

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 309 (2016), 22 – 28

UDK 524.335

L. Kondratyeva, F. Rspaev, Ye. Aimuratov

“V.G. Fesenkov Astrophysical Institute” SLLP, Almaty, Kazakhstan

lu_kondr@mail.ru

VARIABILITY OF THE PLANETARY NEBULA M1-65

Abstract. The results of the spectral observations of the young planetary nebula M1-65 during 1971 – 2015 are presented in this paper. Dynamic age of the nebula is about 5000 years. The low-excitation lines are concentrated along the external borders of the envelope and in two dense bubbles. In accordance with our data ionization degree of these zones did not change during the researched period. The internal zone differs in smaller density of gas; its degree of ionization can be estimated with relative intensities of [OIII] and HeI lines. The sharp reduction of the ratio $I(5007) / I(H\beta)$ took place in 1972-1973. Probably, it was caused by outflow of additional fragments of gas, which shielded ionizing radiation of the central star. The next years, a degree of ionization of gas in the central zone gradually has been raised. During 2004 – 2015 reduction of the absolute fluxes of radiation in all emission lines has been registered. This observable effect is most likely connected with increase of absorption on the line of sight. Presence of dust in the environment of the nebula was proved by infrared researches.

Keywords: young planetary nebulae, individual objects – M1-65.

УДК 524.335

Л.Н. Кондратьева, Ф.К. Рспаев, Е.К. Аймуратов

ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова», г. Алматы, Казахстан

ПЕРЕМЕННОСТЬ ПЛАНЕТАРНОЙ ТУМАННОСТИ M1-65

Аннотация. В статье представлены результаты спектральных наблюдений молодой планетарной туманности M1-65 в 1971 – 2015 гг. Динамический возраст туманности составляет ~ 5000 лет. Линии низкого возбуждения сосредоточены вдоль внешней границы оболочки и в двух плотных глобулах. По нашим данным степень ионизации этих областей практически не менялась в течение исследуемого периода. Внутренняя зона отличается меньшей плотностью газа, степень ионизации можно оценить по относительным интенсивностям линий [OIII] и HeI. В 1972-1973 гг произошло резкое уменьшение отношения $I(5007)/I(H\beta)$, возможно, вызванное выбросом дополнительных фрагментов газа, которые частично экранировали ионизирующее излучение центральной звезды. В последующие годы, степень ионизации газа в центральной зоне постепенно повышалась. В течение 2004 – 2015 гг наблюдается уменьшение абсолютных потоков излучения во всех линиях. Этот наблюдательный факт, скорее всего, связан с изменением, а точнее – с увеличением поглощения на луче зрения. Присутствие пыли в окрестностях туманности подтверждается исследованиями в инфракрасном диапазоне.

Ключевые слова: молодые планетарные туманности, индивидуальные объекты – M1-65

Введение

Теория эволюции планетарных туманностей в целом разработана довольно давно. Она удовлетворительно описывает этапы, через которые проходят объекты в процессе своего развития. Среднее время жизни планетарной туманности составляет порядка 10000 лет. Известно, что в

процессе эволюции эффективная температура центральной звезды повышается от 20000К до 100000 – 150000К, при этом газовая оболочка постепенно расширяется, что приводит к уменьшению плотности составляющего ее газа. Изменения мощности и температуры ионизирующего излучения центральной звезды, а также структурные изменения оболочки отражаются на характере эмиссионного спектра туманности. Однако эти изменения происходят очень медленно. Можно оценить изменения физических характеристик туманности, которые произойдут, например за 40 -50 лет. Так, при реальных значениях скорости расширения оболочки $\sim 10 - 30$ км/сек, за период 40 – 50 лет плотность газа в туманности уменьшится на 1 – 4%, что практически не отразится на излучении туманности. Иными совами, согласно теории, при расширении однородной сферической оболочки, нельзя ожидать каких-либо ощутимых перемен в течение 40 или даже 100 лет. Интрига состоит в том, что на практике, наблюдения молодых планетарных туманностей выявляют реальные, достаточно быстрые изменения потоков излучения в линиях и степени ионизации спектра в целом [1,2]. В АФИФ в 1970 – 1975гг проводились спектральные наблюдения большой группы планетарных туманностей. Сравнение современных данных с ранее полученными результатами позволяет выявить изменения в ионизационной структуре исследуемых объектов на достаточно длинном временном интервале. В данной работе речь пойдет о планетарной туманности М1-65.

