

Исследование звезд и туманностей

УДК 524.3

Л. Н. КОНДРАТЬЕВА¹, Ф. К. РСПАЕВ², Е. К. АЙМУРАТОВ³

(ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова», г. Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ТУМАННОСТИ CED 90

Цель работы: исследовать ионизационную структуру туманности CED 90, определить механизм ионизации газа и установить причину образования волокнистой структуры.

Методы исследования: Спектральные наблюдения объекта при разных положениях входной щели спектрографа. Абсолютная калибровка потоков эмиссионных линий в выбранных сечениях для получения общей картины распределения разных зон ионизации.

Результаты работы: Получены данные о распределении плотности потоков излучения разных эмиссионных линий в туманности.

Область применения Полученные данные могут быть использованы для расчетов модели, объясняющей наблюдаемую структуру исследуемого объекта.

Выводы: Наличие сложной структуры внутренних областей туманности подтверждается. Эмиссионное волокно, наблюдаемое в юго-восточной области туманности является следствием проекции на эту зону молекулярного джета.

Ключевые слова: межзвездная среда; НП области; индивидуальные объекты – Ced 90.

Трек сөздер: жұлдызаралық орта, НП аймағы, дербес объектілер – Ced 90.

Введение

Галактический НП район CED 90 = Sh2-297 ($\alpha_{(2000)}=07^{\text{h}}05^{\text{m}}$; $\delta_{(2000)}=-12^{\circ}19'$) является частью ассоциации Canis Major (CMa) OB1. По разным оценкам расстояние до объекта составляет от 1 до 1.4 кпс [1-3]. CED 90 содержит зоны современного звездообразования, молодые звезды, источники повышенного инфракрасного излучения [4-7]. Подобные области звездообразования могут быть инициированы вспышкой Сверхновой [8]. Существование крупномасштабной дуги ионизованного газа, объединяющей несколько НП районов, подтверждают это предположение. По оценкам Хербста возраст оболочки Сверхновой составляет ~ 500 тысяч лет, и близкие оценки получены им для некоторых объектов данной ассоциации. Однако по данным работы [1,9], возраст большинства звезд в данном комплексе близок к 1млн лет. Поэтому существует альтернативная гипотеза, основанная на изучении лучевых скоростей и УФ потоков, предполагающая, что процессы формирования звезд могли начаться под действием звездного ветра массивных горячих звезд [10,11]. В частности в CED 90 это могли быть звезды HD 54662 и HD 53975. Результаты исследования молодых звездных объектов, образовавшихся в этом комплексе, свидетельствует о том, что процессы звездообразования начинались вблизи источника ионизации и затем постепенно продвигались к периферии – к холодному темному облаку LDN1657A, расположенному западнее Sh2-297 [1].

Туманность CED 90 имеет форму эллипса с размерами ~150"х 200" (Рис. 1). На юге и востоке она имеет довольно четкие границы, на западе обрезается темным облаком, а на севере плавно переходит в эмиссионную область более низкой поверхностной яркости. В центре туманности расположена звезда HD 53623, ее спектральный класс оценивается как B0V–B1V [1,5]. Эта, единственная яркая звезда в туманности, скорее всего, является источником ионизации окружающего газа. На юго-востоке наблюдается эмиссионное волокно в виде дуги, отделенное от основной туманности светлым «проливом». Происхождение этой структурной детали неизвестно.

Наблюдения

В Астрофизическом Институте первые наблюдения CED 90 были выполнены в 1995–1996 гг. Использовался спектрограф УАГС, установленный в касегреновском фокусе 1-метрового телескопа фирмы Карл Цейсс Иена. Приемником излучения служил ЭОП с волоконно-оптическими шайбами, изображения регистрировались на специальной астрономической фотопленке.

