

К.Г. ДЖАКУШЕВА, Э.Г. МЫЧЕЛКИН.

## ПЕКУЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ В М17

Выполнен анализ распределения электронной плотности и степени ионизации газовой составляющей в пекулярной области звездообразования в М17, предпочтительной с точки зрения наблюдений в УФ диапазоне.

**Введение.** Спектральные и поляризационные наблюдения, полученные ранее в АФИФ при наблюдении М42, в 2008 году были рассмотрены как сопутствующий результат влияния универсально-го механизма высвечивания мягкого рентгена (и, как ожидается, жесткого УФ), исходящего от темной в видимом диапазоне области – SW-cavity [1]. Предметом наших дальнейших исследований по программе “WCO-UV” является комплексное изучение этой и других «орионоподобных» областей

активного звездообразования в нашей Галактике с целью выявления и обоснования с наблюдательной точки зрения вероятных районов интенсивного или повышенного диффузного ультрафиолетового излучения. Для этого максимально будет использован богатейший наблюдательный материал, полученный в Астрофизическом институте НЦ КИТ в прошлые годы. В текущем 2009 году будет проведен всесторонний анализ пекулярной области звездообразования в туманности М17.

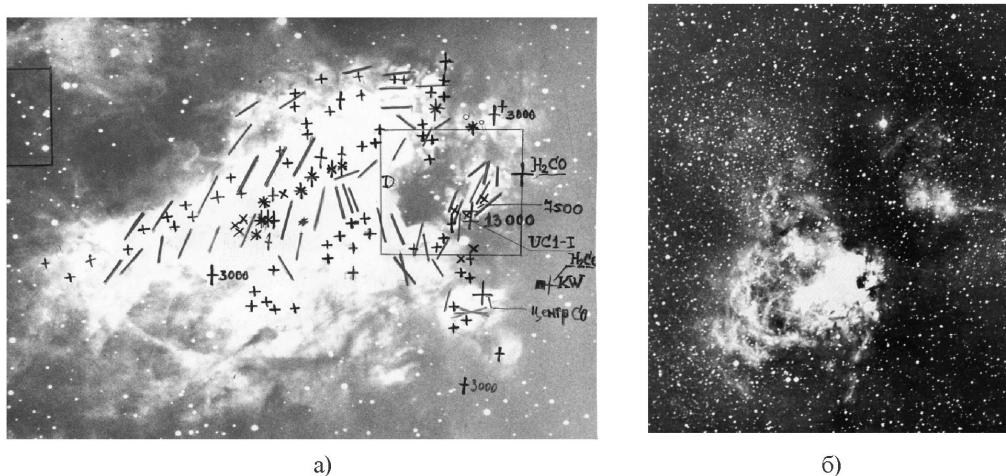


Рис. 1а. Центральная часть туманности Омега. (M 17). Отрезками обозначены направления Е-векторов поляризации. Остальные обозначения:  $\dagger$  -  $n_e(\text{SII}) \gg 10^3 \text{ см}^{-3}$ ; + -  $n_e(\text{SII}) \geq 10^3 \text{ см}^{-3}$ ;  $\times$  - степень ионизации К  $\gg 1$ . Место рождения звезды типа B0-B0.5 в коконе в зоне HII с плотностью  $13000 \text{ см}^{-3}$  обозначено UC1-I. Рис. 1б. снимок туманности M17, полученный на 500-мм менисковом телескопе АФИФ

**Проблема возбуждающих источников в туманности Омега.** Туманность M17 – не только самая оптически яркая область HII в Галактике, она является и самым ярким ИК и радиоисточником (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 радиоэмиссии, которая содержит приблизительно 12 % полного газоплазменного потока в туманности. Здесь обнаружены сильные излучения  $H_2O$  - и  $OH$  - мазеров. 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 нестационарные, взрывные процессы, например, типа взрыва 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 [2].

**Задание на 2009 г.** В соответствии с разрабатываемой программой наблюдений АФИФ НЦ

КИТ звездных и пекулярных объектов на орбитальном космическом телескопе “WCO-UF” как последовательное развитие проблемной задачи, поставленной в 2008 году в [1,2], выработано следующее многофункциональное задание на 2009 год: *Выявить и обосновать вероятную пекулярную область повышенного УФ излучения на периферии туманности M17.*

Это задание предусматривает следующий детальный план исследований в M17 (поквартально):

I. Определение структуры туманности M17 на основе анализа спектрофотометрических данных: Выполнить анализ 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.

III. Определение положения возбуждающего центра в M17: анализ фотометрических данных звезд в УФ, оптическом и ИК диапазонах спектра. Представить список потенциальных возбуждающих источников компактных областей HII.

IV. Определение вероятной области повышенного УФ излучения на периферии M17: анализ распределения поляризации излучения пекулярных областей туманности. Представить карту с координатами вероятной области повышенного УФ излучения на периферии туманности.