1. Наблюдения и обработка результатов.

Ранние наблюдения планетарной туманности М1-65 выполнялись в 1970 – 1975гг на телескопе АЗТ-8 с диаметром зеркала 70см. Использовался дифракционный спектрограф оригинальной конструкции, оснащенный на выходе электронно-оптическим преобразователем (ЭОП УМ-92). Изображения регистрировались на астрономическую фотоэмульсию типа А-600. Подробное описание аппаратуры и методов обработки снимков, полученных с ЭОПом, можно найти в работе Денисюка [3]. Хочется подчеркнуть, что используемая аппаратура, обладала высокой чувствительностью, что позволяло получать подробные спектрограммы объектов $14^m - 16^m$.

Вторая серия наблюдений проводится сейчас на том же телескопе и с тем же спектрографом. В качестве приемника излучения используется ССД камера ST-8 (1530x1020, 9 μ m). Она имеет ряд преимуществ по сравнению с ЭОПом, однако существенно уступает в чувствительности. Именно поэтому на современных спектрограммах слабых объектов удается измерять только наиболее сильные эмиссионные линии.

На данном этапе изменилась и методика наблюдений. Спектрограммы исследуемого объекта получаются с узкой (2" – 3") и с широкой (7" – 10") входной щелью. Так же, с широкой входной щелью, выполняются наблюдения стандартной звезды с известным распределением энергии в спектре из каталога [4]. Спектрограммы, полученные с узкой щелью и с разрешением 0.5 - 0.7 Å, используются для исследования структуры эмиссионных линий. Широкая входная щель гарантирует прохождение и регистрацию всего потока излучения объекта и стандартной звезды и дает возможность учесть спектральную чувствительность аппаратуры и представить спектр исследуемого объекта в абсолютных энергетических единицах. Процедура первичной обработки спектрограмм состоит из стандартных операций: вычитание темнового тока, учета влияния атмосферной экстинкции и спектральной чувствительности аппаратуры.

2. Результаты наблюдений планетарной туманности М1-65

Туманность имеет угловой диаметр 3".68. На изображениях, полученных на телескопе Хаббла (Рисунок 1), центральная плотная область окружена слабым внешним кольцом, которое проявляется в интегральном свете. В свою очередь центральная оболочка имеет сложную структуру: на снимке в фильтре Na видны уплотнения или волокна, расположенные вдоль внешних границ, а также две компактные зоны на концах большой оси внутренней области – так называемые bubbles [5].

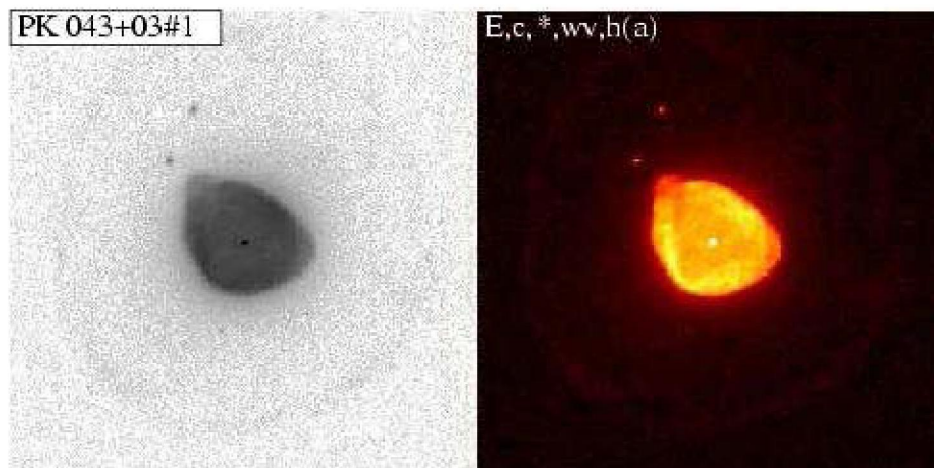


Рисунок 1 - Изображения туманности М1-65 в интегральном свете (слева) и с фильтром H α (справа). Наблюдения выполнены на космическом телескопе Хаббла [5].

