^m .2 - 4^m .8$ .

Оценки электронной плотности [10] указывают на неоднородности в распределении газа и наличие в периферийных областях компактных уплотнений, где электронная плотность в ряде случаев существенно превышает  $10^3 \text{ см}^{-3}$ .

Фотовизуальное поглощение в направлении зоны III меняется в пределах  $A_v = 3^m .9 - 5^m .8$ , в направлении на область звездообразования резко увеличивается до  $A_v = 6^m .8 - 10^m$ .

Для определения поглощения были использованы также другие наблюдения и методы. В отдельных направлениях поглощение, например, было определено по избыткам цвета звезд.

В таблице 2 указаны звезды с известными спектральными типами.

Для всех звезд этого списка нами были определены фотографические и фотовизуальные звездные величины, для чего использовались площадки SA 134 и Плеяды. В таблице указаны: номера звезд из каталогов HD, BD, видимые звездные величины, показатели цвета, избытки цвета, фотовизуальное поглощение и расстояние в парсеках.

**Таблица 2.** Звезды известных спектральных типов.

HD,BD	$m_{pv}$	CI	CE	$A_{pv}$	R
168163	$9^m .10$	$+0^m .40$	$0^m .76$	$2^m .66$	255
168276	9.30	0.65	0.45	1.58	72
168302	9.46	0.14	0.54	1.89	510
168486	10.45	0.75	0.72	2.52	153
168569	10.16	0.94	1.14	3.90	180
165585	9.35	0.77	0.97	3.50	150
168607	8.65	1.10	1.30	4.55	1290
168625	8.60	0.75	1.15	4.02	1570

Полное фотовизуальное поглощение  $A_{pv}$  определялось нами по соотношению  $A_{pv}$

$= \gamma SE$ , где  $\gamma$  равна 3,5 для наших двух фотометрических систем с эффективными длинами волн 430 и 560 нм.

Таблица 2 дает представление о поглощении на различных расстояниях от Солнца в направлении туманности. Для ряда звезд поглощение кажется завышенным, принимая во внимание сравнительно небольшие расстояния до них. Объяснить это можно, видимо, тем, что или имеются облака поглощающей материи на расстояниях 100-150 пс, или эти звезды не относятся к главной последовательности и имеют более высокую светимость. Последнее, по видимому, наиболее вероятно.

Поглощение в темном заливе было оценено и по измерениям поверхностной яркости в лучах  $H_{\alpha}$ . Если предположить, что западная граница M17 образована простым экранированием резко очерченным краем темного облака, то оценку поглощения можно найти сравнением яркости туманности близ границы с яркостью остаточного свечения в самом заливе, где свечение выявляется на снимках в лучах  $H_{\alpha}$  с продолжительной выдержкой. Согласно измерениям в двух направлениях по  $\alpha$  и  $\delta$ , пересекающих туманность и залив, поглощение близ самой границы туманности оказывается не менее  $5^m$  в лучах  $H_{\alpha}$ , т.е. не меньше  $6^m$  в фотовизуальной области. Найденная оценка характеризует дифференциальное поглощение и хорошо согласуется с радионаблюдениями, если считать, что в направлении самой туманности поглощение заключается в пределах 2-3 фотовизуальных величин.

### **Потенциальные источники, генерирующие свечение M17.**

Судя по данным спектральных наблюдений в темном заливе (см. область D на рисунке 1а и таблицу 1), мы имеем наиболее высокие значения электронной плотности и степени ионизации. Не вызывает сомнения, что наблюдаемые здесь волокна –

