

(ДТОО «Астрофизический институт им. Фесенкова», Алматы, Республика Казахстан)

ИОНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ТУМАННОСТИ NGC 6857

Аннотация

Цель работы: Исследовать ионизационную структуру туманности NGC 6857: определить размеры и положение зон формирования эмиссионных линий разной степени ионизации.

Методы исследования: Проводились спектральные наблюдения объекта при разных положениях входной щели спектрографа. Выполнялась абсолютная калибровка интенсивностей 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. Центральная зона, в которой наблюдается дефицит всех элементов, могла сформироваться под воздействием звездного ветра горячей центральной звезды.

Ключевые слова: межзвездная среда; HII области; индивидуальные объекты – NGC 6857.

Тірек сөздер: жұлдызаралық орта; HII аймағы; NGC 6857 – жекешеленген объекті.

Keywords: interstellar matter; HII regions; individual objects: NGC 6857.

1. Введение. NGC 6857 = Min1-98 – это эмиссионная туманность с размерами 10'x10', первоначально она относилась к классу планетарных туманностей. Наблюдения [1-4] показали присутствие молекул OH и H₂CO в направлении на объект и оптический спектр низкого возбуждения. Было установлено, что NGC 6857 является компактным HII-районом, расположенным в протяженном облаке ионизованного водорода Sh2-101, которое в свою очередь составляет часть гигантского газопылевого комплекса W58. В нем обнаружено большое количество точечных источников инфракрасного излучения, компактных и ультракомпактных HII областей и зон современного звездообразования.

Расстояние до объекта NGC 6857 $D=8.6$ крс совпадает со значениями, полученными для ярких O и B звезд комплекса, что подтверждает их генетическую связь [5].

Как правило, области звездообразования вызывают повышенный интерес исследователей. Именно по этой причине активные наблюдения всего газопылевого комплекса и входящей в него туманности NGC 6857 проводились неоднократно в радио и инфракрасном диапазонах [5-10]. В оптическом диапазоне длин волн этот объект оказался малоизученным. Мы нашли данные о средних для туманности значениях интенсивностей эмиссионных линий в Каталоге Калера [11] со ссылками на работы [12, 13], а также оценки поверхностной яркости туманности $S(H\beta) = 4.3 \pm 0.3 \times 10^{-13} \text{ ergs cm}^{-2} \text{ s}^{-1} (\text{arcsec})^{-2}$, исправленные за поглощение [12]. Коэффициенты межзвездного поглощения: $A_V=2^m$, 4^m и $4^m.2$ получены в работах [9, 12, 5] соответственно. Сложная структура туманности наглядно представлена на рисунке 1. В лучах линий $H\alpha + NII$ плотная центральная зона по внешнему виду напоминает биполярную туманность. Она окружена внешним кольцом, имеющим клочковатую структуру. Оно прослеживается также в лучах линий $[SII]$, но наиболее заметными деталями второго изображения являются волокно, расположенное на западной границе туманности и темный «провал» на юго-западе от центральной звезды.

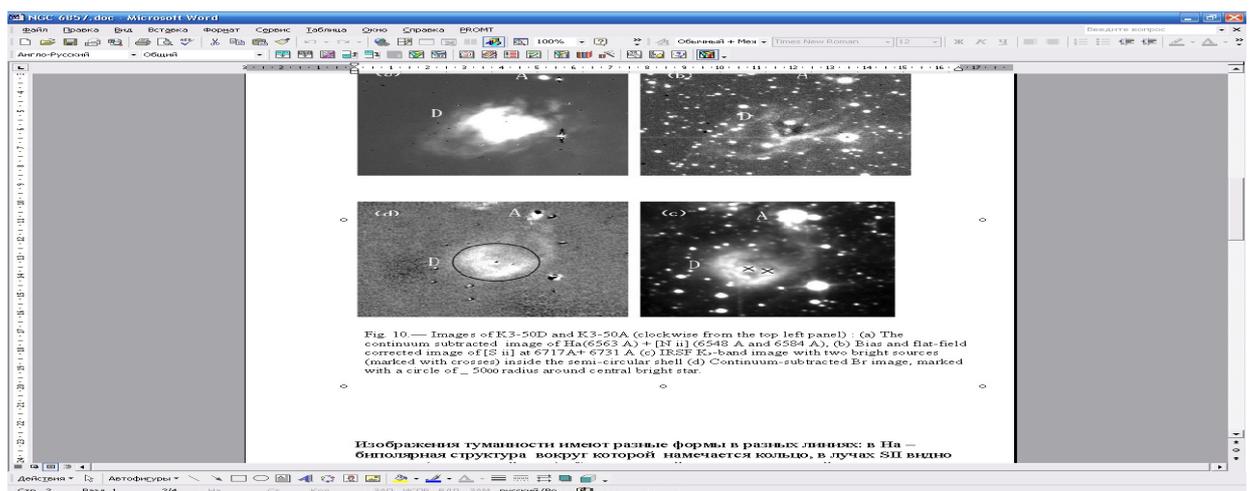


Рисунок 1 – Изображения туманности NGC 6857:

(левая панель) – в лучах $H\alpha+NII$ и (правая панель) – в лучах $[SII]$ из [5]

Мы провели спектральные исследования в разных сечениях туманности NGC 6857 для того, чтобы определить размеры и расположение зон ионизации разных элементов.

2. Наблюдения и обработка результатов. Спектральные наблюдения выполнялись на двух телескопах. На телескопе АЗТ-8 использовался дифракционный спектрограф, установленный в фокусе кассегрена и предназначенный для исследования слабых эмиссионных объектов. Приемником излучения служит CCD камера ST-8 (1530x1020, 9μ). Спектрограммы с дисперсией 0.75 Å/пиксель охватывают $\sim 1200 \text{ Å}$ в диапазонах длин волн $\lambda\lambda 4000 - 5200 \text{ Å}$ и $\lambda\lambda 6100 - 7300 \text{ Å}$. Часть наблюдений была выполнена на 1-метровом телескопе фирмы Карл-Цейсс Йена со спектрографом UAGS. Спектрограммы с дисперсией 0.5 Å/пиксель покрывают два диапазона: $\lambda\lambda 4400 -$

5200Å и $\lambda\lambda$ 6100 – 6900Å. В проекции на небо рабочая ширина щели соответствует 4".5 – 5".0. Для абсолютной калибровки потоков излучения использовались спектрограммы стандартных звезд, полученные с широкой щелью (10"). Стандарты выбирались с таким расчетом, чтобы в момент наблюдений они располагались на тех же зенитных расстояниях, что и объект исследования. Первичная обработка спектрограмм состояла из стандартных процедур: учета «тем-нового шума», ошибки поля, атмосферной экстинкции. Спектры стандартной звезды использовались также для учета спектральной чувствительности используемой аппаратуры. Спектрограммы туманности NGC 6857 получены в нескольких выбранных сечениях (положениях входной щели спектрографа), они представлены на рисунке 2.

Процедура последующей обработки состояла из нескольких этапов.

1. Измерение спектрограмм туманности, полученных с входной щелью 4".5 – 5".0, определение средних интенсивностей эмиссионных линий и их распределения вдоль данного сечения.

2. Вычисление плотности потоков излучения эмиссионных линий вдоль выбранных сечений (в относительных единицах).

3. Обработка спектрограмм стандартной звезды, полученных с широкой щелью. Наблюдаемое распределение энергии излучения звезды в непрерывном спектре в зависимости от длины волны.

4. Калибровка значений плотности потоков излучения эмиссионных линий вдоль выбранных сечений – переход к энергетической шкале ($\text{эргс}^{-2}\text{сек}^{-1}$ (угл. сек^{-2})).

