

# ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК NGC 4151 И NGC 7469

С.А. Шомшекова, Э.К. Денисюк, Р.Р. Валиуллин, А.В. Кусакин, И.В. Рева,  
М.А. Кругов.

*Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, г. Алматы, Казахстан.*

[shmshekva-saule@mail.ru](mailto:shmshekva-saule@mail.ru)

В данной работе представлены результаты фотометрических и спектральных исследований сейфертовских галактик NGC 4151 и NGC 7469.

**Наблюдения.** Фотометрические наблюдения галактик проводились на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (ТШАО) Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова (АФИФ) на 1-м телескопе системы Ричи-Критъена фирмы Карл Цейсс Йена с использованием корректора фокуса, позволившем получить эквивалентный фокус в 6,5 м. В результате поле составило  $19' \times 19'$ . Для регистрации изображений использовалась CCD-камера U9000D9 фирмы Aropgee Alta и BVR Astrodon фильтры. Угловой масштаб кадра с изображением объектов составил:  $0,38''/\text{пиксель}$  (до 2016 г.) и  $0,56''/\text{пиксель}$  (после 2016 г.). Для обработки наблюдений применялся стандартный пакет программ Maxim DL 6. Оценка блеска выполнялась методом дифференциальной фотометрии, использовались стандартные звезды в окрестностях галактики.

**Сейфертовская галактика NGC 7469** – спиральная галактика типа SBa, с координатами  $\alpha_{(2000)} = 23^{\text{h}}00^{\text{m}}44^{\text{s}}$ ,  $\delta_{(2000)} = +8^{\circ}36'16''$  расположена на расстоянии  $D = 68$  Мрс. Красное смещение  $z = 0.0166$ . Масса центрального тела составляет около  $(1-6) \times 10^7 M_{\odot}$  [1]. Ее физический компаньон - неправильная галактика IC 5283 находится на расстоянии  $80''$ . Кривая блеска галактики за 1990-2014 гг. построена в работе [2]. Ее авторы считают, что кривая, описывающая переменность ядра, состоит из двух компонент: медленная составляющая с периодом в несколько лет и быстрая с периодом в несколько дней, так называемые S и F компоненты. Максимум S компоненты обычно соответствует активной стадии ядра галактики, а F компонента зависит от скорости аккреции [2].



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

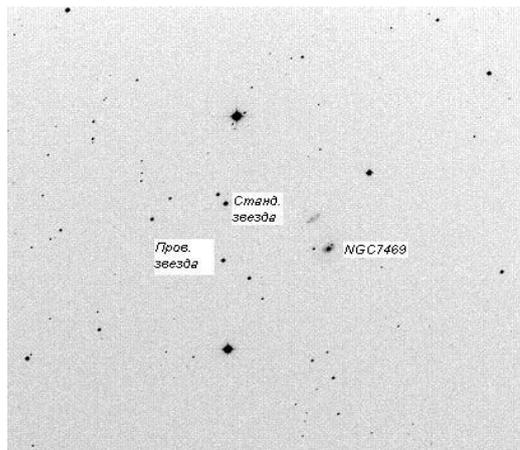


Рисунок 2. Поле галактики NGC 7469. Снимок получен на ТШАО.

**Сейфертовская галактика NGC4151.** Данный объект с координатами  $\alpha_{(2000)} = 12^{\text{h}}10^{\text{m}}32^{\text{s}}$ ,  $\delta_{(2000)} = +39^{\circ}24'24''$ , относится к классу Seyfert 1,5. Красное смещение  $z = 0.00332$ , расстояние  $D \approx 19$  Мрс [3]. Это одна из ярчайших сейфертовских галактик в рентгеновском, УФ и оптическом диапазонах. Высокая степень рентгеновской

переменности в диапазоне 0.3 – 50 Kev делает эту галактику отличным объектом для исследований. По оценкам авторов работы [4] масса центрального тела составляет  $4.57 \times 10^7 M_{\odot}$ .



Рисунок 3. Спиральная галактика NGC 4151. Изображение галактики получено на телескопе Hubble.