часть радио-областей M17, просвечивающих через наименее плотные слои молекулярного облака. Радионаблюдения [8] показывают наличие большого количества плотных молекулярных сгущений в области темного залива. Наиболее плотная холодная область, обнаруживаемая по радиоизлучению молекул  $H_2CO$  на длине волны 2 см, находится к югу от положения объекта M17(UC1-I). Отдельные компоненты радио-источника имеют плотности  $1500-3000 \text{ см}^{-3}$ , что согласуется с нашими данными. Совершенно очевидно, что в данной области присутствуют скрытые поглощающими облаками компактные области НП высокой плотности, но, малых размеров. Судя по спектральным наблюдениям, каждая из этих областей имеет размеры около 0.3-0.6 парсек, а  $n_e(SII) \gg 10^3 \text{ см}^{-3}$ . Они отдалены друг от друга на расстояние более парсека, т. е. они вероятнее всего являются молодыми компактными образованиями, для ионизации которых необходимы звезды спектральных классов O5-O6. Известно, что образование компактных областей ионизованного водорода – этап в эволюции молодой звезды. Поиск и изучение подобных образований – это возможность вплотную приблизиться к открытию источников свечения M17.

Прямым сравнением схемы (рис.1а) с картой звездного населения в M17 (звезды наиболее отчетливо просматриваются на наших снимках туманности Омега, полученных на 500 мм телескопе Д.Д. Максудова Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова с помощью казанской пленки И810 – в области спектра 0.3-0.8 мкм) была обнаружена ассоциация предполагаемых центров компактных областей ионизованного водорода со звездами, принадлежащими к инфракрасному скоплению [13]. На основании этого было предположено, что именно это скопление ионизует в процессе своей эволюции внутренние части связанного с ним

молекулярного облака и образует компактные области НШ.

Одним из проявлений активности молодых звезд на стадии эволюции до Главной последовательности является их флуктуирующее излучение. Принципиально новые результаты синхронных фотометрических и поляриметрических измерений на 1м телескопе АФИФ МОН РК [11,12] излучения звезд, ассоциирующихся с областью интенсивного звездообразования, показали, что мы имеем дело с молодыми объектами различной степени активности. Переменность их излучения и поляриметрические особенности [11,12], существование инфракрасного избыточного излучения [13] можно объяснить присутствием реликтового пылевого вещества в околозвездном пространстве, составляющего разной плотности оболочки.

Сделать какие-либо уверенные заключения об эволюционной связи компактных областей ионизованного водорода и молодых звезд, ассоциирующихся с ними, пока не представляется возможным из-за недостаточно глубокого предела фотометрии скопления в области звездообразования. Но мы хотели бы обратить внимание на эффект закономерной повторяемости многих явлений в М17 с запада на восток, из которого логически следуют определенные выводы.

Благодаря своей геометрической особенности М17 представляет собой тот редкий, пожалуй, единственный случай, когда перед наблюдателем разворачивается панорама событий, сменяющихся на протяжении нескольких тысячелетий с запада на восток. Именно в этом направлении прослеживаются параллельные изменения, например, ионизационного уровня компактных НШ областей и эволюционного статуса околозвездных оболочек молодых звезд, ассоциирующихся с ними, при переходе ко все более периферийным частям туманности.

Самая яркая компактная область НШ ( $n_e=12800$ ,  $K=1,62$ ) в апексе веерообразных

волокон ассоциируется с пекулярным инфракрасным объектом М17(UC1-I), в которую внедрена недавно сформировавшаяся звезда типа В0,5 (практически тесная группа протозвезд). К юго-востоку четыре яркие компактные НШ ( $n_e$  от 7500 до 4000  $см^{-3}$ ) области ассоциируются с молодыми звездами, которые по данным ИК-фотометрии интерпретируются как молодые звезды, но еще внедренные в свои непрозрачные оболочки.

В глубине залива компактные НШ области ( $n_e$  электронная плотность 3000  $см^{-3}$ ,  $K=1$ ) ассоциируется со звездами настолько яркими в ИК диапазоне спектра, что могли бы служить стандартными объектами. Спектры их подобны спектрам звезд спектрального класса А, F в скоплении NGC2264, т.е. по эволюционному статусу эти звезды находятся на стадии развития до главной последовательности, судя по данным спектрополяриметрических наблюдений, оболочки их заметно диссипируют, но остаточная околозвездная материя является причиной ИК-избытков.

