

**ПОИСК ЯРКИХ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД В ГАЛАКТИКЕ NGC 6946**

**О. Н. Шолухова, Н. А. Тихонов, Ю. Н. Соловьева, А. Н. Саркисян**  
*Специальная астрофизическая обсерватория РАН*

Представлены результаты поиска массивных звезд высокой светимости в галактике NGC 6946. С помощью 6-метрового телескопа БТА САО РАН были получены спектры восьми кандидатов, среди которых обнаружены две звезды (J203455.57+601055.4 и J203448.52+601054.5) с эмиссионными спектрами. Объект J203455.57+601055.4 демонстрирует бленды CIII+NIII и линии He II, характерные для WR-скоплений, одиночных WR-звезд или Ярких голубых переменных (LBV) в горячем состоянии. Второй объект J203448.52+601054.5 классифицирован как кандидат в LBV в холодной стадии на основе наблюдаемых эмиссионных линий водорода, гелия HeI и эмиссионных линий железа FeII и [FeII].

**SEARCH FOR LUMINOUS MASSIVE STARS IN THE NGC 6946 GALAXY**

**O. N. Sholukhova, N. A. Tikhonov, Yu. N. Solovyeva, A. N. Sarkisian**  
*Special Astrophysical Observatory of the RAS*

The results of a search for massive luminous stars in the NGC 6946 galaxy are presented. Using the 6-meter telescope of the SAO RAS, spectra of 8 candidates were obtained. Two stars have the (J203455.57+601055.4 and J203448.52+601054.5) emission line spectra. Object J203455.57+601055.4 exhibits CIII+NIII and He II lines characteristic of WR clusters, single WR stars or Luminous Blue Variables (LBVs) in a hot state. The star J203448.52+601054.5 was classified as a cool LBV candidate based on observed emission lines of hydrogen, HeI, FeII and [FeII].

**Введение**

Мы представляем продолжение работы по поиску ярких массивных звезд в галактиках за пределами Местной группы. В 53 галактиках северного неба были отобраны кандидаты в гипергиганты [1]. Относительная близость галактики NGC 6946 (расстояние до нее 6.7 Мпк [2]) и ее ориентация позволяют спектрально исследовать яркое население на наземных телескопах и за счет этого улучшить отбор звезд высокой светимости и их классификацию.

**Описание методики**

Для поиска кандидатов в яркие массивные звезды в галактике NGC 6946 мы использовали архивные снимки космического телескопа имени Хаббла (HST) в фильтрах F547M и F673N (камера WFC3), полученные по заявке ID15216 (руководитель программы William Blair, Университет Джона Хопкинса). На рис. 1 показан DSS (Digital Sky Survey) снимок галактики NGC 6946 с разметкой полей HST. Звездная фотометрия выполнялась пакетами

программ DAOPHOT II. На основе снимков в фильтрах F547M и F673N были построены CM-диаграммы всех полей и в каждом из них были обнаружены яркие голубые звезды. Дополнительно была проведена фотометрия объектов на снимках в фильтре F657N, центрированном на длину волны  $H\alpha$ , после чего были построены диаграммы (V-F673N)—(F673N- $H\alpha$ ) и выделены звезды ярче 21 зв. величины с превышением потока в  $H\alpha$ . Всего отобрано 26 точечных  $H\alpha$ -источников с голубым континуумом.

