

DOI: 10.54503/0571-7132-2022.65.3-301

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С ОЧАГАМИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ. ПАНОРАМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ SBS1001+555

С.А.АКОПЯН¹, С.Н.ДОДОНОВ², А.В.МОИСЕЕВ², А.А.СМИРНОВА²

Поступила 25 мая 2022

Принята к печати 8 августа 2022

Галактика SBS1001+555 исследуется в качестве объекта базовой выборки в реализуемой нами программе по изучению эволюционных процессов звездообразования в галактиках. В основе работы результаты панорамной спектроскопии центральной части, являющейся зоной активности галактики, с ее основным очагом звездообразования, обозначенным нами А. Наблюдения выполнены с использованием мультиспектрального спектрографа MPFS на 6-м телескопе CAO РАН, получен спектральный диапазон 635-725 нм с дисперсией 0.76 Å/эл. Кроме наиболее интенсивной бальмеровской линии излучения водорода H α , в полученном интегральном спектре зарегистрированы линии гелия HeI 6678, HeI 7065, запрещенные линии азота, серы, аргона [NII] 6548, 6583, [SII] 6716, 6731, [ArIII] 7136 и более десятка слабых линий нейтральных и однократно ионизованных линий железа и неона FeI 6824, 6837, 7447, 7453, 7544, NeI 7245, FeII 7682, 7687, NeII 7213. Проведен подробный анализ двумерных распределений интенсивностей, радиальных скоростей и других параметров по полю наблюдений в H α . Помимо А, наиболее крупной и яркой области НII, выявлены три небольшие, А1, А2, А3, формирующие вместе с А общую структуру. Одна из вторичных областей, А1, отождествляется с дифференцируемым на снимке IRAC 4.5 мк конденсацией. В качестве численных характеристик областей НII приводятся значения основных параметров в их пиках, из интегральных - эквивалентные радиусы, светимость и темп звездообразования, Req, L(H α) и SFR(H α). Представленные данные, в частности, указывают на активные процессы непосредственно связанные с наиболее ярким в SBS1001+555 источником излучения в оптике и развитие вокруг него звездоформирующей структуры.

Ключевые слова: *3D-спектроскопия: H α -излучение: НII-области: объект: SBS1001+555 (UGC05421)*

1. *Введение.* В рамках нашей программы исследуются примерно 500 галактик Второго Бюраканского спектрального обзора неба, SBS (Second Byurakan Survey) [1], составившие выборки семи полей SBS и, в целом, нашу базовую выборку. В соответствии с использованными критериями отбора и методикой наблюдений на 1-м телескопе системы Шмидт Бюраканской обсерватории - это объекты протяженной морфологии ярче 19.5 зв. вел. с признаками наличия на их низкодисперсионных спектрах UV-континуума и/или эмиссионных линий. Избранные по результатам V/Vmax теста на полноту 7 полей, как и все 65 полей обзора, имеют размеры 4x4 кв.град, заданные размерами фотографических пластин, чем, в первую очередь, в них обеспечивается однородность

отбора объектов.

Первым этапом программы была завершена последующая щелевая спектроскопия всех объектов базовой выборки, что позволило уточнить индивидуальные спектральные характеристики, определить красные смещения и тип активности, с использованием адаптированной к имеющемуся разношерстному материалу классификационной схемы [2]. Звздообразующую активность, получившую в нашей схеме обозначение SfG, имеет более 80% галактик базовой выборки, на изучении которых сфокусирован второй этап программы. Они подразделены на два основных класса, каждый с пятью подклассами –это галактики в более интенсивной, небулярной фазе активности, SfGneb (Star-forming Galaxy, nebular), и в менее интенсивной, континуальной фазе активности, SfGcont (Star-forming Galaxy, continual). Накоплением данных по наблюдениям отдельных объектов разной морфологии в разных фазах активности, с использованием иной доступной информации, изучением пространственного распределения галактик в отдельных полях, с учетом однородности их отбора и классификации, обеспечивается надежная база для статистического анализа, направленного в итоге на изучение эволюционных процессов в пределах расстояний, определяемых красным смещением исследуемых галактик $z < 1$.

Детальные исследования отдельных галактик SfG выборки проводились по результатам наблюдений с использованием мультиспектральных спектрографов с проведением панорамной спектроскопии. Получение поверхностных распределений излучения в балмеровской линии водорода $H\alpha$ и ближайших к ней запрещенных линиях обеспечивает выявление и изучение областей НП, являющихся очагами звездообразования. В предыдущей статье по детальным исследованиям объектов приводятся результаты панорамной спектроскопии галактики SBS1539+597 [3].