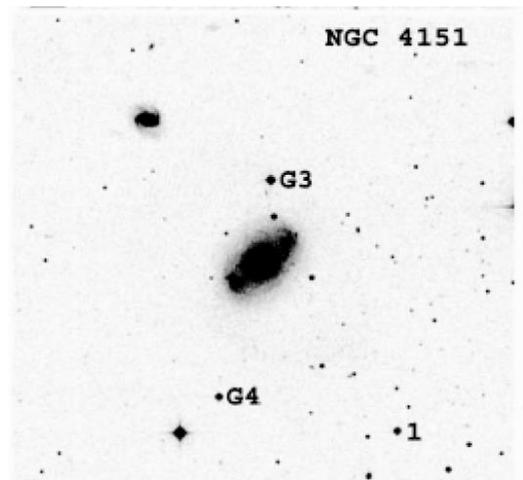


Рисунок 4. Снимок галактики NGC 4151 и стандартных звезд из работы Дорошенко В. [5].

### Результаты фотометрических исследований галактик NGC 7469 и NGC 4151

Спектральные наблюдения сейфертовской галактики NGC 7469 в АФИФ проводятся с 1975 года. Получено 171 спектрограмма. Фотометрические наблюдения данного объекта выполняются с 2013 года [6]. На рисунке 5 приведены результаты измерений блеска с апертурой 6".

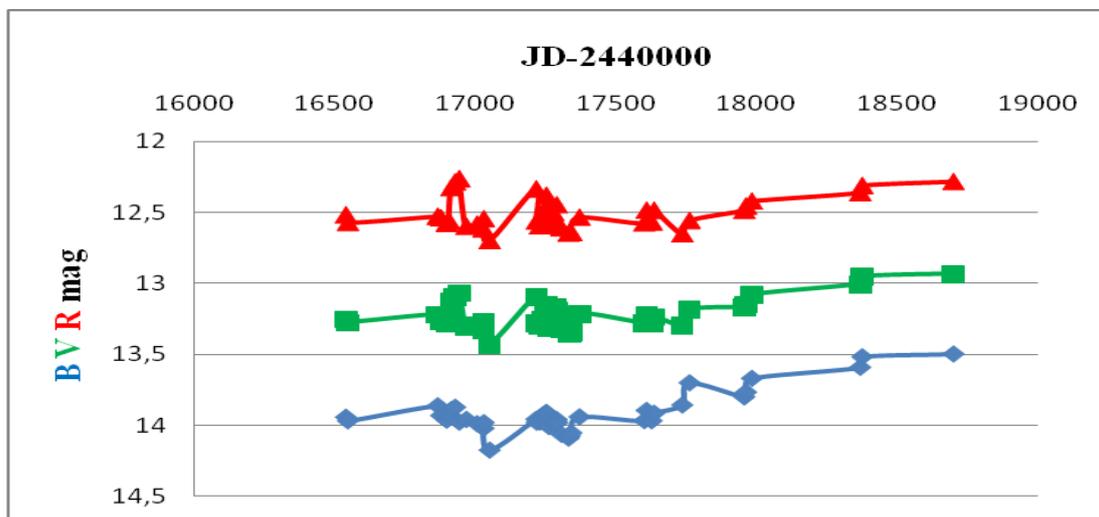


Рисунок 5. Кривые блеска галактики NGC 7469 (2013-2019 гг.) в фильтрах B, V, R. Ось X – юлианская дата -2440000, ось Y – звездные величины.

Кривые блеска галактики NGC 7469 (см. рисунок 5) показывают постепенное, начиная с 2016 года, повышение блеска во всех трех фильтрах.

Спектральные наблюдения сейфертовской галактики NGC 4151 в АФИФ проводятся с 1975 года. Получено 1545 спектрограмм. Фотометрические наблюдения данной галактики выполняются с 2013 года [6]. На рисунке 6 приведены результаты измерений блеска с апертурой 8".

Кривые блеска галактики NGC 4151 (см. рисунок 6) показывают, что, начиная с 2017 года, блеск галактики NGC 4151 остается на достаточно низком уровне.