Первые спектральные наблюдения данной туманности были выполнены в АФИФ в 1971–1973гг. [6]. Полученные данные вошли в ESO-Catalogue [7].

На ранних спектрограммах, полученных с использованием ЭОПа, обнаружены эмиссионные линии H α , [NII], [OII], [OIII], [SII]. Слабые эмиссионные линии [NIII] и [SIII], формируются в спектре центральной звезды [8]. Ее температура составляет по разным оценкам от 28000К до 30000К [8-10].

Вторая серия наблюдений туманности М1-65 началась в АФИФ в 2004г. При этом, наряду со спектрами исследуемого объекта, были получены спектрограммы стандартных звезд из каталога [4] для абсолютной калибровки излучения. В таблице 1 и на рисунке 2 приведены полученные результаты - абсолютные потоки излучения в разных эмиссионных линиях за 2004 -2015гг. Точность определения потоков составляет $\sim 10\%$ для сильных линий и $\sim 15 - 20\%$ для наиболее слабых эмиссий. Более ранние данные об абсолютных потоках излучения в этой туманности ограничены значением $F(H\beta)=7.94 \cdot 10^{-13}$ из обзора [11] и относятся к 1987г.

Таблица 1 - Потоки излучения туманности М1-65 в эмиссионных линиях

| Дата | | 07.07 2004 | 09.07 2005 | 21.07 2006 | 20.09 2006 | 21.06 2007 | 21.06 2012 | 30.06 2014 | 26.07 2014 | 15.05 2015 | 18.05 2015 |
|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| λ (Å) | К | | | | | | | | | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| H γ | 10^{-14} | | | | | | | | 5.54 | | 6.65 |
| H β | 10^{-13} | | | | | 8.14 | | 4.59 | 4.70 | | 5.90 |
| [OIII],4959 | 10^{-14} | | | | | | | 2.98 | 2.83 | | 3.82 |
| [OIII],5007 | 10^{-14} | | | | | 13.7 | | 9.09 | 8.66 | | 11.2 |
| [NII],6548 | 10^{-12} | 3.26 | 2.16 | 1.35 | 1.39 | 0.76 | 0.59 | 0.57 | | 0.74 | |
| H α | 10^{-11} | 2.32 | 1.54 | 1.12 | 0.91 | 0.58 | 0.38 | 0.40 | | 0.48 | |
| [NII],6583 | 10^{-12} | 10.5 | 7.02 | 5.04 | 4.30 | 2.59 | 1.76 | 1.82 | | 2.20 | |
| [SII],6717 | 10^{-13} | 4.38 | | | 2.64 | 1.42 | 0.67 | 0.64 | | 0.85 | |
| [SII],6731 | 10^{-13} | 10 | 4.95 | | 3.16 | 2.04 | 1.36 | 1.29 | | 1.66 | |
| HeI,7065 | 10^{-13} | 1.42 | 2.70 | | | | | | | 0.60 | |
| [AIII],7136 | 10^{-13} | 4.28 | 2.46 | | | | | | | | |
| [OII],7319 | 10^{-13} | 8.80 | 7.73 | | | | | | | | |
| [OII],7330 | 10^{-13} | 5.73 | 4.08 | | | | | | | | |

Примечание: 1- обозначение иона и длина волны в Å ангстремах, 2-множители для потоков излучения, 3-12 потоки излучения F_{λ} в шкале (эрг/см²сек) за разные даты