Данная статья посвящена исследованию SBS 1001+555 – одной из ближайших галактик базовой выборки, с редкой по своему типу морфологией Sdm. В разделе 2 статьи приводятся основные сведения по галактике, собранные из астроархивов, обзоров и литературы. В разделе 3 дается информация по наблюдениям, которые проводились на 6-м телескопе Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН), и обработке полученных данных. В разделе 4 представлены результаты панорамной спектроскопии объекта. В разделе 5 подытожены полученные результаты.

2. Общие сведения о галактике SBS1001+555. Галактика, SBS1001+555, включена в список объектов SBS с обзорной классификацией ds2e, которая означает наличие в структуре и диффузной, и звездообразной составляющей, наличие UV-континуума среднего уровня и эмиссионных линий [4].

Основные данные, которые приводятся по исследуемому объекту в NED (<http://ned.ipac.caltech.edu/>) следующие: экваториальные координаты (J2000) $-10^{\text{h}}04^{\text{m}}41^{\text{s}}.80$, $+55^{\circ}18'43''.0$; диаметр - $120''$; красное смещение - 0.00373 . UGC 05421, PGC 29299 - наиболее часто используемые, альтернативные названия галактики SBS1001+555. FGC 1004 и RFGC 1712 - ее обозначения в первом и пересмотренном каталогах плоских (flat) галактик, что отображает особенности морфологии объекта. Исследуемый объект является членом LGG188 - одной из групп обзора по исследованию близких галактик [5]. Со значением красного смещения, $z=0.00372$, подтверждающим ее близкое расположение, зарегистрировано исходящее от объекта излучение в линии нейтрального водорода галактики на длине волны 21 см (напр., [6]).

Морфологический тип, наиболее часто приписываемый исследуемой галактике SBS1001+555, довольно редкий - Sdm (напр., [7]). Она имеет форму полосы шириной не более $0'.5$, вытянутой почти на $2'$ вдоль большой оси с позиционным углом $P \sim 175^{\circ}$. На изображениях, полученных в оптическом диапазоне, визуальнo выделяются три участка примерно одной протяженности вдоль большой оси. В двух участках по краям сохраняется низкая поверхностная яркость, центральная часть является источником основного излучения галактики. На снимках обзора PanSTARRS1 (<https://ps1images.stsci.edu/>) и проведенного с телескопом Spitzer обзора IRAC 4.5 мк (<https://irsa.ipac.caltech.edu/>, показанных на рис.1, видна газопылевая масса, составляющая ее, и две конденсации, обозначенные A и B. Конденсации расположены вблизи южного и северного края центральной части, что позволяет зону активности галактики более конкретно называть зоной AB. В табл.1 приводятся SDSS-идентификация конденсаций A, B, их координаты и данные по фотометрии в пяти фильтрах

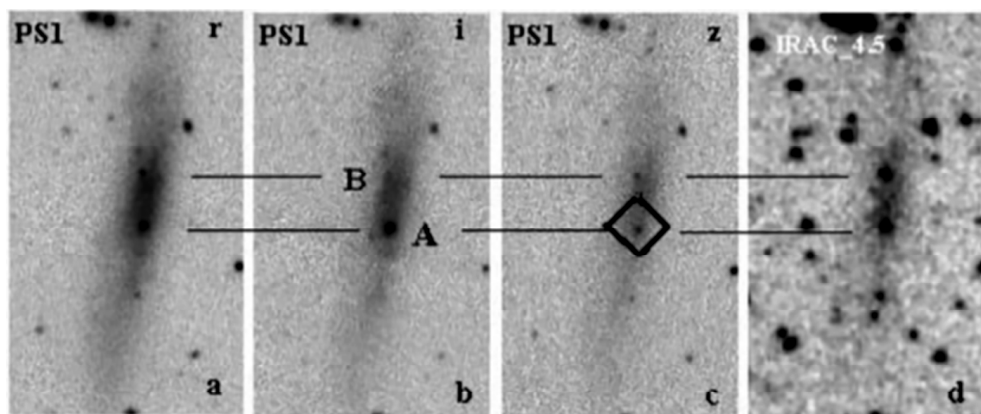


Рис.1. Изображение галактики SBS1001+555 на снимках обзора PS1: а) в фильтре r ; б) в фильтре i ; в) в фильтре z и на снимке из обзора IRAC 4.5 мк (д).

Таблица 1

SDSS-ДАННЫЕ ПО КОНДЕНСАЦИЯМ А, В

	SDSS objid	ra	dec	u	g	r	i	z
A	1237655108369907841	151.173849	55.311372	16.76	15.93	15.70	15.67	15.72
B	1237655108369907846	151.174011	55.315012	22.17	21.52	21.08	20.54	20.43

обзора. По своей яркости А контрастирует с остальными, ассоциируемыми с полем галактики фотометрическими объектами, которые зарегистрированы обзором SDSS (<http://skyserver.sdss.org>). Всего их 14 и большинство предельно слабые. Примерно столько же объектов зарегистрировано в PS1 и есть сходство в распределении объектов двух обзоров - все они расположены вне зоны АВ.