Ближе к границе с яркой видимой зоной (на рис. 1а: в квадрате D – слева) наблюдается корреляция векторов поляризации излучения звезд и окружающей туманности, свидетельствующая о присутствии вокруг этих звезд уже протяженных околозвездных оболочек. Электронная плотность в зоне НШ равна 3000  $см^{-3}$ .

В видимой области - в районе М17N, М17E - мы имеем дело в основном с нормальными звездами раннего спектрального класса.

Таким образом, в темном заливе М17 прослеживается эволюционная картина развития околозвездных оболочек у молодых звезд согласно схеме [14], предложенной на основании анализа многолетних синхронных фотометрических наблюдений молодых звездных объектов в УФ, видимом и инфракрасном диапазоне спектра группой «ИК-СПЕКТР» Астрофизического институ-

та им. В.Г. Фесенкова совместно с сотрудниками Главной астрономической обсерватории АН России. Здесь мы ограничимся кратким изложением сути данной схемы.

После обсуждения различных аспектов (оценки возраста, видимой светимости, массы молодых объектов и т.д.) мы предположили, что критерием, определяющим стадию эволюционного развития молодых объектов, являются характеристики их околозвездных оболочек. При изучении активных областей звездообразования эволюционная схема, предложенная в работе [15] на основе анализа оптической толщины  $\tau_{10}$  силикатной особенности на 10 мкм молодых звезд, была рассмотрена применительно к поляризации излучения YSO с учетом всех наших новых данных. Таким образом, была предложена следующая эволюционная последовательность YSO, в рамках которой удастся объяснить характер переменности параметров поляризации, вид волновой зависимости и многочисленность механизмов возникновения поляризации, предлагаемых для интерпретации наблюдательных данных:

- на первом этапе, когда объект наблюдается только как ИК источник, поляризация излучения в ИК диапазоне максимальна и, вероятно, возникает при рассеянии на реликтовых пылевых частицах, ориентированных крупномасштабным магнитным полем. Вектор поляризации объектов параллелен межзвездной поляризации,  $P(\lambda)$  подобна межзвездной (резкое падение в ИК области спектра). На этом этапе находятся «нормальные» ИК источники (без истечения вещества) в областях звездообразования.

- на втором этапе пылевые частицы выметаются из оболочки и аккрецируют на центральное ядро. Оптическая толщина пылевой оболочки уменьшается.  $P(\lambda)$  становится более плоской. В этом случае позиционный угол плоскости поляризации объекта определяется комбинацией двух механизмов - рассеяние на частицах в околозвездной

оболочке и рассеяние на межзвездных пылинках и будет близок к межзвездному. На этом этапе находятся ИК источники со спектральными признаками молодых звезд (объекты типа M42(KL-BN) и M17(UC1-I);

- на третьем этапе при сжатии пылевого облака и дальнейшей аккреции вещества существенную роль начинает играть масса рождающейся звезды. Если формируется звезда малой массы, то она появляется в оптическом диапазоне, если же большей массы, то истечение вещества останавливает аккрецию, и мы не наблюдаем объект в оптическом диапазоне. В любом случае формируется плотный околозвездный диск и появляется сильное коллимированное истечение вещества. На этом этапе находятся звезды типа T Тельца и ИК источники с сильным истечением вещества. Появляется дополнительный механизм возникновения поляризации: рассеяние на пылевых частицах в полярных областях оболочки, ориентированных истечением вещества. Ориентация вектора поляризации определяется композицией векторов при рассеянии в диске и полярных "шапках" и сильно отличается от направления межзвездной поляризации.  $P(\lambda)$  может быть практически любой формы. К перечисленным выше механизмам добавляется рассеяние на свободных электронах в образовавшейся газовой оболочке. В этом случае, если пространственное распределение пыли и газа не совпадает, может наблюдаться скачок позиционного угла плоскости поляризации при переходе в ИК область спектра [3];

- на четвертом этапе находятся большинство звезд типа T Тельца, т.е. звезды малых масс аккрецируют вещество из ближайшей окрестности и появляются "переходные структуры" или "внутренние дыры". Коллимированное истечение прекращается, поляризация резко падает, становится близкой к межзвездной;

• у звезд же больших масс, напротив, происходит дальнейшее сжатие пылевого околозвездного диска и все еще наблюдается сильное коллимированное истечение. Звезды появляются в оптическом диапазоне. В оболочках скапливаются мелкие пылевые частицы. Наблюдается "выделенное направление ориентации векторов поляризации" в окружающей туманности, связанное с присутствием массивного пылевого диска. Все это характерно для большинства звезд типа *HAEBE*.