Новые наблюдения объекта CED 90 проводились в 2011 – 2014 гг. Для спектральных наблюдений использовались два щелевых спектрографа, оборудованные ПЗС камерами ST-8 (1530x1020, 9μ). Первый – УАГС, описанный выше. Рабочая ширина его входной щели составляла 0.3 мм или 4.5" в проекции на небо. Для получения интегрального потока излучения объектов щель расширялась до 0.7 мм. Спектрограммы с дисперсией 0.5 Å/пиксель охватывают ~ 800 Å. Наблюдения проводились в спектральном диапазоне: $\lambda\lambda = 6100\text{--}6840\text{Å}$. Второй спектрограф установлен в касегреновском фокусе телескопа АЗТ-8. Рабочая ширина входной щели также соответствовала 4.5". Широкая щель (10") использовалась для абсолютной калибровки потоков. Большинство спектрограмм получено с дисперсией 0.75 Å/ пиксель.

Процедура обработки спектрограмм состоит из стандартных операций:

вычитание темнового тока, учета влияния атмосферной экстинкции и спектральной чувствительности аппаратуры. Одновременно с исследуемыми объектами выполнялись наблюдения стандартных звезд с известным распределением энергии в спектре. Они использовались для определения и учета спектральной чувствительности аппаратуры и для абсолютной калибровки потоков излучения.

Для характеристики излучения протяженных объектов, в частности туманностей, используются интегральные потоки. При исследовании структуры подобных объектов определяется их поверхностная яркость или, что то же самое – плотность потока.

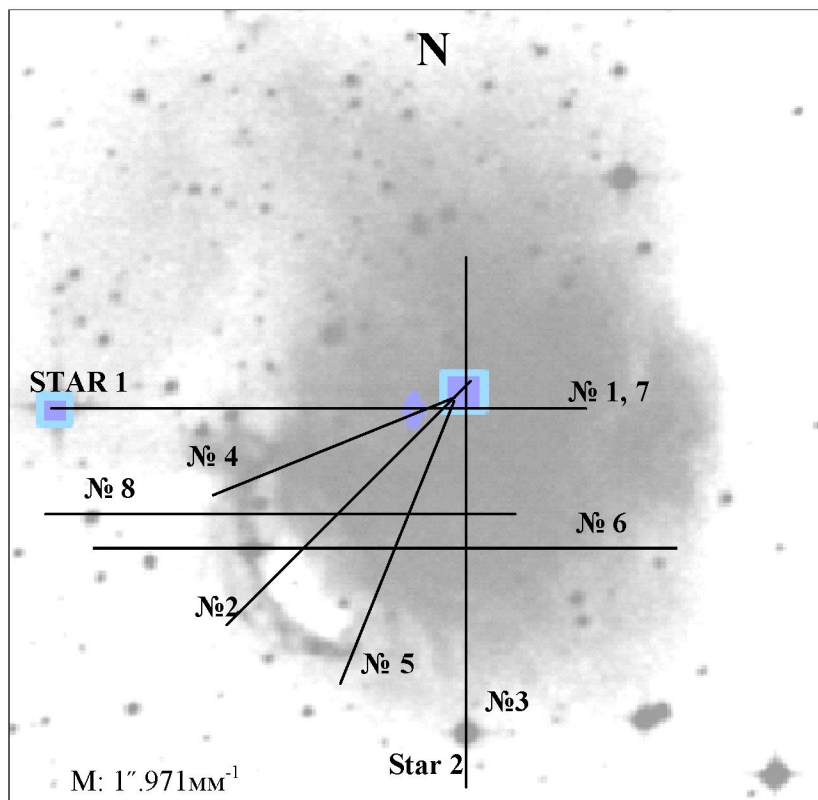


Рисунок 1 – Изображение CED 90. Положения сечений обозначены прямыми линиями с указанием соответствующих номеров

Спектрограммы CED 90 были получены для нескольких сечений – положений входной щели спектрографа. В спектре были обнаружены эмиссионные линии H β , H α , [NII] и [SII]. На данном этапе мы сконцентрировали внимание на исследовании юго-восточной части туманности, где

наблюдается эмиссионное волокно, чтобы попытаться выяснить его природу. В каждом сечении измерялись потоки излучения в эмиссионных линиях. Первоначально каждое значение представляло собой поток излучения с площадок размером $4''.5 \times 0''.96$ и $4.5'' \times 0''.66$ (ширина входной щели и размер пикселя в угловых секундах) для спектрограмм, полученных на 1-метровом телескопе и телескопе АЗТ-8, соответственно. Далее эти значения усреднялись (в направлении поперек дисперсии) по 5 – 7 пикселям. Полученные величины представляли собой значения, усредненные по площади $\sim 4''.5 \times 4''.5$. Они использовались для расчета плотности излучения на 1 кв. сек. дуги в относительных единицах.

