

В. Н. ГАЙСИНА, Э. К. ДЕНИСЮК, Р. Р. ВАЛИУЛЛИН, А. В. КУСАКИН, С. А.
ШОМШЕКОВА

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

СПЕКТРАЛЬНАЯ И ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ ЯДРА СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 7469

Аннотация

Цель работы: На базе оригинальных наблюдений исследовать переменность сейфертовской галактики NGC 7469 в интервале времени в 37 лет.

Методы исследований: Абсолютные значения потоков в линиях $H\alpha$ и $H\beta$ получены с использованием стандартных звезд с известным распределением энергии в их спектрах. Все вычисления проведены по авторским программам на языке Си.

Область применения: Спектральные и фотометрические исследования активных ядер галактик.

Результаты и выводы: В данной работе рассмотрены спектральные изменения АЯГ NGC 7469 за 37 лет исследований. Анализ изменения потоков в эмиссионных линиях $H\alpha$ и $H\beta$ показывает, что галактика NGC 7469 переменна, и поток в эмиссионных линиях в целом уменьшается на протяжении 37 лет. В 1989 году наблюдался глубокий минимум, когда полностью исчезли крылья широких эмиссионных линий $H\alpha$ и $H\beta$ и произошел переход галактики из спектрального типа Sy1 в Sy2.

Ключевые слова: сейфертовские галактики (СГ), спектральная переменность, фотометрическая переменность.

Тірек сөздер: сейферт галамдары (СГ), спектрлік айнымалылық, фотометрлік айнымалылық.

Keywords: seyfert galaxy, spectral and fotometric variability.

Введение. До 40-х годов прошлого века считалось, что большая часть энергии, излучаемая галактикой, вырабатывается в результате реакций термоядерного синтеза в звездах, но начиная с 1943 г. были открыты типы галактик, активность которых связана с мощным выделением энергии в центральной части галактики. Сейфертовские галактики, названные так в честь их первооткрывателя Карла Сейферта, были первыми среди галактик с активными ядрами. К числу сейфертовских галактик относится около 1 % наблюдаемых спиральных галактик. Большинство наиболее близких из них открыто

советскими астрономами при анализе спектров галактик с избытком излучения в УФ области. Не последнюю роль в этом сыграли наблюдатели Астрофизического института при исследовании галактик из списков Маркаряна. Выяснилось, что около 10% галактик с повышенной интенсивностью излучения в УФ диапазоне могут быть отнесены к типу сейфертовских галактик. Это один из самых интересных типов галактик с точки зрения происходящих в них физических процессов. Поэтому необходимо проводить исследования сейфертовских галактик во всех диапазонах спектра от жесткого ультрафиолета и до самого длинноволнового радиодиапазона.

Сейфертовская галактика NGC 7469 наблюдается в АФИФ с 1975 года. Получено 140 спектро-грамм, общая экспозиция 2608 мин. и 34 прямых снимка поля галактики. Координаты галактики: $\alpha(2000) = 23^{\text{h}}00^{\text{m}}44^{\text{s}}.4$ $\delta(2000) = +8^{\circ}36'16''$, красное смещение $z=0.0166$, расстояние до галактики ≈ 66 Мрс для $H_0=75$ км/мпс. Галактика NGC 7469 – спиральная галактика с перемычкой (SBa) находится в направлении созвездия Пегас, класс Sy1.



Рисунок 1 – Спиральная галактика NGC 7469 и галактика IC 5283. Изображение сталкивающихся галактик получено на телескопе Hubble