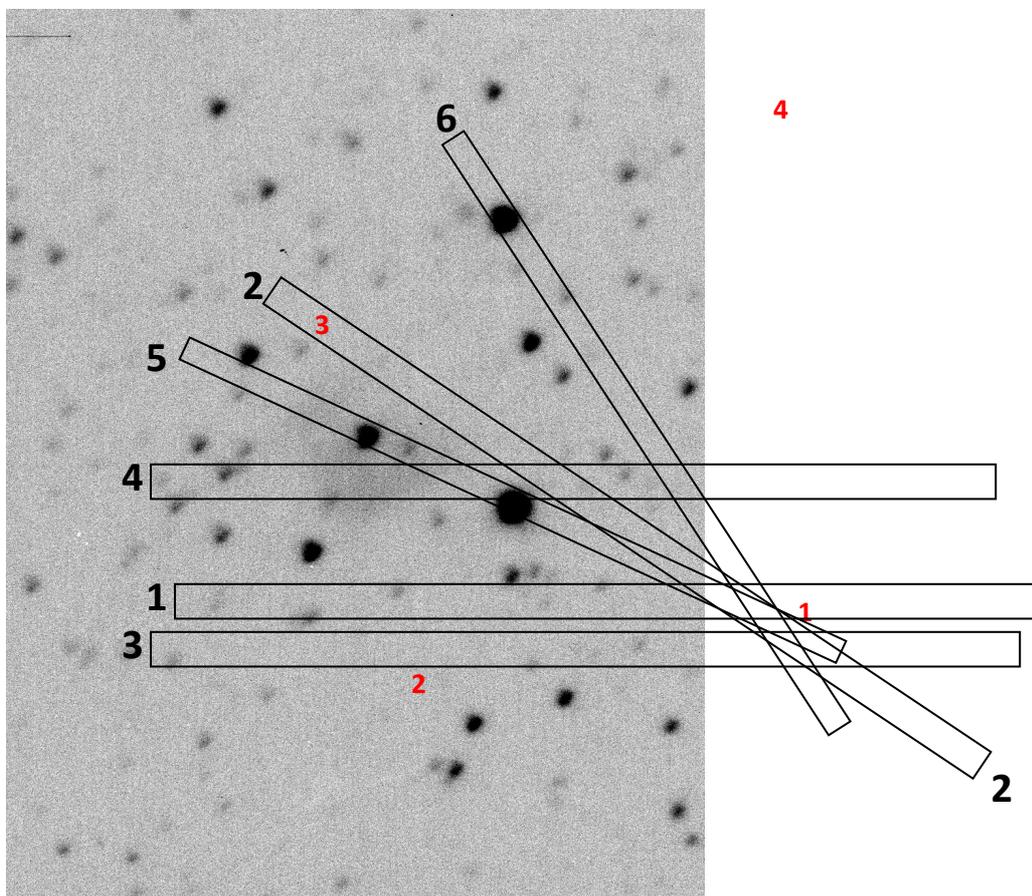


Рисунок 2 – Карта туманности NGC 6857 и положения сечений.

Слева указаны их номера. Кроме того, на карте даны номера опорных звезд

Полученные результаты приведены на рисунках (3-10). Каждый из них содержит графики рас-пределения потоков излучения на квадратную секунду дуги в эмиссионных линиях вдоль сечения. Данные приведены для эмиссионных линий $H\alpha$, $H\beta$, [NII], 6583Å, [OIII], 4959, 5007Å, [SII], 6717, 6731Å, HeI, 6678Å, [OI], 6300Å. На каждом графике указан номер сечения и обозначены соот-ветствующие эмиссионные линии.

На основе полученных данных определены характеристики зон излучения эмиссионных линий разной степени ионизации и получены следующие результаты.

- Область ионизованного водорода имеет внешние размеры $\sim 90'' \times 80''$ (Сечения 2, 3, 4 и 6), южная часть превосходит северную по поверхностной яркости \sim в 1.5 раза. Вокруг центральной звезды существует своеобразный «провал» – зона пониженной поверхностной яркости с размерами $\sim 7'' \times 10''$, причем центр этой внутренней зоны несколько смещен к юго-западу относительно центральной звезды (Сечения 4 и 5). Область максимальной поверхностной яркости ($S \sim 4.5 \cdot 10^{-14}$ эрг см⁻² сек⁻¹ (сек дуги)⁻²) имеет внутренний диаметр $\sim 25''$ и также смещена к юго-западу относительно центральной звезды.

- Зона формирования эмиссии HeI имеет размеры $\sim 40'' \times 50''$ с центральной областью низкой поверхностной яркости диаметром $\sim 10''$ (Сечения 4 и 5). Максимальное значение плотности потока в линии HeI, 6678Å составляет $\sim 8.5 \cdot 10^{-16}$ эрг см⁻² сек⁻¹ (сек дуги)⁻².

- Зона [OIII] имеет размеры $\sim 70'' \times 80''$, области максимальной интенсивности ($\sim 2 \cdot 10^{-14}$ эрг $\text{см}^{-2}\text{сек}^{-1}(\text{сек дуги})^{-2}$) образуют эллипс ($40'' \times 15''$), с большой осью в направлении северо-восток – юго-запад.

- Зона излучения линий [SII], 6717, 6731 Å простирается на расстояния $\sim 40''$ - $50''$ от центра, совпадая по размерам и положению с областью ионизованного водорода. Максимальная интенсивность наблюдается в Сечении 1, проходящем через волокно (рисунок 2). Соответствующая плотность потока составляет $1.3 \cdot 10^{-14}$ эрг $\text{см}^{-2}\text{сек}^{-1}(\text{сек дуги})^{-2}$.