Конденсация А - единственный спектрофотометрический объект SDSS из всех ассоциируемых с галактикой. Соответствующему спектру приписан класс "Galaxy Starburst". На рис.2а показана его информативная, с точки зрения наличия спектральных линий, часть, - без отрезка 8000-10000 Å. В ряде работ, включая связанные с SBS, когда под названием галактики подразумевалась конденсация А, объект классифицировался как BCDG (Blue Compact Dwarf Galaxy) или кандидат в BCDG. В соответствии с используемой нами

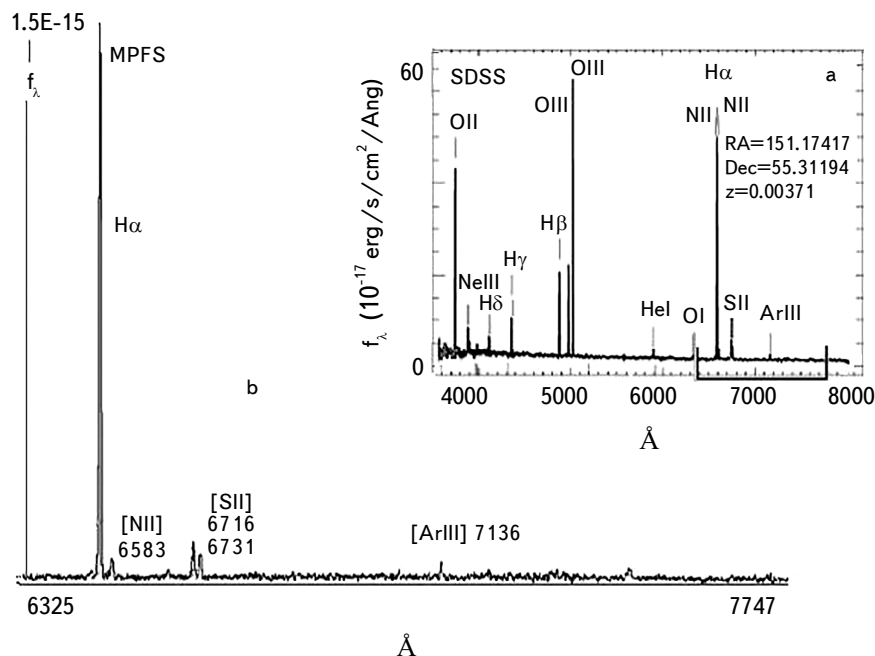


Рис.2 Спектр конденсации А, полученный: а) обзором SDSS(DR12); б) по наблюдениям с MPFS.

схемой, ее спектральная классификация - SfGneb2. Набор линий в спектре и, в первую очередь, интенсивная $H\alpha$, характеризуют конденсацию А как область НП, а с учетом приведенных выше особенностей структуры галактики - это основной сформировавшийся в ней очаг звездообразования.

Зона АВ галактики является источником излучения в UV-диапазоне. Именно в ней, в отличие от PS1 и SDSS-объектов, и не совпадая при этом с конденсациями А и В, расположены ассоциируемые с SBS 1001+555 четыре источника GALEX (<https://galex.stsci.edu/GR6>), со значениями чуть слабее 17-й зв. вел. О слабом излучении в ближнем ИК, тоже связанном с зоной А-В, свидетельствуют снимки обзора WISE в его четырех полосах. Их сравнение показывает уменьшение интенсивности излучения, при его наличии в полосе, в порядке $I_{w4} > I_{w1} > I_{w2}$. На снимке, полученном в ближнем ИК-диапазоне обзором IRAC 3.6 мк, проведенном с телескопом Spitzer, конденсации А и В дифференцируются с обратным соотношением яркости, а на снимке обзора IRAC 4.5 мк, который иллюстрирует рис.1d, их яркость примерно одинакова.

3. Наблюдения и обработка. Панорамная спектроскопия галактики SBS1001+555 проводилась на 6-м телескопе БТА CAO РАН с использованием мультизрачкового волоконного спектрографа первичного фокуса MPFS (Multi Pupil Fiber Spectrograph) [8] в комбинации с ПЗС-матрицей 2048x2048 EEV CCD42-40. Поле зрения формирует одновременная регистрация 256 спектров смежных участков неба с пространственной дискретизацией в 1 угл. с, что обеспечивается встроенным блоком из 16x16 квадратных линз. Минимальные потери света, примерно 1%, обеспечивают близкую к фотометрической точность регистрации излучения от объекта.