• на последнем этапе находятся *изолированные HAEBE* звезды с *алгоподобными минимумами блеска*. При прекращении коллимированного истечения вещества и фрагментации околозвездного диска поляризация возникает эпизодически при экранировании протопланетными конденсациями.

### Заключение.

По своим характеристикам плотная часть облака в созвездии Стрельца, связанная с M17-UC1, находится на более ранней стадии эволюции по сравнению с объектами M42-BN-KL в скоплении Меч Ориона.

M17 – самая молодая и массивная область звездообразования в Галактике. Структурные особенности в данной туманности являются результатом струйной и ветровой активности инфракрасного скопления. Потоки ионизованного газа (звездного ветра) от формирующихся молодых звезд и ОВ скопления в темном заливе M17 настолько мощные, что даже в периферийных областях зоны *НII* должны создаваться ударные фронты (горячая область) с высокой плотностью и температурой.

Наблюдаемая структурная особенность в виде «гребня», по-видимому, и олицетворяет собой границу такого ударного фронта. Ожидается, что возбуждение этой горячей зоны должно (аналогично с M42 [1]) приводить к жесткому УФ излучению в результате ионизации газа, заполняющего полость за «гребнем».

Данные распределения поглощения в M17 подтверждают выводы относительно расположения области интенсивного или повышенного эффекта диффузного ультрафиолетового излучения, сделанные из анализа спектральных данных. Уточненные координаты центра данной области:

$$\alpha_{1950.0} = 18^h 18^s .1; \delta_{1950.0} = -16^{\circ} 11'.$$

Локальная полость диаметром 90 дуг. сек (0.96 пс при расстоянии до туманности 2 кпс) окаймлена волокнистыми образованиями – светлыми и темными ободками и дугами. Поглощение здесь мало:  $A_v$   $1^m.4 - 1^m.9$ , но за пределами данной зоны резко увеличивается до  $A_v$   $4^m.2 - 4^m.8$ , что может указывать на эффект выметания вещества плазмой из указанной зоны. Фотовизуальное поглощение в направлении зоны *НII* меняется в пределах  $A_v$   $3^m.9 - 5^m.8$ , и в направлении на область звездообразования (область темного залива) резко увеличивается до  $A_v$   $6^m.8 - 10^m$ . Оценки электронной плотности [10] также свидетельствует о неоднородном распределении газа и о компактных уплотнениях в периферийных областях, где электронная плотность в ряде случаев существенно превышает  $10^3 \text{ см}^{-3}$ , как это конкретно описано в тексте.

**Литература.** [1] Джакушева К.Г., Мычелкин Э.Г. Универсальность механизма свечения периферии туманности M42. // В кн. «Ультрафиолетовая вселенная. II». Eds. Шустов Б.М., Сачкова М.Е., Кильпио У.Ю. 2008 Москва. Янус-К. С.294-297. [2] Джакушева К.Г., Мычелкин Э.Г., Симакова Т.Б. Об эффектах звездообразования в диффузных туманностях. // Труды X международной конференции «Проблемы эволюции открытых систем». КазГУ им. Аль-Фараби РК, Институт вычислительного моделирования РАН, Институт биофизики РАН. 2008. 6-8 октября. Алматы. Журнал «ПЭОС». Алматы.. 2008. Том 2. 11 с. [3] Glushkov Yu.I. Spectrophotometric studies of 40 star-forming regions. // Astronomical and Astrophysical