Итак, результаты спектральных исследований туманности NGC 6857 показали, что около центральной звезды существует своеобразная полость с пониженным содержанием всех регистрируемых элементов. При расстоянии до объекта $D = 8.6$ кпс размеры этой области ($\sim 10'' \times 10''$) соответствуют ~ 0.4 пс. Подобная зона с дефицитом газа могла сформироваться под действием звездного ветра горячей центральной звезды. При скоростях звездного ветра 500 – 1000 км сек^{-1} на это потребовалось ~ 700 – 350 лет. Наблюдаемое смещение зоны относительно центральной звезды, возможно, связано с неоднородным распределением газа в окрестностях звезды. Электронная плотность газа составляет: в центре < 100 см^{-3} , на расстоянии $10''$ – $20''$ от центральной звезды до 200 см^{-3} . Максимальное значение электронной плотности ~ 600 см^{-3} измерено в волокне (Сечение 3). Оценки поглощения дают следующие результаты: $A_v = 3^m.5$ - 4^m вблизи центральной звезды и увеличивается к границам туманности до $A_v = 5^m.5$ - 6^m .

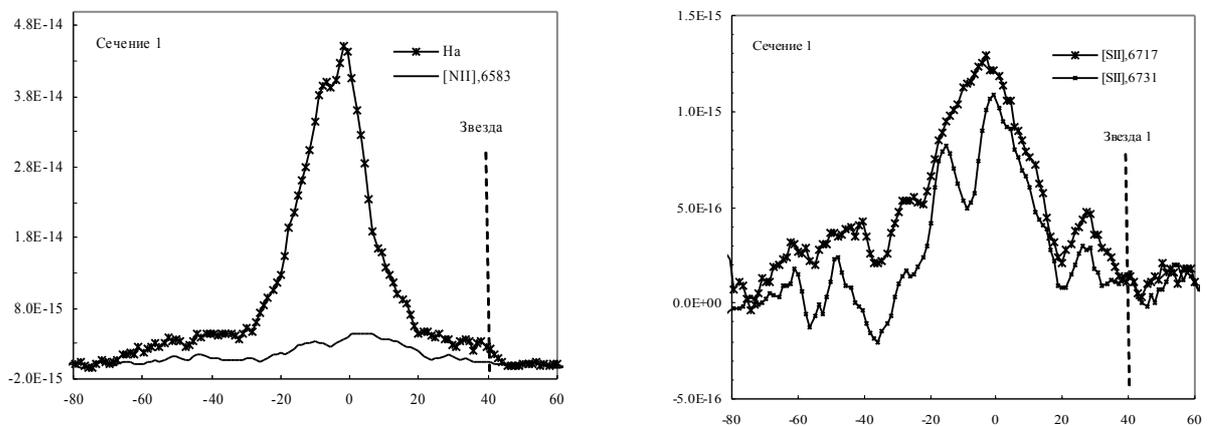


Рисунок 3 – Сечения 1 и 2. Ось X соответствует шкале расстояний вдоль туманности в угловых секундах, нуль пункт совпадает с положением центральной звезды.

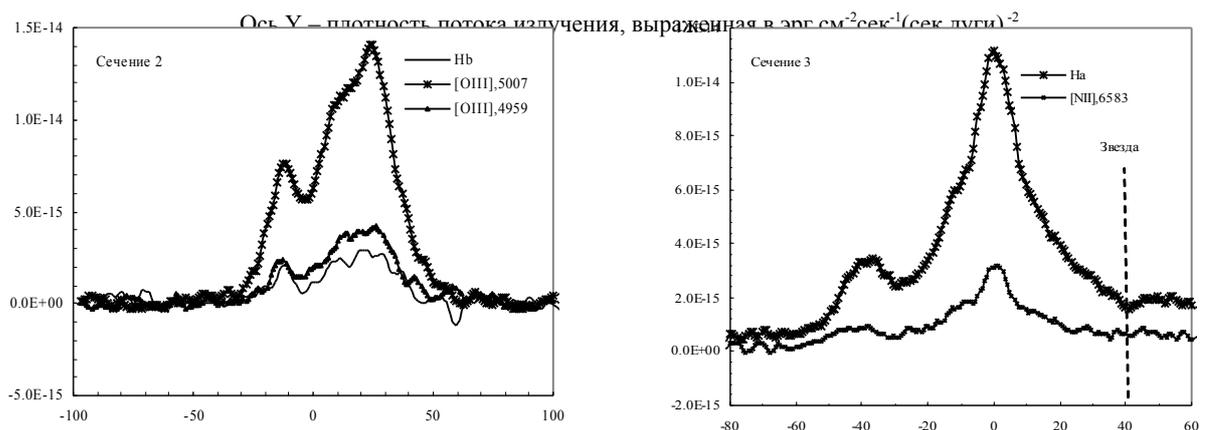


Рисунок 4 – Сечения 2 и 3. Ось X соответствует шкале расстояний вдоль туманности в угловых секундах.