Наблюдения проводились 24 ноября 2006г. - получены 4 экспозиции по 1200 с каждая, при качестве изображений 1".2. Регистрировался диапазон длин волн 635-775 нм с применением дифракционной решетки 1200 штрих/эл, с дисперсией 0.76 Å /эл. В процессе наблюдений был получен необходимый для полноценной обработки материал, включая регистрацию излучения гелий-неон-аргоновой лампы в качестве эталона для калибровки длин волн. В качестве спектрофотометрического стандарта наблюдались звезды BD+26d4655, BD+75d325.

Для первичной обработки, визуализации и анализа полученного материала использовался специально разработанный пакет программного обеспечения [9] на языке IDL (Interactive Data Language). Кроме того, для анализа и визуализации данных использовался программный пакет ADHOCw, разработанный J.Boulesteix-ом (<http://www-obs.cnrs-mrs.fr/ADHOC>). При определении параметров линий использовалась гаусс-аппроксимация спектральных профилей.

4. *Результаты панорамной спектроскопии.* В центре поля наблюдений (FOV), в $16'' \times 16''$, которое регистрировалось с $PA \sim 130^\circ$, расположена конденсация А (см. разд. 2). Примерные границы поля показаны на снимке PS1z, рис.1с. Наблюдавшийся спектральный диапазон, который частично перекрывается с диапазонами PS1r, рис.1а, и PS1i, рис.1б, выделен скобой на рис.2а. Спектр MPFS, полученный в пике интегрального излучения в поле, показан на рис.2б. Он иллюстрирует, в частности, разрешенные по длине волны линии $H\alpha$ и дублета азота [NII] 6543, 6583, и линии дублета серы [SII] 6717, 6731, которые на спектре рис.2а составляют две бленды.

4.1. *Области НII. Излучение в линии водорода $H\alpha$.* Поверхностное распределение интенсивности излучения в бальмеровской линии водорода $H\alpha$ показано на рис.3а фоновыми градациями серого, а на рис.3б - изолиниями, в суперпозиции к ним. В поле наблюдений выявляется несколько областей НII, из которых расположенная по центру, она же конденсация А, имеет наибольшую площадь и яркость. Элемент, в котором наблюдается максимальная интенсивность $H\alpha$ -излучения в А, он же первичный максимум в поле, отмечен крестиком на рис.3а. Две области НII, обозначенные А1, А2, сформированы вокруг показанных кружочками вторичных максимумов, имеющих близкие по интенсивности значения. Пик наименьшей из областей НII, обозначенной А3, показан белой точкой. Определенные по линии $H\alpha$ значения интенсивности излучения $I(H\alpha)_{\max}$ и радиальной скорости $V_{r_{\max}}$ в пиках областей НII приводятся в табл.2. Пикау области НII А соответствует расстояние $D = 15.8 \pm 0.2$ Мпк, при использовании постоянной Хаббла в 75 км/с Мпк.

Для расчета интегральных характеристик и анализа данных по отдельным областям НII использовалась площадь излучающей поверхности S. При ее

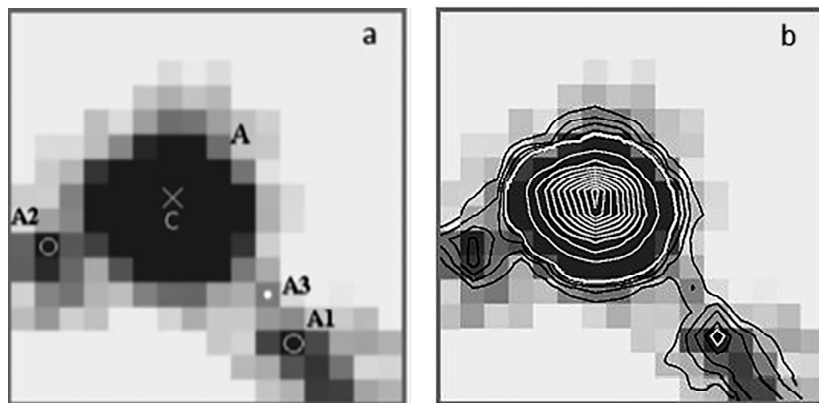


Рис.3. Поле наблюдений $16'' \times 16''$ в виде карты $H\alpha$ -излучения, приведенной фоновыми градациями серого. В суперпозиции показаны: а) пики интенсивности областей НII; б) интенсивность в $H\alpha$ светлыми и темными изолиниями (шаг светлых на порядок больше).