Для перехода к абсолютным энергетическим единицам использовались спектрограммы стандартных звезд HD 53974, HD 39319 и γ Ори с известным распределением энергии [13]. На рисунках 2–8 приведены плотности потоков для разных сечений в шкале $(10^{-16} \text{ эрг см}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ сек дуги}^{-2})$.

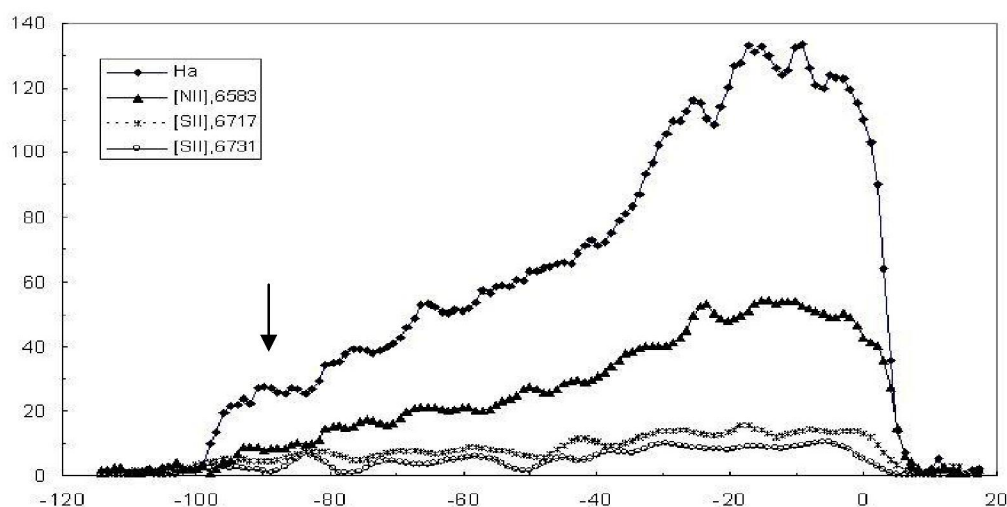


Рисунок 2 – Плотность потоков излучения в линиях Ha, [NII], 6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 2. Ось X – расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y – представлена в шкале $10^{-16} \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}^{-1} \text{ (сек дуги)}^{-2}$. Положение волокна – обозначено стрелкой

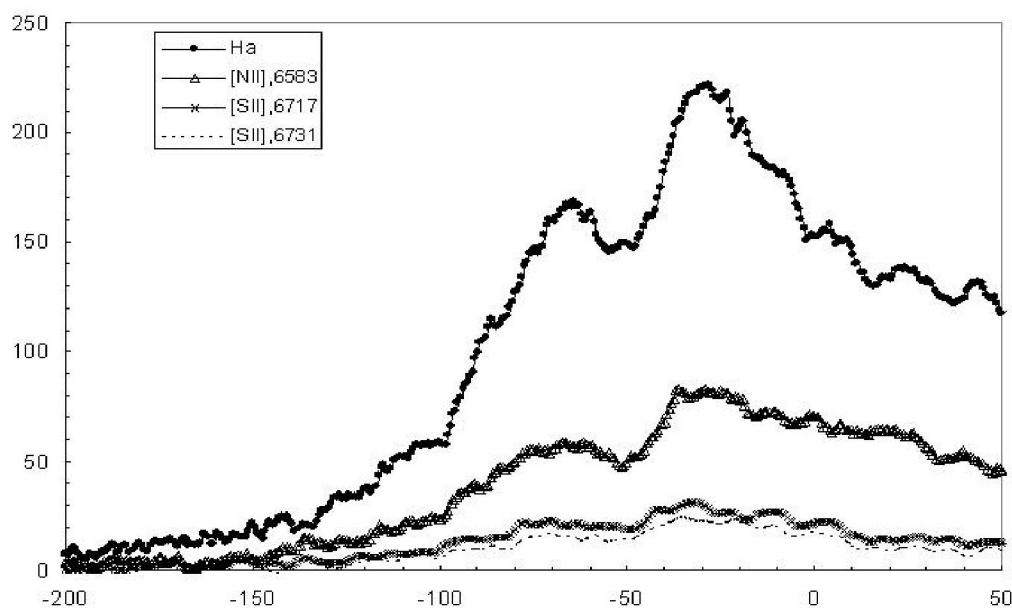


Рисунок 3 – Плотность потоков излучения в линиях Ha, [NII], 6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 3. Ось X – расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y – представлена в шкале $10^{-16} \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}^{-1} \text{ (сек дуги)}^{-2}$