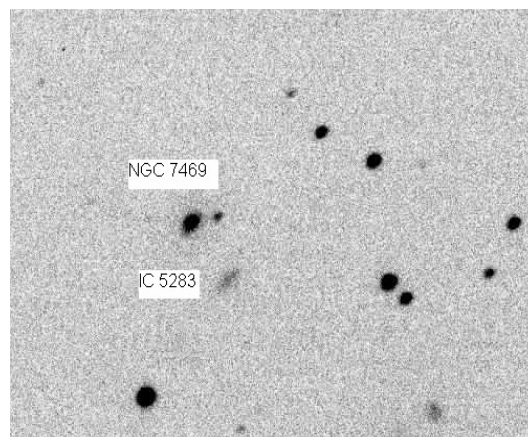
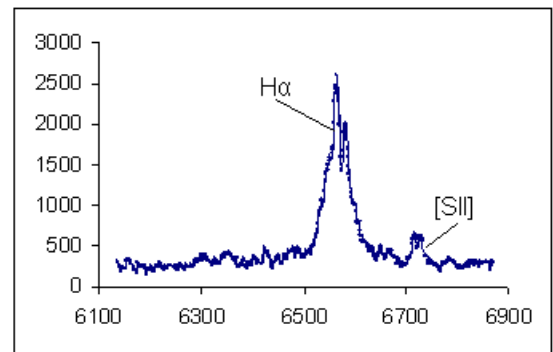
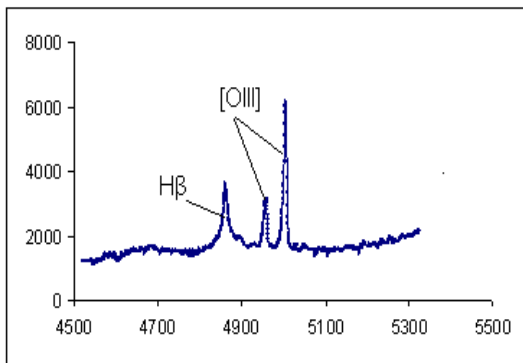


Рисунок 2 – Снимок поля галактики NGC 7469 получен на Тянь-Шаньской Астрономической обсерватории на 36-см телескопе системы Ричи – Кретьена

Наблюдения. Все наблюдения выполнены в Астрофизическом институте им. В. Г. Фесенкова (г. Алматы, Казахстан) на телескопе АЗТ-8 с диаметром главного зеркала 700 мм и фокусным расстоянием 11.2 м. При наблюдении использовался дифракционный спектрограф оригинальной конструкции [1]. До 2000 г. основным приемником излучения на выходе спектрографа был трех-каскадный ЭОП типа УМ-92, а регистрация проводилась на фотопленку типа А-600 или анало-гичную, близкую по характеристикам.

Начиная с 2000 г., в качестве приемника излучения применяется CCD-камера типа ST-7, а с конца 2002 г. – ST-8 (1530x1020, 9 мк). В зависимости от используемой дифракционной решетки и объектива камеры спектрограммы имели спектральное разрешение в пределах 2.5–5.0 Å. Ширина входной щели составляла 4"–10". Как правило, для повышения точности результатов спектр исследуемой галактики экспонировался от 2 до 6 раз подряд с экспозициями от 2 до 30 мин в зависимости от дисперсии и яркости ядра галактики.

Спектральные наблюдения галактики NGC 7469 проводятся в областях бальмеровских линий $H\beta$ ($\lambda\lambda$ 4200-5500) и $H\alpha$ ($\lambda\lambda$ 6000-7100) (рисунки 3 и 4).



Ось X – длина волны в Å, ось Y – относительная интенсивность

Рисунок 3 – Спектр NGC 7469

в области бальмеровской линии $H\beta$

Рисунок 4 – Спектр NGC 7469

в области бальмеровской линии $H\alpha$

С 2005 года одновременно с галактиками наблюдались стандартные звезды с известным рас-пределением энергии в их спектрах [2]. Это дает возможность измерять абсолютный поток в запрещенных эмиссионных линиях [OIII] λ 5007Å и [SII] λ 6717-6731Å. Для галактики NGC 7469 измерены абсолютные потоки в эмиссионных линиях [OIII] λ 5007Å – $4.53 \cdot 10^{-13} \text{ergs} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ и [SII] λ 6717-6731Å – $2.08 \cdot 10^{-13} \text{ergs} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ с ошибкой 5%. Эти потоки использовались как вторичные стандарты для исследования переменности линий $H\beta$ и $H\alpha$.

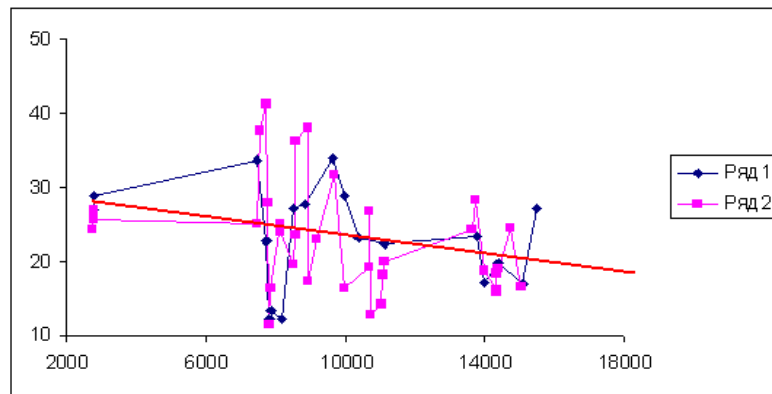
Таблица 1 – Значения потока в эмиссионной линии H β для галактики NGC 7469