вычислении были учтены элементы с $I(\text{H}\alpha) > 10\%I(\text{H}\alpha)_{\text{max}}$ в случае А, с $I(\text{H}\alpha) > 25\%I(\text{H}\alpha)_{\text{max}}$ в случае А1 и А2, и 2 элемента в случае А3. В целом, рассматривались только те элементы поля, в которых отношение интенсивности спектральных линий к континуальному шуму превышает порог дисперсии значений в 3σ . В табл.2, в качестве интегральных характеристик, связанных с $\text{H}\alpha$ -излучением областей НII, приводятся значения эквивалентного радиуса $\text{Req} = (S/\pi)^{0.5}$ (при погрешности определения не превышающей 6 пк), интенсивности $I(\text{H}\alpha)_S$, суммарной по площади каждой, светимости $L(\text{H}\alpha)$ и темпа звездообразования, определенного по формуле $\text{SFR}(\text{H}\alpha)$ ($M_{\odot}/\text{год}$) = $7.9 \cdot 10^{-42} L(\text{H}\alpha)$ [10].

Темные и светлые изофоты, показанные на рис.3б с шагом $8.5\text{e-}17$ и $7.0\text{e-}16$, эрг/с см², соответственно, отображают распределение в диапазонах интенсивностей ниже и выше значения $I(\text{H}\alpha) \approx 5\%I(\text{H}\alpha_{\text{max}})$. Этому уровню соответствует внешний светлый контур в пределах А (рис.3б). Сходящиеся к пику излучения светлые концентрические контуры показывают примерно одинаковый со всех сторон радиальный градиент увеличения яркости. Все контуры, включая внешний, близки по форме к эллипсам с коэффициентом сжатия примерно 0.8, с вытянутой почти по горизонтали большой осью. Радиальные скорости $V_r(\text{H}\alpha)$, полученные для области НII А, варьируют, преимущественно, в пределах ошибки их измерения, небольшой по своей величине - 17 км/с. Тем не менее, заметна тенденция к увеличению их значений от периферии к центру с $V_{r_{\text{max}}}$ А, табл.2, наибольшему в поле, и скачок значений при переходе от элементов, приписанных области НII А к прилегающим к ним элементам А2. Разброс значений V_r по А2, в свою очередь, тоже небольшой, но превышающая ошибку измерения разница в 27 км/с в двух пиках, табл.2, позволяет говорить, что А2 расположена по лучу зрения ближе, чем А.

В контурах темных изолиний рис.3б отчетливо проявляется продолговатость формы области НII А1 и, также, наличие НII-области А3, расположенной визуалью между А и А1, и общность всей структуры в целом. Об общности

Таблица 2

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАСТЕЙ НII

	А	А1	А2	А3
$I(\text{H}\alpha)_{\text{max}}$ (10^{-16} эрг/см ² с)	82.6	4.8	4.3	0.2
$V_{r_{\text{max}}}$ (км/с)	1190	1187	1164	1176
Req (пк)	178	129	114	54
$I(\text{H}\alpha)_S$ (10^{-16} эрг/см ² с)	635.1	33.1	27.2	4.3
$L(\text{H}\alpha)$ (10^{+39} эрг/см ² с)	1.91	0.09	0.08	0.01
$\text{SFR}(\text{H}\alpha)$ ($M_{\odot}/\text{год}$)	0.02	<0.001	<0.001	-

свидетельствует и единственный максимум в распределении континуума по полю наблюдений. На рис.3а его положение, элементом ниже первичного максимума в $H\alpha$, отмечено буквой "с". По значениям V_T в A1 и A3, и соответствующей периферии A, которые ложатся в один интервал, не превышающий ошибку измерения, можно говорить о структуре, которая цепочкой тянется к области НII А.

4.2. Излучение областей НII в запрещенных и слабых разрешенных линиях. На интегральном спектре (рис.4), полученном для площади A, охватывающей элементы с $I(H\alpha) > 5\%I(H\alpha)_{\max}$, указаны все зарегистрированные при наблюдениях линии излучения. Кроме $H\alpha$, в частности, наблюдаются две рекомбинационные линии нейтрального гелия, HeI 6678, HeI 7065 и запрещенные линии дублетов азота [NII] 6548, 6583, серы [SII] 6716, 6731 и аргона [ArIII] 7136. Более десятка слабых линий уверенно отожд-

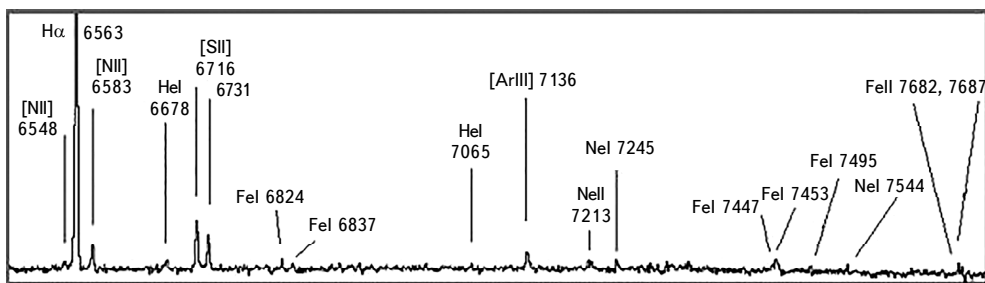


Рис.4. Линии излучения, зарегистрированные в интегральном спектре области НII А (со срезанной по интенсивности $H\alpha$).