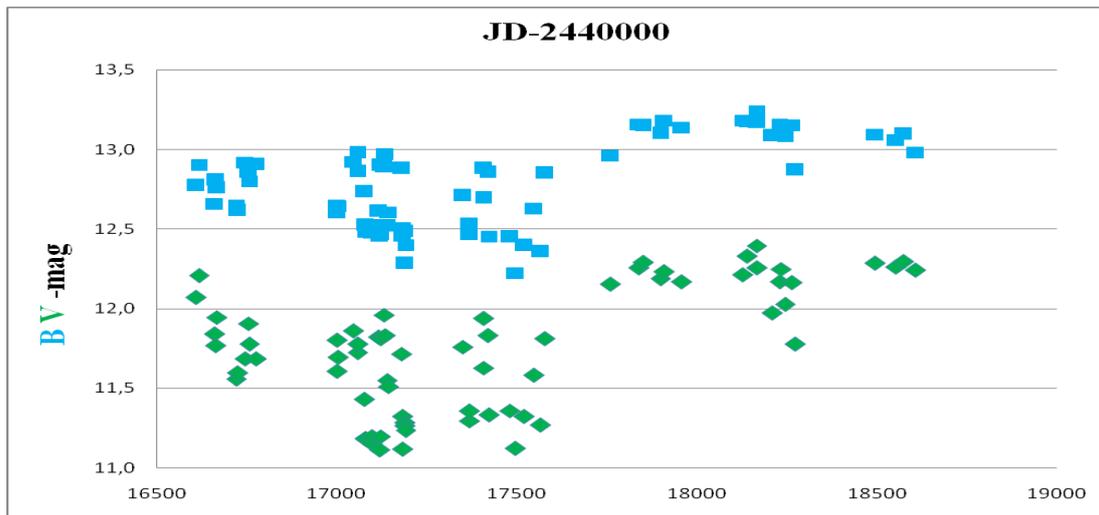


Рисунок 6. Кривые блеска галактики NGC 4151 (2013-2019 гг.) в фильтрах В и V. Ось X – юлианская дата -2440000, ось Y – звездные величины.

### Результаты спектральных исследований сейфертовских галактик NGC 7469 и NGC 4151.

Спектры сейфертовских галактик I типа (Sy1) представлены набором запрещенных и разрешенных эмиссионных линий. Последние состоят из узкой и широкой (до 10 000 км/сек) компонент. Источником ионизации является аккреционный диск, энергия которого генерируется за счёт аккреции окружающего вещества на центральную сверхмассивную чёрную дыру. Область формирования широких водородных линий (BLR) состоит из плотных облаков газа, волокон, джетов, расположенных вблизи гравитационного центра и вращающихся вокруг него с большими скоростями. Области формирования узких запрещенных линий и узких компонент водородных линий имеет меньшую плотность и большую протяженность. Размеры областей формирования эмиссионных линий определяются по времени запаздывания (реверберации). Как оказалось, они составляют от нескольких световых дней до нескольких световых недель и зависят от светимости активного ядра сейфертовской галактики.

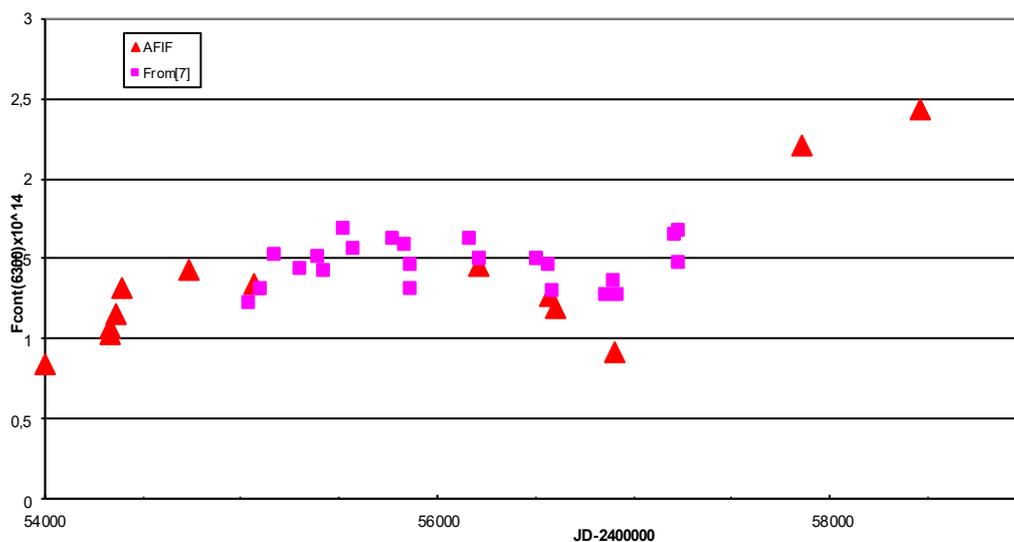


Рисунок 7. Изменение интенсивности непрерывного спектра NGC 7469 на  $\lambda = 6300 \text{ \AA}$ , в единицах  $\text{эрг/см}^2\text{сек \AA}$ .

На основе спектральных наблюдений, выполненных на телескопе АЗТ-8 Астрофизической обсерватории на Каменском плато и новых результатов, полученных на

западном 1-м телескопе ТШАО, измерены абсолютные потоки излучения в эмиссионных линиях  $H\alpha$ , [NII] и [SII] исследуемых сейфертовских галактик. Кроме того, проведено исследование изменений интенсивности непрерывного спектра галактик. На рисунке 7 приведены изменения интенсивности континуума сейфертовской галактики NGC 7469 в 2005-2019 гг., полученные на основе собственных наблюдений и данных из работы [7].