Дата	26.1 2. 1975	28.1 2. 1975	04.1 1. 1988	25.0 7. 1989	05.1 1. 1989	24.11. 1989	19.09. 1990	08.09. 1991	02.08. 1992	09.10 . 1994	30.08. 1995
JD	2772	2774	7469	7732	7835	7854	8153	8507	8836	9634	9959
F $_{H\beta}$	5.39	5.80	6.75	4.53	2.45	2.67	2.45	5.43	5.52	6.70	5.80
Дата	13.1 0. 1996	23.1 0. 1998	12.0 1. 2006	23.0 9. 2001	11.1 0. 2007	29.08. 2009	08.11. 2010	Дата – дата наблюдений, JD – юлианская дата – 2 440 000, F $_{H\beta}$ – абсолютное значение потока в линии H β в единицах 10 $^{-13}$ ergs·s $^{-1}$ ·cm $^{-2}$.			
JD	1036 9	1110 9	1374 7	1400 1	1438 3	15072	15508				
F $_{H\beta}$	4.62	4.48	4.66	3.44	3.94	3.40	5.43				

Таблица 2 – Значения потока в эмиссионной линии H α для галактики NGC 7469

Дата	26.11 . 1975	03.01 . 1976	01.02 . 1976	03.11 . 1988	09.01 . 1989	25.07 . 1989	10.09 . 1989	03.11 . 1989	25.11 . 1989	17.08 . 1990	11.09 . 1990
JD	2742	2780	2809	7468	7535	7732	7779	7833	7855	8120	8145
F $_{H\alpha}$	24.38	2687	25.71	25.19	37.71	41.29	27.93	11.48	16.39	25.19	24.15
Дата	14.09 . 1990	19.09 . 1991	31.10 . 1991	09.11 . 1991	20.10 . 1992	27.10 . 1992	19.07 . 1993	31.10 . 1994	17.09 . 1995	04.08 . 1997	29.08 . 1997
JD	8148	8518	8560	8569	8915	8922	9187	9656	9977	1066 4	1068 9
F $_{H\alpha}$	23.83	19.47	23.61	36.19	38.15	17.39	22.90	31.76	16.39	19.18	26.64
Дата	22.10 . 1997	28.07 . 1998	12.10 . 1998	30.10 . 1998	07.09 . 2005	21.12 . 2005	26.09 . 2006	18.08 . 2007	19.08 . 2007	18.09 . 2007	18.10 . 2007

JD	1074 3	1102 2	1109 8	1111 6	1362 0	1372 5	1400 4	1433 0	1433 1	1436 1	1439 1
$F_{H\alpha}$	12.83	14.16	18.14	19.97	24.40	28.35	18.66	16.16	15.68	18.34	19.03
Дата	24.09 2008	24.08 2009	Дата – дата наблюдений, JD – юлианская дата – 2 440 000, $F_{H\alpha}$ – абсолютное значение потока в линии $H\alpha$ в единицах $10^{-13} \text{ergs}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$.								
JD	1473 3	1506 7									
$F_{H\alpha}$	24.52	16.62									



По оси X – юлианская дата – 2 440 000, по оси Y – абсолютный поток в линиях $H\beta$. (М 1:5) и $H\alpha$.

Единица измерения потока – $10^{-13} \text{ergs}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$. Наклонной красной линией показано падение абсолютных потоков

в эмиссионных линиях $H\alpha$ и $H\beta$ за 37 лет

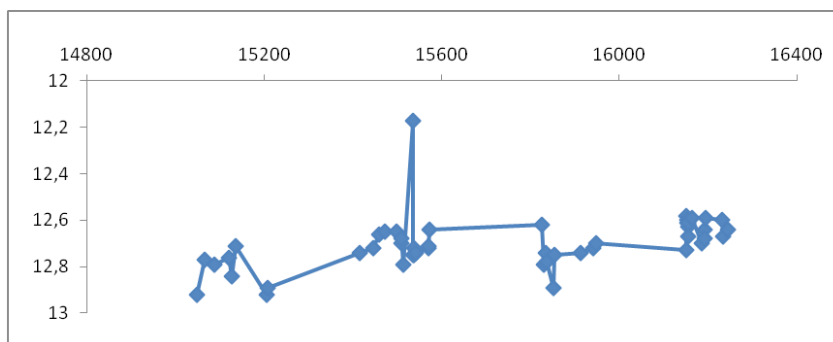
Рисунок 5 – Изменение абсолютных потоков в эмиссионных линиях $H\beta$ ряд 1 и $H\alpha$ – ряд 2 для галактики NGC 7469