**Анализ спектрофотометрических данных.** На 70-см телескопе с помощью спектрографа

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

**Пекулярная область звездообразования в темном заливе.** Из спектральных наблюдений получено, что ионизующий 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 густоков и обнаружены центры радио, ИК и молекулярных эмиссий.

На рисунке 1 в области D (обозначенной квадратом) крестиком отмечено положение точечного высокотемпературного ( $T_e = 25000^0 K$ ) радиоисточника (RSP) [4]. В таблице 1 указаны электронные плотности при  $T_e = 10000^0 K$  (с учетом уточненных атомных параметров иона [SII]) и величина степени ионизации  $K$  для данной области. На рисунке черточками указаны области, где  $K \gg 1$ . Для сравнения в туманности Ориона в окрестности звезды спектрального класса O6V  $K < 1$ .

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 звездой спектрального класса O<sub>6</sub>.

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  $\delta_{1950.0} -16^{\circ} 12' 58''$ )  $n_e \sim 13000 cm^{-3}$ ,  $K = 1.62$ . Эти

данные характеризуют небольшие плотные сгустки, где сера находится в состоянии [SII], тогда как большая часть ионизованного газа в этих направлениях находится в состоянии [SII] 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).

**Ультра компактная область M17-UC1.** Дальнейшее исследование радио-континуума HII области M17 [4] выявило две основные особенности в области недавнего 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) M17-UC1 – ультра компактная область HII, которая является прямым доказательством 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 ионизуется под действием ОВ скопления, расположенного к востоку в видимой диффузной части.

Ультра компактная компонента M17-UC1 имеет структуру в виде оболочки диаметром 0.4 дуг. сек ( $1.4 \cdot 10^{16}$  см), и она является самой молодой из разрешенных ультра компактных HII областей. По ее особенностям и 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 запасу фотонов ( $N_i \sim 2 \times 10^{47} photons s^{-1}$ , звезда, внедренная в M17-UC1, спектрального типа BO – BO.5. M17-UC1 во многом подобна Orion KL, т.е. является

Таблица 1. Спектральные данные в темном заливе в M17 [5]

№ области	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1. 10 4450	0. 58 1060	1. 70 1140	0. 98 1280	1. 02 1550	1. 62 270	1. 01 670	0. 86 7500	0. 70 12800
№ области	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0, 83	1. 1100	14 50	0. 68 1060	0. 33 1230	0. 30 2660	0. 52 1920	0. 43 4240	1. 19 3070	1. 45 240

возникающей системой типа Трапеции в M42, так что мы действительно имеем дело с центром недавнего звездообразования.

В области залива присутствуют скрытые поглощающими облаками компактные области HII высокой электронной плотности, но малых линейных размеров. По спектральным наблюдениям каждая из этих областей имеет размеры около 0.3-0.6 парсек, а  $n_e(\text{SII}) \gg 10^3 \text{ см}^{-3}$ . Они отделены друг от друга на расстояние более парсека, т.е. являются компактными объектами.

**Пекулярные области на периферии M17.** Туманность M17 содержит несколько компактных областей HII, ассоциирующихся с оптически яркими областями M17, две из них совпадают с положениями мощных радиоисточников 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  $n_e \gg 10^3 \text{ см}^{-3}$ ,  $K \gg 1$ .

На северо-восточной границе оптически яркой области HII обращает на себя внимание почти прямолинейная цепочка плотных областей  $n_e \geq 10^3 \text{ см}^{-3}$ ,  $K \sim 1$ . Этот «гребень», возможно, представляет собой результат столкновения двух ионизационных фронтов, один из которых распространяется от сравнительно старой и расширяющейся 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.

На востоке M17 (рис. 1 б) в обширной области с волокнистой структурой в виде протяженных дуг на фоне нитевидных волокон отношение интенсивностей линий  $H_\beta / 6584 < 2$  (в этом районе везде), а отношение интенсивностей  $H_\beta / 5007 > 3$ . 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 оболочки сверхновой.

**Выводы.** 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.

M17 – самая молодая и массивная область звездообразования в Галактике. Структурные особенности в данной туманности наблюдаются скорее всего в результате струйной и ветровой активности возникающего 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 HII должны создаваться ударные фронты (горячая область) с высокой плотностью и температурой.

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 УФ излучению, в результате ионизации газа, заполняющего полость за «гребнем».

## 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 Ю.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 «Проблем 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., Johnston K.J., Churchwell E. An unusual radio point source in M17. //Aph. J. 1980. V. 242. L157-L161.
5. Глушков Ю.И., Джакушева К.Г., Карягина З.В. // АЦ. 1982. № 1228.

## Резюме

M17 тумандыктын спектрлік сыйыктарынын саулемену күбілісі туралы бакылаулар корсетілген.

## Summary

Distributions of the electron density and degree of ionization in gaseous compound are analized for the definite peculiar star-forming region of nebulae with a tentative UV emission.

Астрофизический ин-т им. В.Г. Фесенкова,  
НЦ КИТ РК, г. Алматы      Поступила 20 апреля 2009 г.