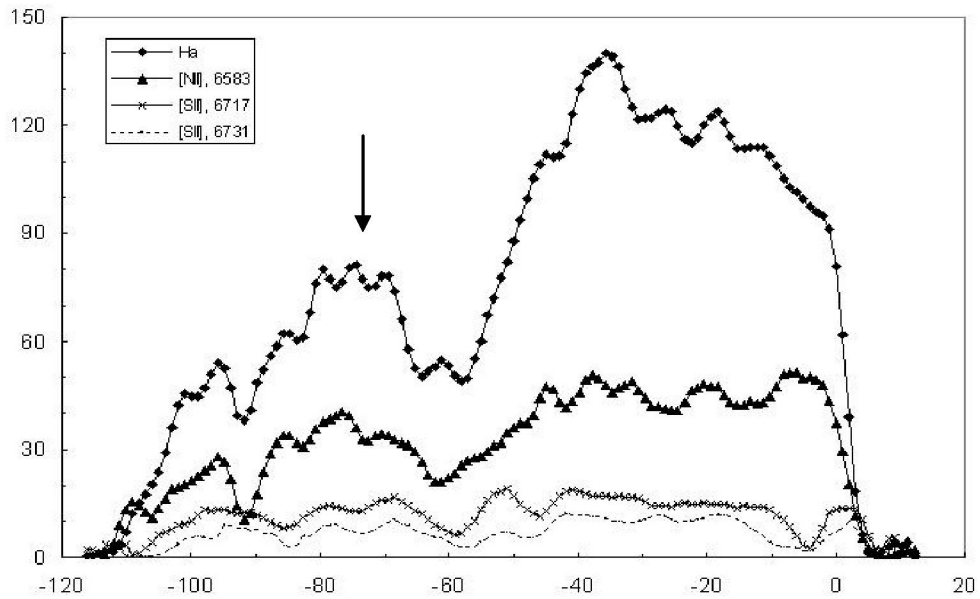


Рисунок 4 – Плотность потоков излучения в линиях H α , [NII],6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 4. Ось X – расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y представлена в шкале 10^{-16} эрг/см 2 сек (сек дуги) 2 Положение волокна – обозначено стрелкой