Transactions. 1995. V.8. N2. P.105-144. [4] Felli M. An unusual radio point source in M17. /Johnston K.J., Churchwell E. //Aph. J. 1980. V. 242. L157-L161. [5] Глушков Ю.И., Джакушева К.Г., Карягина З.В. Электронная плотность и ионизация в области темного залива M17.// АЦ. 1982. № 1228. С. 3-5. [6] Herbst W., Sawyer D.L. Results of a new approach to determining the density function in the galactic plane: the local system. //Aph. J. 1981.V/ 243. P. 935-944. [7] Парийский Ю.Н. //Известия ГАО РАН. 1960. Т.21. № 164. С. 54. [8] Povich M.S., Churchwell E., Biegin J.H. et al. The extended environment of M17:a star formation history. // ArXiv: astro-ph/0902.3280, accepted by Aph. J. 2009. [9] Рожковский Д.А., Глушков Ю.И., Джакушева К.Г. Туманность Омега и ее окрестности по снимкам, полученным на 500-мм телескопе Максутова. // Известия АФИФ АН Каз ССР. 1962. Т. 14. С. 20-23. [10] Глушков Ю.И., Карягина З.В. Электронная плотность в центральных областях NGC 6618. // АЦ. 1972. № 676. С. 4-6. [11] Андабаева Л.Э., Джакушева К.Г., Рсмаев Ф.К. Фотоэлектрические измерения звезд в окрестности M17. // Известия МОН РК. Серия физико-математическая. 1997. № 4. С.118-122. [12] Андабаева Л.Э. Об источниках, генерирующих свечение M17. 2. Область звездообразования. // Известия МОН РК. Серия физико-математическая. 2001. № 4. С. 52-56. [13] Chini R. Circumstellar Shells in M17. // Astron.& Astroph.1982/ V. 110. P. 332-335. [14] Yudin R.V. Polarization and IRAS far-infrared colour index of young stellar objects. Evolutionary aspects. //In "Infrared spectral", eds C/ Jaschek, Y.A.Andrillat,1990. Cambridge. P. 400-404. [15] Cohen M., Wittborn F.C. //Aph. J. 1985. V. 294. P. 345-358.

**Принято в печать 25.01.09**

**УДК 550.36 + 577.31**

**ОМЕГА ТУМАНДЫҒЫ ПЕКУЛЯРЛЫҚ ЖУЛДЫЗДАРДЫҢ ТУЫЛУ ОБЛЫСЫ ТУРАЛЫ  
ЖӘНЕ ДИФФУЗДЫҚ УЛЬТРАКУЛЬГІН ЭМИССИЯНЫҢ МӘСЕЛЕСІ.**

**Жакушева К.Г., Мычелкин Э.Г., Симакова Т.Б.\***

*Ұлттық Ғарыштық Зерттеулер мен Технологиялар Орталығы*

*В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты*

*\* Московский государственный индустриальный университет, Москва, Россия.*

2008 жылында M42 тумандық шетінін "SW cavity" активіті аймағынан жумсақ X-сауле және каткыл ультракульгін эмиссиялық саулелер шығып жатыр корсетілген [1,2]. Олар 2009 жылында ФА-ФИ алынған M17 тумандығы спектрлік бакылау мәліметтеріне эсер етеді. M17 тумандықты жулдыздардын бакылаулары және спектрлік эдіспен компактылык облыстыгын зерттеу толкыланды.

**ON THE PECULAR STARFORMING REGION AND DIFFUSE UV-EMISSION  
IN OMEGA NEBULA.**

**Dzhakusheva K.G., Mychelkin E.G., Simakova T.B.\***

*Fesenkov Astrophysical Institute of National Center of Space Researches and Technologies, Almaty, Kazakhstan*

*\* Moscow State Industrial University, Moscow, Russia*

We continue to proceed with the estimations of peripheral effects of a soft X-ray and possible rigid UV emission to be a result of high activity of other star-forming regions in the nebulae as it has been discussed in 2008 [1,2] for the ORION(M42)-nebula. This year on the base of analysis of the electron density, ionization degree and absorption throughout the OMEGA(M17)-nebula the probable peculiar region of the anomalous diffuse UV emission is proposed as a result of influence of the compact HII regions with a high star-forming activity.