Как видно из рисунка 7, в течение последних двух лет уровень континуума в спектре данной галактики существенно увеличился, что коррелирует с повышением её блеска (см. Рисунок 5). Подобный высокий уровень непрерывного спектра галактики NGC 7469 (в пределах  $(2-2.5) \cdot 10^{-14}$  эрг/см<sup>2</sup>сек\*Å) наблюдался в 1997-1998 гг. [7].

На рисунке 8 приведено изменение континуума сейфертовской галактики NGC 4151 на  $\lambda = 5100$  Å. Можно отметить периодические колебания интенсивности континуума в пределах  $(1.5-8.3) \cdot 10^{-14}$  эрг/см<sup>2</sup>сек\*Å. В настоящее время уровень континуума соответствует среднему значению.

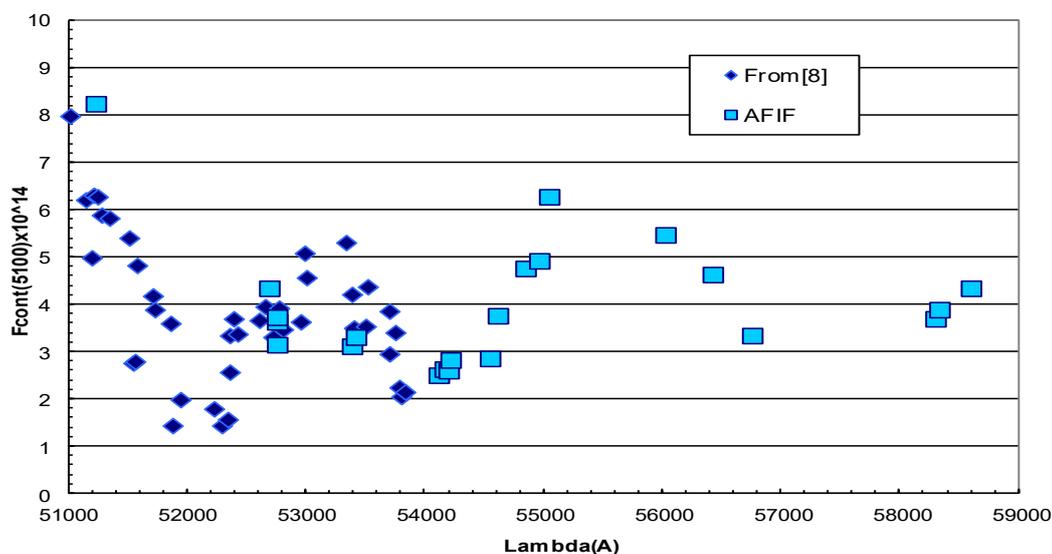


Рисунок 8. Изменение интенсивности непрерывного спектра NGC 4151 на  $\lambda=5100$  Å, в единицах эрг/см<sup>2</sup>сек\*Å.

## Литература

- 1 A. Shapovalova, L. Popovic, et al. MNRAS. 466, 4, 4759, 2016.
- 2 L. Ugol'kova, B. Artamonov, E. Shimanovskaya, et al. Astron. Lett. 43, 233, 2017.
- 3 S. Honig, D. Watson, M. Kishimoto, et al. Nature, 515, 528, 2014.
- 4 M. Bentz, K. Denney, E. Cackett, et al. ApJ. 651, 775, 2006.
- 5 V. T. Doroshenko, S. G. Sergeev, N. I. Merkulova, et al. BVRI CCD-photometry of comparison stars in the neighborhoods of Galaxies with active nuclei. I // Astrofizika, Vol. 48, No. 2. P. 191-211 2005.
- 6 S. A. Shomshekova, E. K. Denissyuk, R. R. Valiullin, I. V. Reva, and A. V. Kusakin Photometric studies of the seyfert galaxies NGC 3516, NGC 5548, NGC 3227, NGC 4051, NGC 4151 and NGC 7469//Astrophysics 2019 V. 62 No 2. P.163 -176 (IF=0.920) DOI 10.1007/s10511-019-09571-w.
- 7 A. Shapovalova, L. Popovic, et al. arXiv 1701.01490 v1, 2017.
- 8 A.I. Shapovalova1, L.C. Popovic, A.N.Burenkov arXiv 0910.2980, 2009