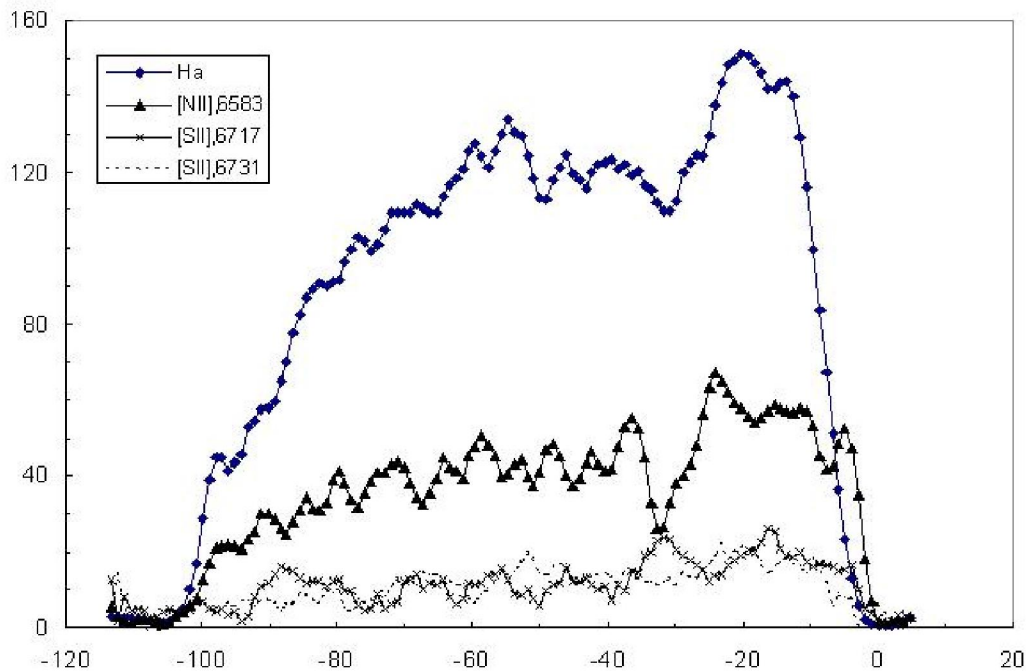


Рисунок 5 – Плотность потоков излучения в линиях H α , [NII],6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 5. Ось X –расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y представлена в шкале 10^{-16} эрг/см 2 сек (сек дуги) 2

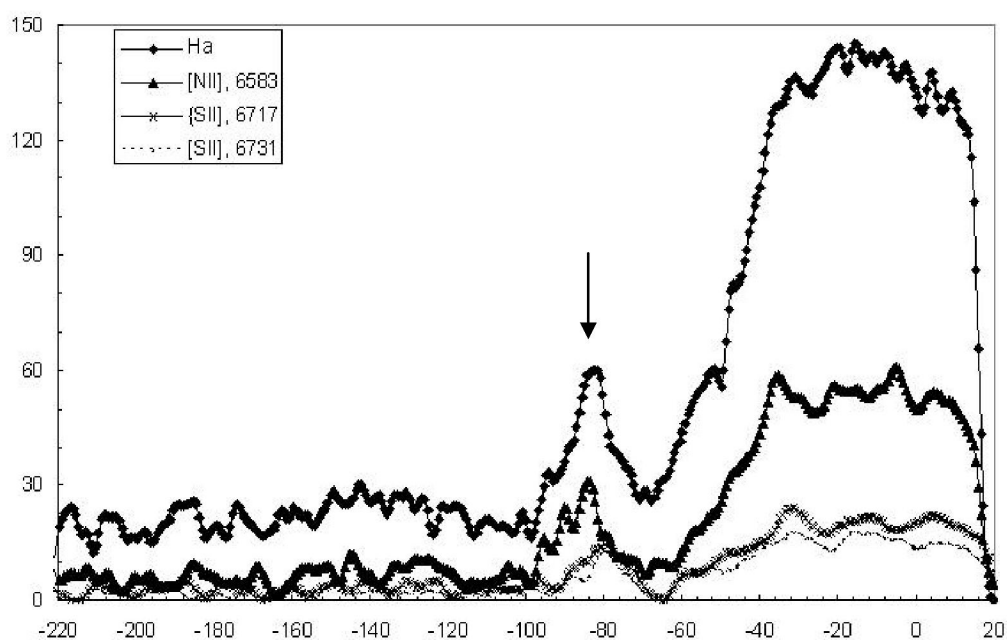


Рисунок 6 – Плотность потоков излучения в линиях H α , [NII],6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 6. Ось X –расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y представлена в шкале 10^{-16} эрг/см² сек (сек дуги)². Положение волокна – обозначено стрелкой