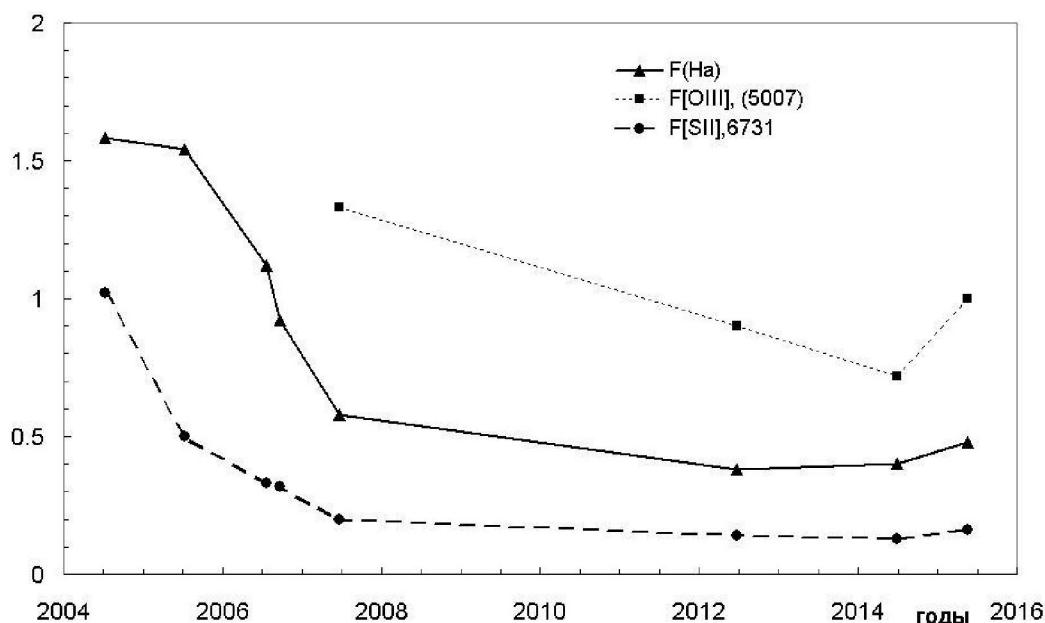


Рисунок 2 – Изменения потоков излучения в эмиссионных линиях в спектре M1-65

Потоки излучения умножены на коэффициенты: 10^{11} для F(H α) (средняя кривая), 10^{13} для F(5007) (верхняя кривая) и F(6731) (нижняя кривая)

В Таблице 3 и на рисунке 3 приведены значения эквивалентных ширин эмиссионных линий. Этот параметр в равной степени зависит от потока излучения в линии и от уровня непрерывного спектра в соответствующем интервале длин волн.

Таблица 3 - Эквивалентные ширины эмиссионных линий в спектре M1-65

| Ион, длина волны | 07.07 2004 | 09.05 2005 | 21.07 2006 | 20.09 2006 | 21.06 2007 | 21.06 2012 | 30.06 2014 | 26.07 2014 | 15.05 2015 | 18.05 2015 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| H γ | | | | | | | | 20 | | 29 |
| H β | | | | | | 149 | 140 | 148 | | 105 |
| [OIII],4959 | | | | | | | 8.9 | 5.1 | | 4.0 |
| [OIII],5007 | | | | | | 21 | 26 | 19 | | 27 |
| [NII],6548 | 177 | 180 | 52.6 | 117 | 92.9 | 236 | 215 | | 154 | |
| H α | 1260 | 1283 | 436 | 765 | 620 | 1523 | 1489 | | 988 | |
| [NII],6583 | 568 | 584 | 196 | 362 | 282 | 700 | 681 | | 458 | |
| [SII],6717 | 27 | | | 28 | | 30 | 16 | 27 | 11.8 | |
| [SII],6731 | 64 | 39 | | 33 | | 60 | 33 | 64 | 22.3 | |
| HeI,7065 | | | | | | | | | 8.0 | |
| [AIII],7136 | 6.8 | 19 | | | | | | | | |
| [OI],7319 | 23 | 21 | | | | | | | | |
| [OI],7330 | 52 | 48 | | | | | | | | |

Примечание: В столбцах таблицы 1- обозначение иона и длина волны в Å ангстремах, 2-11 -эквивалентные ширины эмиссионных линий в Å.