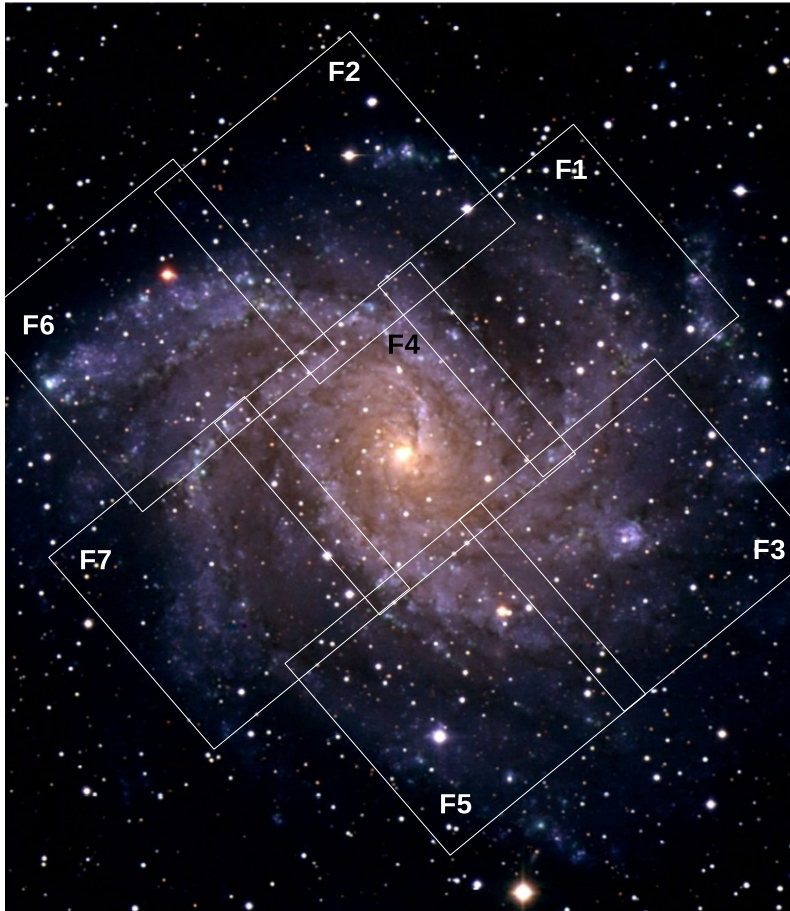


Рис. 1. Изображение галактики NGC 6946 на снимке DSS обзора. Отмечены поля камеры HST/WFC3. Размер снимка  $16 \times 16.5'$ , север — вверх

## Результаты

По программе поиска ярких массивных звезд в галактиках вне Местной группы были проведены спектральные наблюдения 8 из 26 отобранных звезд на 6-метровом телескопе БТА САО РАН с помощью спектрографа SCORPIO-1 [3]. Анализ данных показал, что

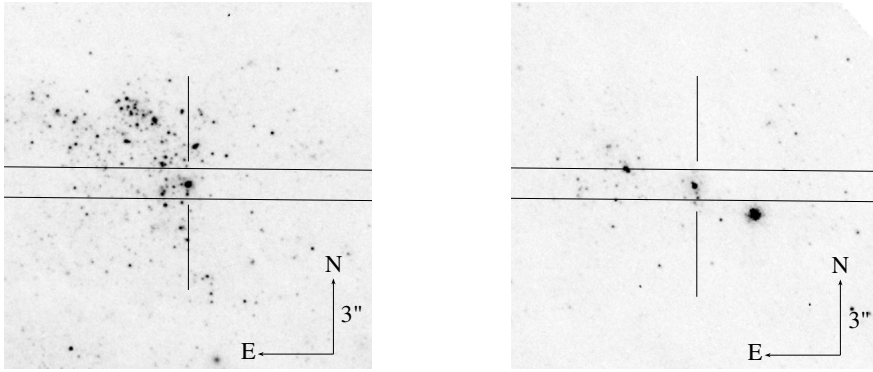


Рис. 2. Области галактики NGC 6946 вокруг J203455.57+601055.4 (слева) и J203448.52+601054.5 (справа). Показаны положения щели во время спектральных наблюдений SCORPIO-1 БТА САО РАН

6 объектов имеют спектры без принадлежащих звездам особенностей: в них были детектированы только эмиссионные линии окружающих туманностей. Вероятно, эти объекты представляют собой обычные сверхгиганты или пространственно неразрешенные молодые компактные ОВ скопления.

Два объекта показали в спектрах собственные эмиссии. Слева на рис. 2 показаны объект J203455.57+601055.4 и положение щели во время спектроскопии на спектрографе SCORPIO-1 БТА САО РАН. На рис. 3 показаны голубой и красный диапазон спектра объекта, полученные 2020/08/23 и 2020/09/21 соответственно. Наряду с линиями туманности (обозначены штрихами снизу от спектра на рисунке) были обнаружены особенности, присущие спектрам WR-звезд: уширенная линия He II  $\lambda 4686$ , бленды линий C III–N III  $\lambda 4630–4650$  и C IV–N IV  $\lambda 5700–5800$  и линия He I  $\lambda 5876$ . Фотометрия J203455.57+601055.4 по данным HST/ACS (2019/01/26) в фильтрах F547M и F814W была также выполнена с помощью DAOPHOT II, после чего полученные величины стандартным образом были переведены в фильтры системы Джонсона — Козинса  $V = 20.24 \pm 0.02^m$  и  $I = 19.73 \pm 0.02^m$ . По наблюдаемому бальмеровскому декременту в туманности рядом с объектом получена оценка межзвездного поглощения  $A_V = 1.7 \pm 0.1^m$  (case B, [4]). Принимая расстояние до галактики 6.7 Мпк [2], мы оцениваем абсолютную звездную величину  $M_V \simeq -10.6^m$ . По наблюдательным свойствам J203455.57+601055.4 можно отнести к WR-скоплениям, ярким одиночным WR-звездам или LBV в горячем состоянии. Для более точной классификации объекта необходимы дополнительные фотометрические и спектральные наблюдения.