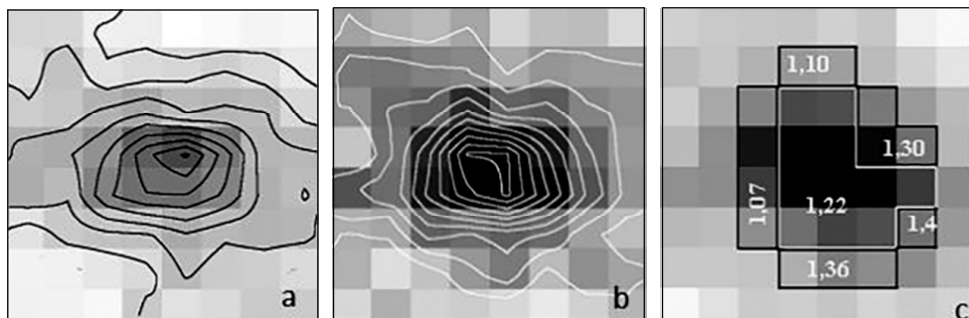


Рис.5 Фрагмент поля наблюдений, $8'' \times 8''$, с распределением по области НII А интенсивности излучения фоновыми градациями серого: а) и изолиниями в линии HeI 6678; б) и изолиниями в линии [ArIII] 7136; в) суммарной по излучению в двух линиях дублета [SII] 6716, 6731, с указанием усредненных по отдельным участкам значений электронной концентрации n_e .

Таблица 3

ИЗЛУЧЕНИЕ ОБЛАСТИ НII А В ЗАПРЕЩЕННЫХ ЛИНИЯХ

Линии	$I(\text{max})10^{-16}$ (эрг/см ² с)	$I(S_A)10^{-16}$ (эрг/см ² с)		
[NII] 6583	5.96	54.8	R_1^1	0.09
[SII] 6716	8.45	93.44	R_1^2	0.27
[SII] 6731	6.83	75.75	R_1^1/R_1^2	0.32

дествляются с линиями нейтрального железа, в частности, FeI 6824, 6837, 7447, 7453, 7544 и неона NeI 7245, 7544, и однократно ионизованных железа FeII 7682, 7687 и неона NeII 7213. При этом, линии железа FeI 6824, 6837, 7495, из перечисленных, проявляются лишь при учете периферийного кольца области НII А (включенного в площадь суммирования показанного спектра).

Основная доля излучения в интегральных спектрах вторичных областей НII, А1, А2 и А3 обусловлена линией Н α на фоне значительной дисперсии значений в континууме. В спектрах А3, А2 только ее можно считать достоверной. В отдельных элементах и А2, и А1 порог в 3σ превышает линия NeII 7213 и, хаотично, некоторые линии железа. В элементах А1, расположенных ближе к А, слабо проявляются линии [SII] 6716, 6731 и [NII] 6583.

Пики интенсивностей в распределении излучения по области НII А в линиях нейтрального гелия и в запрещенных линиях азота, серы и аргона совпадают с пиком Н α , но по-разному выражены. На рис.5а и 5б, в качестве примера, фоном и изолиниями показано распределение интенсивностей в линиях HeI 6678 и [ArIII] 7136, соответственно. В отличие от гелия со значением $I(\text{HeI } 6678)_{\text{max}} = 5.50\text{e-}16$ эрг/см²с, пик в распределении аргона $I([\text{ArIII}]7136)_{\text{max}} = 6.31\text{e-}16$ эрг/см²с, выражен слабо - в двух соседних элементах регистрируется почти та же интенсивность. Значения $I(\text{max})$ в пиках линий азота и серы [NII] 6583 и [SII] 6716, 6731 см. в табл.3. Там же приводятся значения, суммарной по площади S_A , интенсивности излучения в этих линиях $I(S_A)$, значения $R_1^1 = I([\text{NII}]6583)_{S(A)}/I(\text{H}\alpha)_{S(A)}$, $R_1^2 = ([\text{SII}]6716 + 6731)_{S(A)}/I(\text{H}\alpha)_{S(A)}$ из стандартно используемых в классификационных схемах отношений интенсивностей излучения в запрещенных и разрешенных линиях, и отношение $R_1^1/R_1^2 = I([\text{NII}]6583)_{S(A)}/I([\text{SII}]6716 + 6731)_{S(A)}$.