Сопоставляя изменения величин Fabs и EW (рисунок 3), мы можем оценить поведение блеска объекта. При постоянном уровне блеска и эквивалентная ширина линии изменяется пропорционально абсолютному потоку излучения. Подобное согласованное поведение параметров наблюдалось с середины 2007г до 2013г. Повышение EW при одновременном уменьшении Fabs, отмеченное в 2006 – 2007гг, свидетельствует о понижении уровня континуума центральной звезды в видимой области.

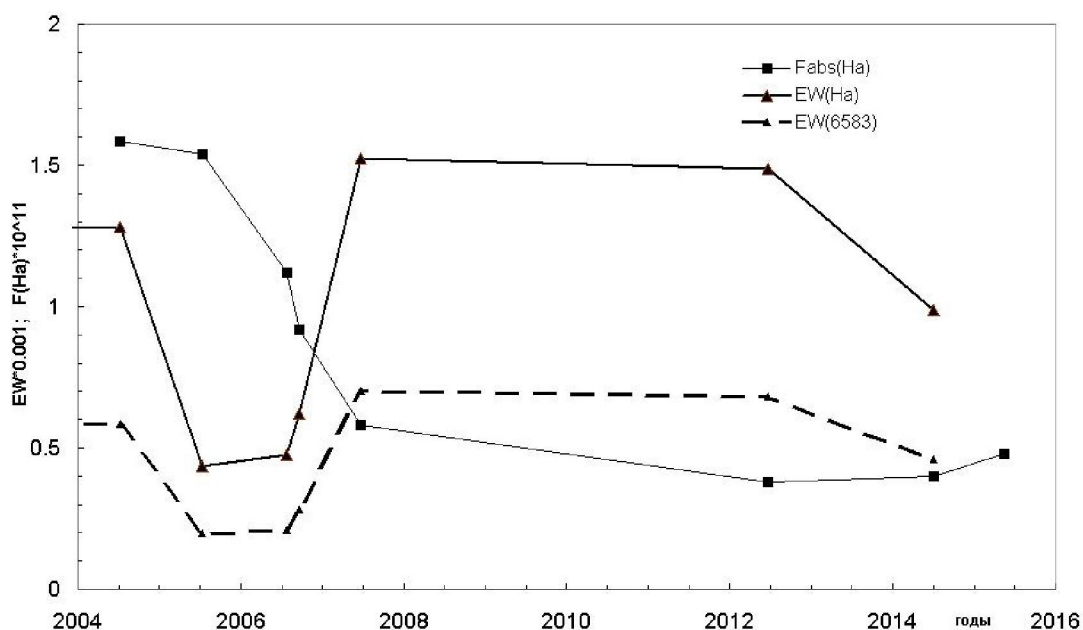


Рисунок 3- Поток излучения в линии H α F*10¹¹ (сплошная кривая + квадратики), и эквивалентные ширины EW(H α)*10⁻³ (сплошная кривая + треугольники) и EW(6583)*

Таблица 4 - Интенсивности эмиссионных линий в спектре M1-65, выраженные в шкале I(H β)=100

| | 26.07 1971 | 21.08 1971 | 11.07. 1972 | 31.07. 1973 | 01.08. 1973 | 02.08. 1973 | 21.06. 2012 | 30.06. 2014 | 26.07 2014 | 18.05. 2015 |
|------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| H β | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| [OII],4959 | 8.9 | 8.5 | 4.5 | 4.8 | 4.5 | 4.6 | 5.8 | 4.9 | 5.1 | 6.3 |
| [OII],5007 | 26.5 | 24.7 | 13.4 | 14.2 | 13.2 | 13.4 | 16.8 | 14.4 | 15.2 | 19.0 |

Примечание: В столбцах таблицы 1-обозначение иона и длина волны в Å, 2-10 -относительные интенсивности линий H β и [OII].