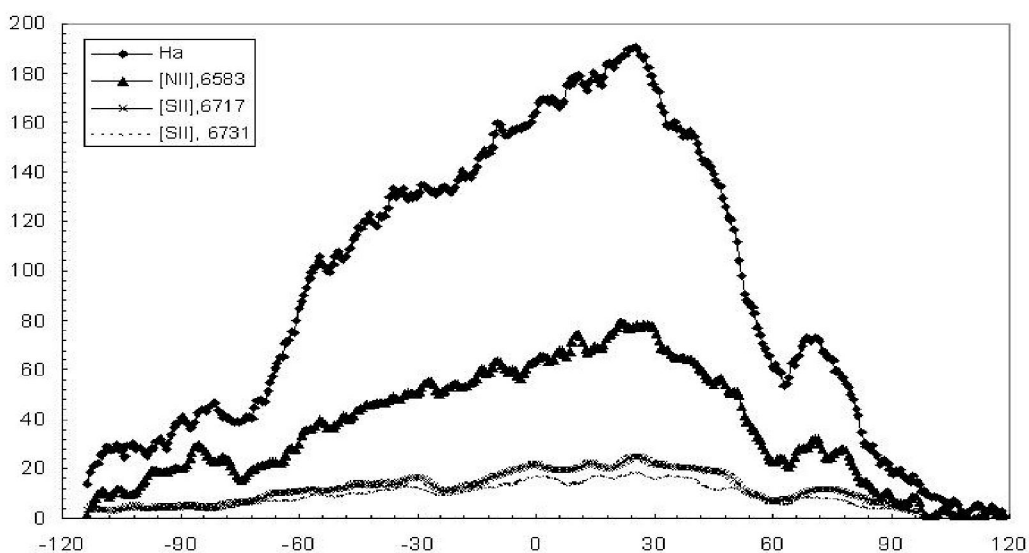


Рисунок 7 – Плотность потоков излучения в линиях H α , [NII],6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 7. Ось X –расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y представлена в шкале 10^{-16} эрг/см² сек (сек дуги)²

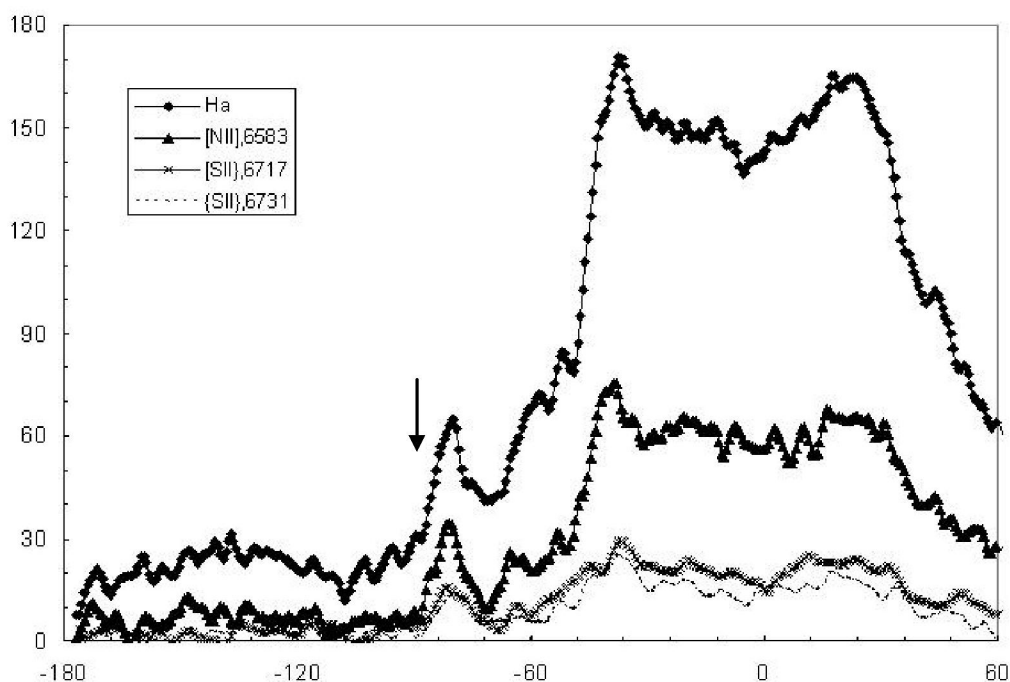


Рисунок 8 – Плотность потоков излучения в линиях H α , [NII], 6583, [SII], 6717, 6731A вдоль сечения 8. Ось X –расстояние относительно центральной звезды в угловых секундах. Ось Y представлена в шкале 10^{-16} эрг/см 2 сек (сек дуги) 2 . Положение волокна – обозначено стрелкой