Ось Y – плотность потока излучения, выраженная в эрг $\text{см}^{-2}\text{сек}^{-1}(\text{сек дуги})^{-2}$

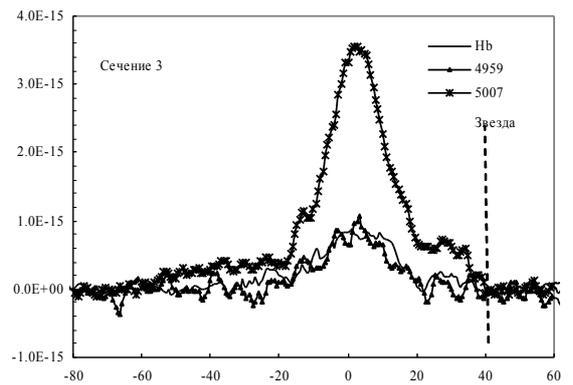
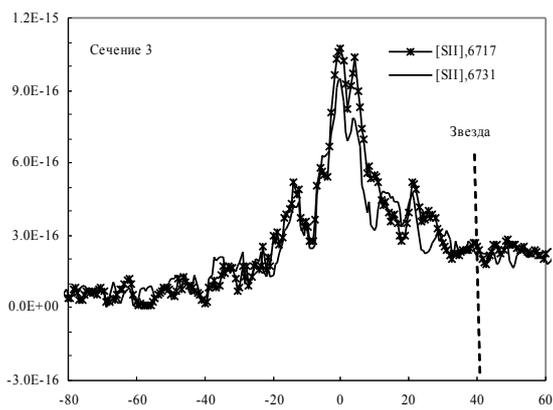


Рисунок 5 – Сечения 3. Ось X соответствует шкале расстояний вдоль туманности в угловых секундах. Ось Y – плотность потока излучения, выраженная в $\text{эрг см}^2\text{сек}^{-1} (\text{сек.дуги})^{-2}$

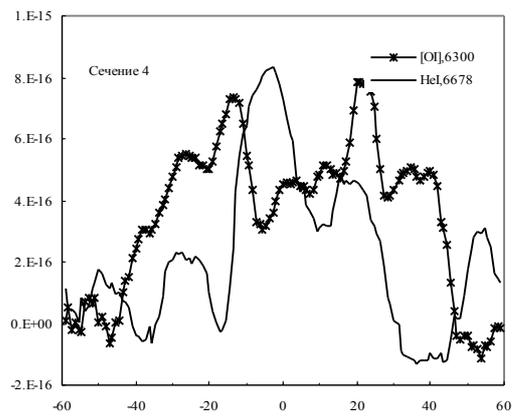
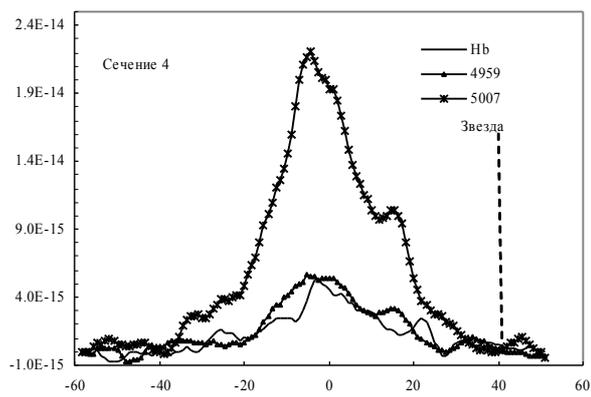