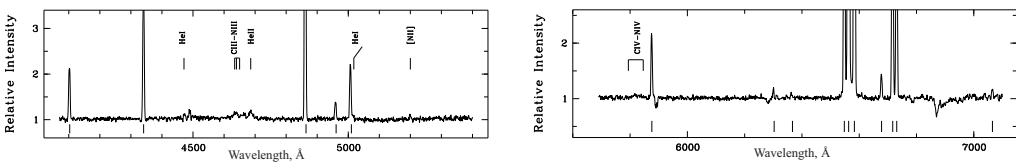


Рис. 3. Показаны голубой и красный диапазон спектра объекта J203455.57+601055.4. Линии туманности обозначены штрихами снизу спектра

Справа на рис. 2 показаны объект J203448.52+601054.5 и положение щели во время спектроскопии объекта на спектрографе SCORPIO-1 БТА САО РАН. Спектры J203448.52+601054.5, полученные 2020/08/23 и 2020/09/21 и приведенные на рис. 4, по-

казывают слабые эмиссии гелия He I и железа Fe II, [Fe II], а также абсорбцию железа Fe II  $\lambda 5169$ . Подобные спектральные особенности наблюдаются в спектрах LBV звезд в холодном состоянии. Результаты фотометрии по данным HST/ACS (2019/01/26) в фильтрах F547M и F814W были стандартным образом пересчитаны в фильтры системы Джонсона — Козинса  $V = 21.02 \pm 0.02^m$  и  $I = 20.25 \pm 0.02^m$  соответственно. Величина межзвездного поглощения  $A_V = 4.0 \pm 0.2^m$  в туманности вблизи J203448.52+601054.5 оценивалась по наблюдаемому отношению линий водорода Бальмеровской серии [4]. Абсолютная звездная величина составляет  $M_V \simeq -12.12^m$ . На основании наблюдательных свойств J203448.52+601054.5 классифицирован как кандидат в LBV в холодном состоянии.

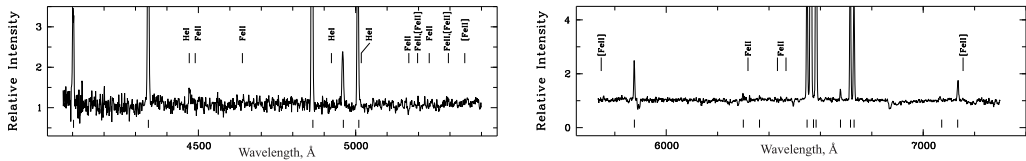


Рис. 4. Голубой и красный диапазон спектра объекта J203448.52+601054.5. Узкие линии туманности обозначены штрихами снизу спектра

Мы получили часть наблюдательных данных на уникальной научной установке Большой телескоп альт-азимутальный САО РАН и выполнили работу по обработке и анализу в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-262 (13.МН-ПМУ.21.0003).

## Библиографические ссылки

- [1] *Tikhonov N., Galazutdinova O., Sholukhova O. et al.* Searching for the brightest stars in galaxies outside the Local Group // *Research in Astronomy and Astrophysics*. — 2021. — Vol. 21, № 4. — P. 098. 2011.03324.
- [2] *Tikhonov N. A.* Stellar content and distances to the isolated spiral galaxies NGC 6503 and NGC 6946 // *Astronomy Letters*. — 2014. — Vol. 40, № 9. — P. 537–550.
- [3] *Afanasiev V. L., Moiseev A. V.* The SCORPIO Universal Focal Reducer of the 6-m Telescope // *Astronomy Letters*. — 2005. — Vol. 31. — P. 194–204. [astro-ph/0502095](#).
- [4] *Osterbrock D. E., Ferland G. J.* *Astrophysics of gaseous nebulae and active galactic nuclei*. — 2006.