Таблица 5 - Интенсивности эмиссионных линий в спектре M1-65, выраженные в шкале I(H α)=300

| | 1971- 1973 | 07.07 2005 | 09.07 2005 | 21.07 2006 | 20.09 2006 | 21.06 2007 | 21.06 2012 | 30.06 2014 | 15.05 2015 |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| l | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| [NII],6548 | | 43.4 | 42.2 | 42.1 | 43.5 | 48.4 | 43.5 | 46.5 | 46.2 |
| H α | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| [NII],6583 | 137 | 136 | 137 | 140 | 147 | 135 | 138 | 137 | 138 |
| [SII],6717 | 14.5 | 7.67 | 5.64 | 4.04 | 4.78 | 5.50 | 5.28 | 4.84 | 5.4 |
| SII],6731 | 22.6 | 13.2 | 9.64 | 7.13 | 8.26 | 10.0 | 10.6 | 9.71 | 10.3 |
| HeI,7065 | | 1.83 | 2.26 | 3.15 | 3.37 | 3.44 | | | 3.7 |
| [AIII],7136 | | 5.54 | 4.79 | 3.89 | | | | | |
| [OII],7319 | | 11.4 | 15.1 | | | | | | |
| [OII],7330 | | 11.4 | 15.1 | | | | | | |
| I(6717)I(6731) | 0.64 | 0.58 | 0.59 | 0.57 | 0.58 | 0.55 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Ne (cm-3) | 3100 | 4300 | 4000 | 4500 | 4300 | 5500 | 7400 | 7400 | 7400 |

Примечание: В столбцах таблицы 1-обозначение иона и длина волны в Å, 2-8 -относительные интенсивности эмиссионных линий

Можно предположить, что мощность ее ультрафиолетового излучения также уменьшилась, что и привело к уменьшению значений Fabs. И, наконец, в 2014 – 2015гг небольшое увеличение

потоков излучения сопровождается уменьшением эквивалентной ширины линий, что указывает на усиление континуума звезды.

Выше уже говорилось о том, что наши наблюдения с ЭОПом выполнялись без абсолютных калибровок. Поэтому, для сравнения с данными 1971 – 1973гг можно использовать только относительные интенсивности эмиссионных линий. Результаты представлены в Таблицах 4 и 5.

Основные изменения наблюдаются в линиях [OIII], HeI и [SII]. Максимальное значение отношения $F(5007)/F(H\beta)$, зарегистрированное в 1971г, уменьшилось в 2 раза к 1972г, а затем в течение 40 лет постепенно повышалось. Относительная интенсивность линий HeI, 7065 увеличилась в 2 раза. Обратная тенденция наблюдается в поведении линий [SII], уменьшение отношения $I(6717)/I(6731)$ указывает на повышение электронной плотности газа в зонах формирования этих линий (последняя строка Таблицы 5). Интенсивности линий [NII] относительно H α практически не менялись на протяжении всего наблюдательного периода.

Ослабление абсолютных потоков излучения во всех эмиссионных линиях, начавшееся в 2004г., может быть следствием постепенного понижения электронной плотности или увеличения поглощения на луче зрения. Действительно, коэффициенты межзвездного поглощения $S(H\beta)$, рассчитанные по отношениям линий H α и H β для трех дат наблюдений, показывают рост: 1.16 (21.06.2007), 1.43 (30.06.2014) и 1.36 (15 - 18.05.2015),

Вместо ожидаемого уменьшения электронной плотности газа (вследствие расширения оболочки) наблюдается ее повышение. Скорее всего плотность газа в центральной зоне туманности действительно уменьшается, а приведенные значения Ne относятся к областям формирования [SII], расположенным на внешних границах туманности и в компактных зонах, на концах большой оси основной оболочки.