Карта области НII А, отображающая сумму интенсивностей излучения в линиях дублета азота [SII]6717+6731, показана на рис.5с. Численные значения соответствуют характеризующему электронную концентрацию отношению интенсивностей в этих линиях, $r(n_e) = I([\text{SII}]6717)/I([\text{SII}]6731)$. Средние значения $r(n_e)$ приводятся для отдельных участков, выделенных на рисунке

замкнутыми ломаными контурами. Значения n_e в элементах, составляющих каждый из участков, меняются в пределах ~ 0.1 . Наибольший участок со средним значением 1.22 (что соответствует электронной плотности 190 см^{-3}) захватывает элемент с пиковой интенсивностью большинства спектральных линий. Наибольшие значения электронной плотности регистрируются по периферии А близкой к А1, которая расположена в выделенной нами активной зоне АВ (см раздел 2) центральной части галактики.

Распределение интенсивностей по полю зрения MPFS, показанное в сглаженной форме на рис.6а, отображает излучение в диапазоне длин волн, включающем $H\alpha$, и линии $[NII]$ 6583, $[SII]$ 6717, 6731, которые, как было отмечено, проявляются в некоторых элементах области НII А1. Соответственно, изображение А1 выглядит более контрастно, лучше выражена ее продолговатая форма, что позволяет однозначно отождествить А1 с конденсацией, указанной стрелкой на рис.6б. На нем, в увеличенном масштабе, показан фрагмент рис.1d, т.е. снимка из обзора IRAC 4.5 мк, выполненного с телескопом

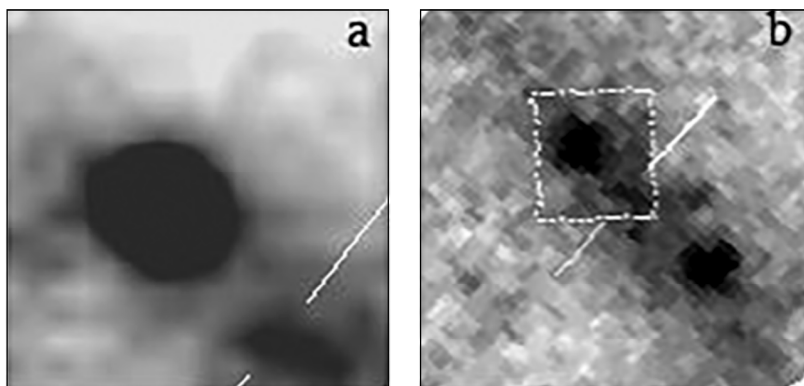


Рис.6. а) Поле наблюдений, $16'' \times 16''$, в диапазоне длин волн, включающем $H\alpha$, и линии $[NII]$ 6583, $[SII]$ 6717, 6731; б) фрагмент снимка из обзора IRAC 4.5 мк, приведенный к той же пространственной ориентации, с примерными границами поля наблюдений, показанными белым контуром.

Spitzer, приведенный к той же пространственной ориентации, что и на рис.6а. Фрагмент рис.6б охватывает зону АВ, превышающую размеры поля наблюдений, в которой видна структура деталей межзвездной среды, от которых исходит излучение на длине волны 4.5 мк. С областью НII А1 отождествляется самая крупная из них. Помимо пылевой составляющей, присущей всем деталям структуры, на что указывает рассматриваемая длина волны, можно предположить и базовую общность свойств деталей структуры, в частности, с выявленными в данной статье характеристиками А1. Отметим,

что вся структура, включая A1, отсутствует на снимке из обзора IRAC 3.6 мк; едва дифференцируемые на нем несколько слабых конденсаций, меньших размеров, в зоне АВ имеют иную конфигурацию, что косвенно свидетельствует об общности основных характеристик прослеживаемой на 4.5 мк структуре.

5. *Заключение.* Основные характеристики исследуемой галактики SBS1001+555, такие как небольшое значение красного смещения, $z=0.0037$, морфология типа "flat", близкая к edge-on пространственная ориентация, малоразвитая структура, делают ее информативным, эталонным объектом для изучения процессов звездообразования. В статье представлены результаты по детальным исследованиям галактики, полученные по наблюдениям на 6-м телескопе CAO РАН с использованием мультиспектрального спектрографа MPFS. Проведено 3D-спектроскопическое исследование основного очага звездообразования галактики SBS1001+555, обозначенного нами "А", который является ярким, ~ 16 зв. вел, спектрофотометрическим объектом SDSS с идентификацией 1237655108369907841. Анализ поверхностного распределения параметров излучения в наиболее интенсивной в полученном спектре бальмеровской линии водорода H α , выявил, помимо области HII А, наличие связанных с ней трех вторичных областей HII, A1, A2, A3, что свидетельствует о продолжающихся в галактике процессах звездообразования. В соответствии с полученными по излучению в H α данными, для каждой из областей HII приводятся значения пиковой интенсивности, рассчитаны эквивалентные радиусы, расстояния, светимость и темп звездообразования.