Рисунок 6 – То же, что на рисунках 3 – 5, но для Сечения 4

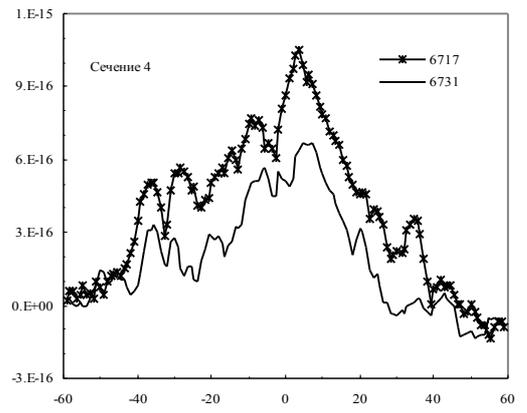
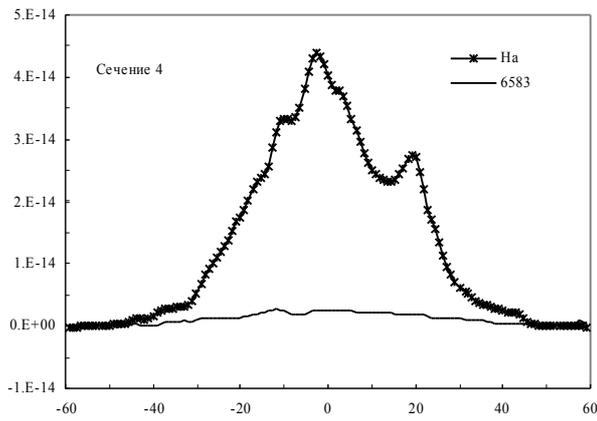


Рисунок 7 – То же, что на рисунках 3 – 5, но для Сечения 4

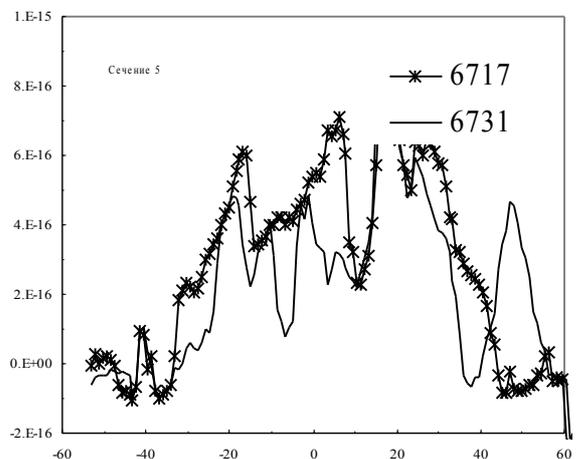
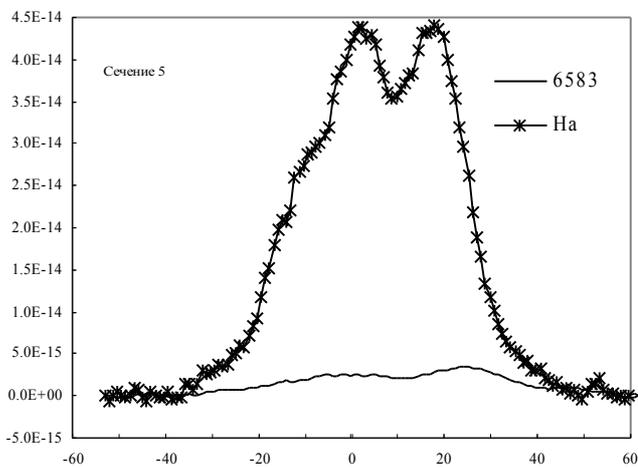


Рисунок 8. То же, что на рисунках 3 – 5, но для Сечения 5.

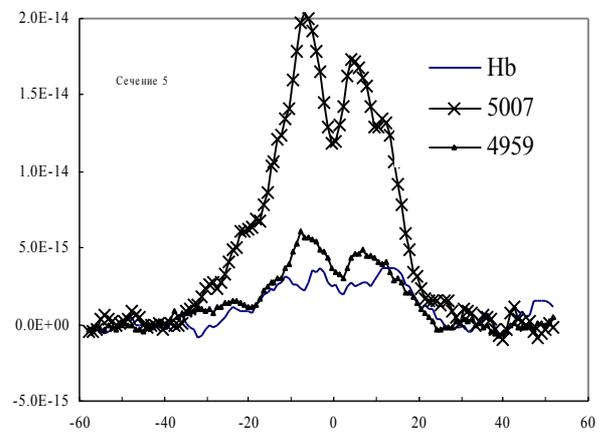
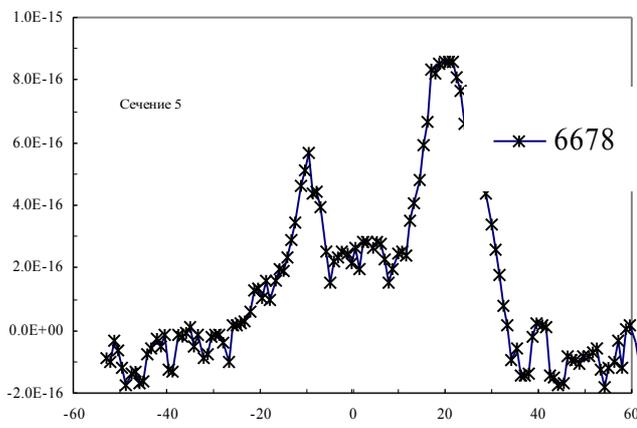