4. Выводы

Туманность M1-65 имеет малые угловые и линейные размеры, при расстоянии 2.4 кпс, ее диаметр составляет 0.04 пс [12]. При скорости расширения оболочки от 7.8 км/сек до 11.8 км/сек [13] ее динамический возраст составляет порядка 5000 лет, иными словами это достаточно молодой объект. Тем не менее, туманность имеет выраженную сложную структуру. На изображении, полученном в фильтре H α (рисунок 1), видно, что области формирования линий низкого возбуждения (HII, [NII] и [SII]) располагаются на внешних границах туманности и имеют максимальную концентрацию в компактных зонах на концах большой оси внутреннего эллипса. По нашим данным степень ионизации этих областей практически не менялась в течение исследуемого периода. Внутренняя зона отличается меньшей плотностью газа, степень ионизации можно оценить по относительным интенсивностям линий [OIII] и HeI. В 1972-1973гг произошло резкое уменьшение отношения $I(5007)/I(H\beta)$. Возможно, это связано с выбросом дополнительных фрагментов газа, которые частично экранировали ионизирующее излучение центральной звезды. В последующие годы, судя по относительным интенсивностям линий [OIII], 4959, 5007 и HeI, 7065A, степень ионизации газа в центральной зоне постепенно повышалась. Вместе с тем наблюдается уменьшение абсолютных потоков излучения во всех линиях. Этот наблюдательный факт, скорее всего, связан с изменением, а точнее – с увеличением поглощения на луче зрения. Присутствие пыли в окрестностях туманности подтверждается исследованиями в инфракрасном диапазоне [14].

Работа выполнена по проекту N 0073-7/ПЦФ-15-МОН

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kondratyeva L.N. A search for spectral variations of planetary nebulae and related objects. A&AT, Nol.24, 2005, P. 291.
- [2] Hajduk M., van Hoof P., Zijlstra A. Evolution of the central stars of young planetary nebulae. A&A, Vol. 573, 2015, P.65.
- [3] Denisyuk E. Spectrograph for Faint Objects: the Device and the Main Results of Observations. A&AT, Vol. 22, 2003, P. 175.
- [4] Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н. Спектрофотометрический каталог звезд. Алма-Ата. 1988.
- [5] Sahai R., Morris M., Villar G. Young planetary nebulae: Hubble Space Telescope imaging and a new morphological classification system. AJ, Vol. 141, 2011, P.134.
- [6] Кондратьева Л. Спектральные исследования планетарных туманностей малых угловых размеров. Объекты низкой степени ионизации. АЖ, 1979, С. 345.

- [7] Acker A., Ochsenbein F., Stenholm B. The Strasbourg-ESO Catalogue of galactic planetary nebulae // ESO. Germany. 1992.
- [8] Кондратьева Л. Спектры центральных звезд планетарных туманностей низкого возбуждения. ПАЖ, Т.20, 1994, С. 746.
- [9] Kaler J. (S II) in nebular spectra, and relative sulfur-to-oxygen ratios. ApJ, Vol. 244, 1981, P. 54.
- [10] Gotny S., Stasinska G., Tylanda R. Planetary nebulae morphologies, central star masses and nebular properties. A&A, Vol.318, 1997, P. 256.
- [11] Acker A., Stenholm B., Tylanda R. The absolute H-beta fluxes for galactic planetary nebulae. A&AS, Vol. 90, 1991, P. 89.
- [12] Tamura S., Shibata K Expansion analyses on low-excitation planetary nebulae with stellar images. PASP, Vol. 102, 1990, P.1301.
- [13] Phillips J. Planetary nebula distances re-examined: an improved statistical scale. MNRAS, Vol. 353, 2004, P.589.
- [14] Stasinska G., Szczerba A. The dust content of planetary nebulae: a reappraisal. A&A, Vol. 352, 1993, P. 297.