На приведенных графиках можно заметить, что структурные детали на кривых распределения поверхностной яркости в линиях H α и [NII] практически идентичны. Истинные границы туманности видны на Рис.7. В остальных сечениях изображения справа обрезано входной щелью спектрографа. Сечения № 3 и № 7 проходят через центральную звезду в направлениях восток – запад и север – юг. Заметно, что максимумы излучения в линиях H α и [NII] смещены относительно центральной звезды на $\sim 25''$ и $30''$ соответственно. Отношение плотностей потоков в линиях $F(H\alpha)/F([NII], 6583)$ и $F(H\alpha)/F(6717+6731)$ составляет ~ 2.4 и 4, соответственно. Можно утверждать, что основным источником ионизации газа в туманности является ультрафиолетовое излучение центральной звезды. Электронная плотность N_e , рассчитываемая по отношению потоков излучения в линиях [SII] 6717A и 6731A, составляет в среднем по туманности $\sim 300 \pm 120$ см $^{-3}$. Полученные значения согласуются с ранними результатами работы [12] и в два раза меньше оценок, получены на радионаблюдений с разрешением 1-2' [1]. Спектральные характеристики туманности и электронная плотность газа соответствуют параметрам классических HII районов.

Эмиссионная деталь – волокно прослеживается в сечениях 2, 4, 6 и 8. Излучение всех эмиссионных линий в этой области примерно в 2.5 раза слабее чем в центре туманности, однако, отношения $F(H\alpha)/F([NII])$ и $F(H\alpha)/F(6717+6731)$ остаются прежними. Создается впечатление, что волокно является полноправной зоной туманности – ее продолжением на периферии, но почему-то отделенной от нее. В статье [5] приводятся данные наблюдений зон звездообразования в инфракрасном диапазоне. В направлении на CED 90 авторы обнаружили джеты молекулярного газа. Положение первого джета совпадает со слабой светлой дугой на западе от центральной звезды. Второй расположен как раз в направлении на область, отделяющую волокно от туманности. Возможно, наблюдаемое волокно является результатом случайной проекции на луч зрения темного фрагмента молекулярного газа. (на рисунке 1 – негативе изображения, он должен выглядеть, как светлое пятно).

Работа выполнена по проекту «Исследование физических процессов в областях звездообразования и околяядерных зонах активных галактик»

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mallick K. Ojha D. Star forming activity in the galactic HII region SH-297 // arXiv:1209.3402 v1. 2012.
- 2 Felli M., Harten R. A High Resolution Search for Small-Scale Structure in Sharpless HII Regions at 4.995-GHZ - Part Three – Description of Selected Sources // A&A. 1981. 100. 42-47.
- 3 Bica E., Dutra, C. M., Soares, J. et al. New infrared star clusters in the Northern and Equatorial Milky Way with 2MASS // A&A. 2003. – 404. 223.
- 4 Forbeich J., Schreyer K., Posselt B., et al. An extremely young massive stellar object near IRAS 07029-1215 // ApJ. 2004. – 602. 843 – 849.
- 5 Forbrich J., Stanke Th., Klein R., et al. A multi-wavelength study of a double intermediate-mass protostar-from large-scale structure to collimated jets // arXiv:0809.5048v2. 2008.
- 6 Tjin Djin H., van den Ancker M., Blondel P., et al. The stellar composition of the star formation region CMa R1 – II. Spectroscopic and photometric observations of nine young stars // MNRAS. 2001. – 375. 1441 -1457.
- 7 Weaver, H., & Williams, D. R. W. The Berkeley Low-Latitude Survey of Neutral Hydrogen Part II. Contour Maps // A&AS. 1974. – 17. 1.
- 8 Herbst, W., Racine, R., & Warner, J. W. Optical and infrared properties of the newly formed stars in Canis Major R1 // ApJ. 1978. – 223. 471.
- 9 Shevchenko, V. S., Ezhkova, O. V., Ibrahimov, M. A., et al. The stellar composition of the star formation region CMa R1 - I. Results from new photometric and spectroscopic classifications // MNRAS., 1999. – 310. 210.
- 10 Reynolds, R. J., & Ogden, P. M. Fabry-Perot observations of a large, expanding gas shell associated with Canis Major R1 and Canis Major OB1 // ApJ. 1978. – 224. 94.
- 11 Gregorio-Hetem O. The Canis Major Star Forming Region // Handbook of Star Forming Regions. 1008. 2. 1-25.
- 12 Курчаков А.В. Фотометрические и спектральные исследования туманности Сед 90 // Известия МН-АН РК. 1997. – 4. 123 – 127.
- 13 Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н. Спектрофотометрический каталог звезд Алма-Ата. 1988.