Рисунок 9 – То же, что на рисунках 3 – 5, но для Сечения 5

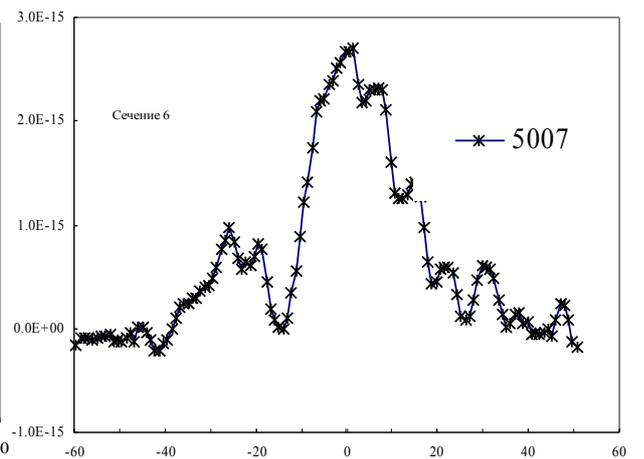
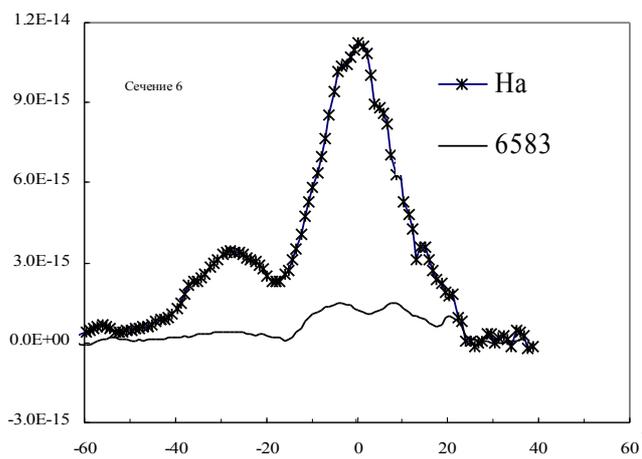


Рисунок 10 – То же, что на рисунках 3 – 5, для Сечения 6

Работа выполнена по проекту «Исследование физических процессов в областях звездообразования и око-лоядерных зонах активных галактик».

ЛИТЕРАТУРА

1 Rubin R.H., & Turner B.E. Radio Observations of the Nebulae K3-50 and NGC 6857 // ApJ. – 1969. – Vol. 157. – L41.

2 Rubin Turner Observations of Compact H II Regions with Optical Counterparts // ApJ. – 1971. – Vol. 165. – P. 471.

3 Zuckerman B., Buhl D., Palmer P., Snyder L.E. Observations of Interstellar Formaldehyde // ApJ. – 1970. – Vol. 160. – P. 485.

4 Chaisson E.J., Goad L.E. Low-Energy X-Rays Ruled Out as Interstellar Ionizing Mechanism Toward K3-50 // ApJ. – 1972. – Vol. 171. – L61.

5 Samal M., Pandey A., Ojha D., et al. A multiwavelength study of star formation in the vicinity of galactic H II region Sh 2-100 // Ap J. – 2010. – Vol. 714. –P. 1015.

6 Peeters E., Tielens A. et al. The prominent dust emission feature near 8.9 μm in four H II regions // *Ap J.* – 2005. – Vol. 620. – P. 774-785.

7 Okamoto Y., Kataza H., Yamashita T. et al. K3-50A: an ultracompact H II region ionized by a massive stellar cluster // *ApJ.* – 2003. – Vol. 584. –P. 368.

8 Howard E., Pipher J., Forrest W. et al. A near-infrared study of the K3-50 region of high-mass star formation // *ApJ.* – 1996. – Vol. 460. – P. 744.

9 Roelfsema P.R., Goss W.M., Geballe T.R. Infrared and radio recombination line observations of K3-50 // *A&A.* – 1988. – Vol. 207. – P. 132.

10 Balser D., Goss W., De Pree E C. VLA High –sensitivity 4He imaging of galactic H II regions // *AJ.* – 2001. – Vol. 121. – P. 371.