Проанализированы имеющиеся в базах и литературе данные по галактике в целом и по области HII А. Из вторичных областей HII только у A1 выявлено излучение на снимке из обзора IRAC 4.5 мк, проведенного с телескопом Spitzer. A1 расположена в зоне АВ, с которой ассоциируются наиболее активные процессы, протекающие в галактике. В структуре наблюдаемой на 4.5 мк, помимо A1 обнаруживаются и другие конденсации за пределами поля наблюдений. Можно предположить, в частности, что и они являются областями HII в стадии формирования. Рассмотрению этого и других вопросов, связанных, в частности, с полученными по излучению областей HII в линиях железа и неона, а также исследованию конденсации В, будет посвящена следующая статья.

Авторы выражают благодарность анонимному рецензенту за весьма полезные замечания. Статья основана на наблюдательном материале, полученном на 6-м телескопе CAO РАН, работа которого поддерживается Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Обновление приборной базы CAO РАН осуществляется в рамках национального проекта "Наука и

университеты". Работа выполнена в рамках государственного задания САО РАН, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: susannahakopian@yahoo.com

² Специальная астрофизическая обсерватория, Россия, e-mail: dodo@sao.ru moisav@sao.ru

STUDY OF GALAXIES WITH STAR FORMATION REGIONS. PANORAMIC SPECTROSCOPY OF SBS1001+555

S.A.HAKOPIAN¹, S.N.DODONOV², A.V.MOISEEV², A.A.SMIRNOVA²

We study the galaxy SBS1001+555 as an object of the base sample in our program to study the evolutionary processes of star formation in galaxies. The results of panoramic spectroscopy of its central part, which is the zone of activity of the galaxy including its main hearth of star formation, which we designated as A are presented. The observations were made using the MPFS (Multi Pupil Fiber Spectrograph) at the 6-m telescope of Special Astrophysical Observatory of Russia. Besides the most intense Balmer emission line of hydrogen $H\alpha$, the resulting integrated spectrum contains helium lines HeI 6678, HeI 7065, forbidden lines of nitrogen, sulfur, argon [NII] 6548, 6583, [SII] 6716, 6731, [ArIII] 7136 and more than a dozen weak lines of neutral and singly ionized lines of iron and neon FeI 6824, 6837, 7447, 7453, 7544, NeI 7245, 7544, FeII 7682, 7687, NeII 7213. A detailed analysis of the two-dimensional distributions of intensities, radial velocities and other parameters over the field of view in $H\alpha$ has been carried out. In addition to A, the largest and brightest HII region, three small ones, A1, A2, and A3, were revealed, which together with A form a common structure. One of the secondary regions, A1, is identified with the condensation in the image in the 4.5 mm range based on the data of the Spitzer telescope. The values of the main parameters in their peaks are given as numerical characteristics of the HII regions; from the integral parameters, the equivalent radii, luminosity and star formation rate, Req , $L(H\alpha)$ and $SFR(H\alpha)$ are given. The presented data, in particular, indicate active processes directly related to the brightest optical radiation source in SBS1001+555 and the development of a star-forming structure around it.

Keywords: *3D-spectroscopy: H α -radiation: HII regions: individual: SBS1001+555 (UGC05421)*

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.E.Markarian, D.A.Stepanian*, *Астрофизика*, **19**, 29, 1983, (*Astrophysics*, **19**, 14, 1983).
2. *S.A.Hakopian*, arXiv:1403.0127, 2014.
3. *S.A.Hakopian, S.N.Dodonov, A.V.Moiseev*, *Астрофизика*, **64**, 13, 2021, (*Astrophysics*, **64**, 8, 2021).
4. *B.E.Markarian, D.A.Stepanian*, *Астрофизика*, **20**, 21, 1984, (*Astrophysics*, **20**, 10, 1984).
5. *A.M.Garcia*, *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, **100**, 47, 1993.
6. *C.M.Springob, M.P.Haynes, R.Giovanelli et al.*, *Astrophys. J.*, **621**, 215, 2005.
7. *A.Baillard, E.Bertin, V. de Lapparent et al.*, *Astron. Astrophys.*, **532**, A74, 2011.
8. *V.L.Afanasiev, S.N.Dodonov, A.V.Moiseev*, in "Stellar Dynamics: From Classic to Modern", (Eds. L.P.Ossipkov, I.I.Nikiforov), St. Petersburg: Sobolev Astronomical Institute, 103, 2001.
9. *A.A.Smirnova, A.V.Moiseev, V.L.Afanas'ev*, *Pis'ma v Astron. zh.*, **32**, 577, 2006.
10. *R.C.J.Kennicutt, P.Tamblyn, C.E.Congdon*, *Astrophys. J.*, **435**, 22, 1994.