REFERENCES

- [1] Kondratyeva L.N. A search for spectral variations of planetary nebulae and related objects. A&AT, Nol.24, 2005, P. 291.
- [2] Hajduk M., van Hoof P., Zilstra A. Evolution of the central stars of young planetary nebulae. A&A, Vol. 573, 2015, P.65.
- [3] Denissyuk E. Spectrograph for Faint Objects: the Device and the Main Results of Observations. A&AT, Vol. 22, 2003, P. 175.
- [4] Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н. Спектрофотометрический каталог звезд. Алма-Ата. 1988.
- [5] Sahai R., Morris M., Villar G. Young planetary nebulae: Hubble Space Telescope imaging and a new morphological classification system. AJ, Vol. 141, 2011, P.134.
- [6] Кондратьева Л. Спектральные исследования планетарных туманностей малых угловых размеров. Объекты низкой степени ионизации. АЖ, 1979, С. 345.
- [7] Acker A., Ochsenbein F., Stenholm B. The Strasbourg-ESO Catalogue of galactic planetary nebulae // ESO. Germany. 1992.
- [8] Кондратьева Л. Спектры центральных звезд планетарных туманностей низкого возбуждения. ПАЖ, Т.20, 1994, С. 746.
- [9] Kaler J. (S II) in nebular spectra, and relative sulfur-to-oxygen ratios. ApJ, Vol. 244, 1981, P. 54.
- [10] Gotny S., Stasinska G., Tylanda R. Planetary nebulae morphologies, central star masses and nebular properties. A&A, Vol.318, 1997, P. 256.
- [11] Acker A., Stenholm B., Tylanda R. The absolute H-beta fluxes for galactic planetary nebulae. A&AS, Vol. 90, 1991, P. 89.
- [12] Tamura S., Shibata K Expansion analyses on low-excitation planetary nebulae with stellar images. PASP, Vol. 102, 1990, P.1301.
- [13] Phillips J. Planetary nebula distances re-examined: an improved statistical scale. MNRAS, Vol. 353, 2004, P.589.
- [14] Stasinska G., Szczerba A. The dust content of planetary nebulae: a reappraisal. A&A, Vol. 352, 1993, P. 297.

Л.Н. Кондратьева, Ф.К. Рспаев, Е.К. Аймуратов

«В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕШЖС, Алматы, Қазақстан

M1-65 ПЛАНЕТАЛЫҚ ТҰМАНДЫҚТЫҢ АЙНЫМАЛЫЛЫҒЫ

Аннотация. Мақалада 1971 – 2015 жылдардағы M1-65 жас планеталық тұмандықтың спектрлік бақылауларының нәтижелері ұсынылды. Тұмандықтың динамикалық жасы ~ 5000 жылды құрайды. Төмен желдену сызығы бұлттың ішкі шекарасы бойы мен екі тығыз тереңдікте жинақталған. Біздің мәліметтер бойынша бұл аймақтардың иондалу дәрежесі зерттеу кезеңі аралығында өзгеріске ұшырамады. Ішкі аймақ газ тығыздығының аздығымен айрықшалаңады, иондалу дәрежесін [OIII] және HeI сызықтарының салыстырмалы қарқындылығы бойынша бағалауға болады. 1972-1973 жылдары I(5007)/I(H β) қатынасының кенет төмендеуі болды, мүмкін бұл орталық жұлдыздардың иондалған сәулеленуін жартылай жабылуымен газдың қосымша фрагменттерімен шақырылды. Келесі жылдары, орталық аймақта газдың иондалу дәрежесі біртіндеп арта түсті. 2004 – 2015 жылдары аралығында барлық сызықтарда сәулеленудің абсолютті ағымдарының азайғандығы бақыланады. Бұл бақылау фактісі, өзгерістермен, анығырақ айтқанда көру сәулесінде жұтудың артуымен байланысты. Тұмандықтар маңайында тозаңның болуы инфрақызыл диапазон зерттеулерімен дәлелденеді.

Түйін сөздер: жас планеталық тұмандықтар, жеке объектілер – M1-65.