Интегральный поток ядра надежно характеризует переменную активность ядра, которая определяет мощность разрешенных эмиссий, в данном случае $H\alpha$ и $H\beta$. В связи с этим в 2006 году А.В. Ку-сакин начал наблюдать сейфертовские галактики методом широкополосной фотометрии с целью исследовать их фотометрическую переменность. Получены сотни кадров для галактик Сейферта, в том числе и для NGC 7469. Результат обработки приводится ниже в таблице 3 и на рисунке 6.

Таблица 3 – Кривая блеска NGC 7469

Дата	06.08. 2009	22.08. 2009	14.09. 2009	16.10. 2009	24.10. 2009	31.10. 2009	10.01. 2010	11.01. 2010	07.08. 2010
JD	15049	15065	15088	15120	15128	15135	15206	15207	15415
m_V	12.92	12.77	12.79	12.76	12.84	12.71	12.92	12.89	12.74
Дата	06.09. 2010	20.09. 2010	02.10. 2010	30.10. 2010	08.11. 2010	10.11. 2010	13.11. 2010	05.12. 2010	06.12. 2010
JD	15445	15459	15471	15499	15508	15510	15513	15535	15536
m_V	12.72	12.66	12.65	12.65	12.7	12.68	12.79	12.17	12.75
Дата	07.12. 2010	08.12. 2010	11.12. 2010	09.01. 2011	10.01. 2011	12.01. 2011	22.09. 2011	27.09. 2011	30.09. 2011
JD	15537	15538	15541	15570	15571	15573	15826	15831	15834
m_V	12.75	12.72	12.74	12.72	12.71	12.64	12.62	12.79	12.74
Дата	02.10. 2011	17.10. 2011	20.10. 2011	17.12. 2011	21.01. 2012	22.01. 2012	11.08. 2012	11.08. 2012	15.08. 2012
JD	15836	15851	15854	15912	15942	15948	16150	16150	16154
m_V	12.78	12.89	12.75	12.74	12.72	12.7	12.73	12.58	12.60
Дата	15.08. 2012	16.08. 2012	17.08. 2012	17.08. 2012	25.08. 2012	15.09. 2012	22.09. 2012	22.09. 2012	24.09. 2012
JD	16154	16155	16156	16156	16164	16185	16192	16192	16194
m_V	12.61	12.63	12.67	12.61	12.59	12.7	12.64	12.68	12.59
Дата	01.11. 2012	03.11 2012	13.11. 2012	Дата – дата наблюдений, JD-юлианская дата – 2440000,					

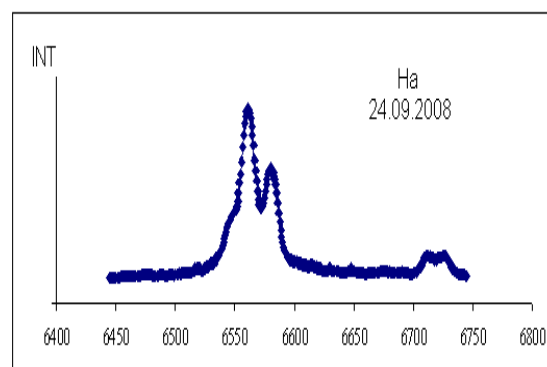
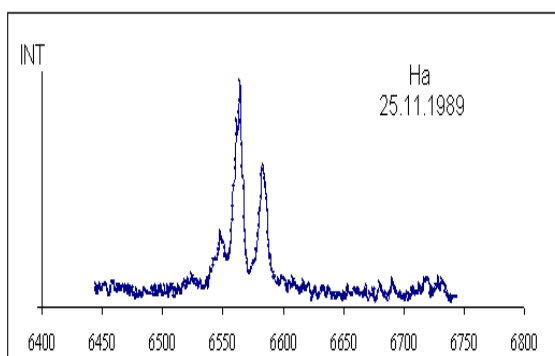
JD	16232	16234	16244	m _v - звездная величина в фильтре V
m _v	12.6	12.67	12.64	



По оси X – юлианская дата – 2 440 000, по оси Y – звездная величина в фильтре V

Рисунок 6 – Кривая блеска для галактики NGC 7469 с 6 августа 2009 года по 13 ноября 2012 года

Заключение. Анализ изменения потоков в эмиссионных линиях H_α и H_β, показывает, что галактика NGC 7469 переменна, и поток в эмиссионных линиях в целом уменьшается на протяжении 37 лет. В 1989 году наблюдается глубокий минимум. В это время исчезли крылья широких эмиссионных линий H_α и H_β (рисунок 7), и произошел переход галактики из спектрального типа Sy1 в Sy2, как и в случае с галактикой NGC 4151 в 1987 году.