REFERENCES

- 1 Mallick K. Ojha D. *arXiv:1209.3402 v1. 2012.*
- 2 Felli M., Harten R. *A&A. 1981.* – 100. 42-47.
- 3 Bica E., Dutra, C. M., Soares, J. et al. *A&A. 2003.* – 404. 223.
- 4 Forbeich J., Schreyer K., Posselt B., et al. *ApJ. 2004.* – 602. 843 – 849.
- 5 Forbrich J., Stanke Th., Klein R., et al. *arXiv:0809.5048v2. 2008.*
- 6 Tjin Djin H., van den Ancker M., Blondel P., et al. *MNRAS. 2001.* – 375. 1441 -1457.
- 7 Weaver, H., & Williams, D. R. W. *A&AS. 1974.* – 17. 1.
- 8 Herbst, W., Racine, R., & Warner, J. W. *ApJ. 1978.* – 223. 471.
- 9 Shevchenko, V. S., Ezhkova, O. V., Ibrahimov, M. A., et al. *MNRAS., 1999.* – 310. 210.
- 10 Reynolds, R. J., & Ogden, P. M. *ApJ. 1978.* – 224. 94.
- 11 Gregorio-Hetem O. *Handbook of Star Forming Regions. 2008.* – 2. 1-25.
- 12 Kurchakov A. *Izvestiya MS –AS RK . 1997.* – 4. 123 – 127 (in Russian).
- 13 Kharitonov A., Tereschchenko V., Knyazeva L. *Spectrophotometric Catalog of stars Alma-Ata. 1988* (in Russian).

Резюме

Л. Н. Кондратьева¹, Ф. Қ Рспаев², Е. К. Аймұратов³

(«В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы қ.)

CED 90 ТҰМАНДЫҒЫ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ИОНДАЛУЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты: CED 90 тұмандығы құрылымының иондалуын зерттеу, газдың иондалу механизімін анықтау және талшық тәрізді құрылымның пайда болу себебін табу.

Зерттеу әдісі: Спектрографтың кіретін саңылауынан объектінің әртүрлі орналасуының спектрлік бақылаулары. Иондалудың әртүрлі аймақта таралуының жалпы суретін алу үшін таңдап алынған қиманың эмиссиялық сызықтар ағынының абсолютті калибровкасы.

Жұмыстың нәтижесі: Тұмандықтағы әртүрлі эмиссиялық сызықтардағы сәулелену ағынын тығыздығының таралуы туралы мәліметтер алынды.

Қолдану аймағы Алынған мәліметтер зерттелетін объектінің бақыланатын құрылымын түсіндіретін, модельдерді есептеу үшін қолдануға болады.

Тұжырымдама: Тұмандықтардың ішкі аймағындағы күрделі құрылымы болатындығы расталады. Тұмандықтың оңтүстік-батыс аймағында бақыланатын, эмиссиялық талшықтар, осы аймаққа молекулярлық джеттің проекциялануы нәтижесінде болады.

Кілт сөздер: жұлдызаралық орта; HII аймағы; дербес объектілер – Ced 90.

Summary

L. Kondratyeva¹, F. Rspaev², E. Aimuratov³

(Fessenkov Astrophysical Institute, Almaty)

STUDY OF IONIZATION STRUCTURE OF THE NEBULA CED

Aim: To study of ionization structure of the nebula CED 90, to determine a mechanism of gas ionization and to found out the nature of an emission arch in the southeast of the nebula.

Research method: Spectral observations with the different positions of an entrance slit of spectro-graph. An absolute calibration of the emission line fluxes in the chosen sections In order to obtain the general picture of distribution of the different ionization zones.

Results: Distribution of the flux density for different emission lines is obtained.

Applications: Obtained data may be used for the modeling of the observable structure of the object..

Conclusions: The complex structure of the inner regions of the nebula was confirmed. The emission arch, observable in southwest area of the nebula is consequence of molecular jet projection to this zone.

Key words: Interstellar matter, HII regions; individual objects- CED 90.