11 Kaler J. A catalog of relative emission line intensities observed in planetary and diffuse nebulae // *ApJSS.* – 1976. – Vol. 31.

12 Persson S.E., Frogel J.A. Spectrophotometric observations of the compact HII regions K3-50 and of NGC 6857 // *ApJ.* – 1974. – Vol. 188. – P. 523.

13 Воронцов-Вельяминов Б.А., Костякова Е.Б., Докучаева О. // *АЖ.* – 1965. – Т. 42. – С. 730.

REFERENCES

1 Rubin, R. H., & Turner, B. E. *ApJ*, **1969**, 157, L41.

2 Rubin Turner *ApJ*, **1971**, 165, 471.

3 Zuckerman, B., Buhl, D., Palmer, P., & Snyder, L. E. *ApJ*, **1970**, 160, 485.

4 Chaisson, E. J., & Goad, L. E. *ApJ*, **1972**, 171, L61.

5 Samal M., Pandey A. and Ojha D., et al. *Ap J*, **2010**, 714, 1015.

6 Peeters E., Tielens A. et al. *Ap J*, **2005**, 620, 774-785.

7 Okamoto Y., Kataza H., Yamashita T. et al. *ApJ*, **2003**, 584, .368.

8 Howard E., Pipher J., Forrest W. et al. *ApJ*, **1996**, 460, 744.

9 Roelfsema P. R., Goss, W. M., & Geballe, T. R *A&A*, **1988**, 207, 132.

10 Balser D., Goss W., De Pree E C. *AJ*, . **2001**, 121, 371.

11 Kaler J. *ApJSS*, **1976**, 31.

12 Persson S. E., & Frogel, J. A. *ApJ*, **1974**, 188, 523.

13 Vorontsov-Velyaminov B., Koctyakova E., Dokuchaeva O. *AZh*, 1965, 42, 730 (in Russian).

Резюме

А. В. Курчаков, А. В. Андреев, Л. Н. Кондратьева, Ф. К. Рыспаев

(«Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан Республикасы)

NGC 6857 ТҰМАНДЫҒЫНЫҢ ИОНДАЛҒАН ҚҰРЫЛЫМЫ

Жұмыстың мақсаты: NGC 6857 тұмандықтың иондалған құрылымын зерттеу: әртүрлі дәрежедегі иондалған эмиссиялық сызықтардың жасалу аумағының орнын және өлшемін анықтау.

Зерттеудің әдістері: спектрографтың кіретін саңылауының әртүрлі орындары бойынша объектінің спектрлік бақылаулары жүргізілді. Иондалатын аумақтың әртүрлі таралуының жалпы суретін алу үшін таңдап алынған қиылыстардың эмиссиялық сызықтарының қарқындылығының абсолютті калибровкасы орындалды.

Жұмыстың нәтижелері: тұмандықтардың әртүрлі эмиссиялық сызықтарының сәулелену ағынының тығыздығының таралуы туралы мәліметтер алынды.

Қолдану аймағы: Алынған мәліметтерді зерттелетін объектінің бақыланатын құрылымын түсіндіретін моделі есептеу үшін қолдануға болады. Зерттелетін объектінің бақыланатын құрылымы түсіндірілетін, моделін есептеу үшін, алынған мәліметтерді қолдануға болады.

Тұжырым: Тұмандықтың ішкі аймақтарының құрылымы күрделі болатындығын дәлелдейді. Орталық аумақ, аз кездесетін бақыланатын барлық элементтер, орталық ыстық жұлдыздың, жұлдызды желдің әсерінен пайда болуы мүмкін.

Тірек сөздер: жұлдызаралық орта; III аймағы; NGC 6857 – жекешеленген объектілері.

Summary

A. V. Kurchakov, A. V. Andreev, L. N. Kondratyeva, F. K. Rspaev

(D TOO «Fesenkov Astrophysical Institute», Almaty, Republic of Kazakhstan)

IONIZATION STRUCTURE OF THE NEBULA NGC 6857

Aim: Study of ionization structure of the nebula: determination of the sizes and position of zones, in which the emission lines of the different ionization degrees are formed.

Methods: Spectral observations with the different slit position were carried out. An absolute calibration of the emission-line fluxes in the chosen cross sections was done in order to obtain the whole representation about distribution of the ranges of different ionization degrees

Results: The density fluxes distribution within the nebula for the different emission lines are 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 central hole with a deficit of any gas may be formed under the stellar wind of the central star.

Keywords: interstellar matter; HII regions; individual objects: NGC 6857.

Поступила 2.09.2013г.