Ось X – длина волны в Å, ось Y – относительная интенсивность

Рисунок 7 – Спектры галактики NGC 7469 в области бальмеровской линии H α , полученные в 1989 и 2008 годах

Что касается фотометрии, то из рисунка 6 следует, что яркость ядра галактики за период на-блюдений медленно увеличивалась с заметным всплеском в 2012 году.

Работа выполнена в рамках программы 002 «Прикладные исследования в области космической деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

1 Denissyuk E.K. Spectrograph for faint objects: the device and the main results of observations // Astron. Aph. Transactions. – 2003. – Vol. 22(2). – P.175.

2 Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н. Спектрофотометрический каталог звезд. Алматы: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1988. – С. 480.

REFERENCES

1 Denissyuk E.K. Astron. Aph. Transactions. 2003. V. 22(2). P.175.

2 Kharitonov A.V., Tereschenko V.M., Kniazeva L.N. Spectrophotometrically catalog zvezd. Almaty. Kazak University. **2011**. 304. (in Russian).

Резюме

В. Н. Гайсина, Э. К. Денисюк, Р. Р. Валиуллин, А. В. Кусакин, С. А. Шөмшекова

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

NGC 7469 СЕЙФЕРТ ҒАЛАМЫ ЯДРОСЫНЫҢ СПЕКТРЛІК

ЖӘНЕ ФОТОМЕТРЛІК АЙНЫМАЛЫЛЫҒЫ

Жұмыстың мақсаты: 37 жыл уақыт аралығында NGC 7469 сейферт ғаламының айнымалылығын түп-нұсқалы бақылау мәліметтерінің базасында зерттеу.

Зерттеу әдістері: $H\alpha$ и $H\beta$ сызықтарындағы абсолютті ағынның мәндері спектрлерінде белгілі энергия-ның таралуы бар стандарт жұлдыздарды қолдану арқылы алынды. Барлық есептеулер Си тіліндегі авторлық бағдарламалар арқылы жүргізілді.

Қолданылу аймағы: ғаламдардың белсенді ядроларын (ГБЯ) спектрлік және фотометрлік зерттеулерде.

Нәтижелер мен қорытындылар: Бұл жұмыста 37 жыл ішіндегі NGC 7469 ГБЯ спектрлік өзгерулерінің зерттеулері қаралған. Талдау барысында $H\alpha$ және $H\beta$ эмиссиялық сызықтарындағы ағынның өзгерулері NGC 7469 ғаламы айнымалы деп көрсетеді, жалпы 37 жыл уақыт аралығында эмиссиялық сызықтардағы ағын азайған. 1989 жылы $H\alpha$ және $H\beta$ эмиссиялық сызықтардың кең қанаттары толығымен жоғалған, терең минимум байқалады, соның салдарынан ғалам Sy1 спектрлік түрінен Sy2 түріне ауысқан.

Тірек сөздер: сейферт ғаламдары (CF), спектрлік айнымалылық, фотометрлік айнымалылық.

Summary

V. N. Gaisina, E. K. Denissyuk, R. R. Valiyllin, A. V. Kusakin, S. A. Shomshekova

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

SPECTRAL AND PHOTOMETRIC VARIABILITY OF THE SEYFERT GALAXY NGC 7469 NUCLEUS

Aims: to study variability of Seyfert galaxy NGC 7469 on the base of the original observations, which were carried out during 37 years.

Methods: the absolute fluxes of $H\alpha$ and $H\beta$ lines are obtained using the standards with the known energy distribution. All. calculations are carried out under the author's programs in C language

Applications: spectral and photometric investigations of AGN.

Results and Conclusions: the spectral changes of the nucleus of NGC 7469 during 37 years are considered. An analysis of the changing of H_α and H_β fluxes shows, that the galaxy NGC 7469 is variable, and the emission fluxes were decreasing during 37 years. The deep minimum was observed in 1989, when the wings of the broad emission lines disappeared, and the galaxy turned from the Sy1 type into the Sy2 type.

Keywords: seyfert galaxy, spectral and fotometric variability.

Поступила 2.09.2013г.