

УДК 524.7-77

## НОВЫЕ ПРОТЯЖЁННЫЕ РАДИОИСТОЧНИКИ ИЗ NVSS

© 2015 В. Р. Амирханян<sup>1\*</sup>, В. Л. Афанасьев<sup>2</sup>, А. В. Моисеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва, 119992 Россия

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 27 октября 2014 года; принята в печать 24 ноября 2014 года

На 6-м телескопе САО РАН выполнены спектральные наблюдения оптических компонент девяти новых протяженных радиоисточников, найденных в каталоге NVSS. Измеренные красные смещения центральных галактик лежат в диапазоне  $z = 0.1-0.4$ . В рамках стандартной космологической модели получены физические размеры радиоисточников. Два самых протяженных объекта 0003+0351 и 0422+1512 достигают размеров 2.1 Мпк и 4.0 Мпк соответственно, что близко к максимальному размеру известных радиоисточников.

Ключевые слова: галактики — радиоконтинуум: галактики

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Статистика протяженных радиоисточников, необходимая для космологических тестов, сегодня недостаточна. Ее расширение возможно только в область слабых потоков. Экспериментальный фундамент такого движения — обзоры NVSS [1] и FIRST [2]. Каталог NVSS был исследован модифицированными программами из [3]. В результате получен список более двух тысяч кандидатов в протяженные радиоисточники. Красное смещение большинства из них неизвестно. В этой работе мы получили оптические спектры и определили красные смещения девяти радиоисточников из этого списка. Прежде чем начать наблюдения, необходимо найти объект, спектр которого мы предполагаем исследовать. отождествление протяженных радиоисточников — задача непростая, так как вероятность ложного отождествления растет с увеличением протяженности радиоисточника. Поиск кандидатов в оптические компоненты радиоисточников проводился в несколько этапов. Первоначально в базах данных NED и SDSS отбирались объекты (галактики или квазары), удаленные от координат сформированных радиоисточников не более чем на  $30''$ . Далее искалась ближайшая к оптическому объекту компонента радиоисточника. И если расстояние между ними не превышало  $10''$  или оптический объект находился не далее  $10''$  от большой оси радиоисточника, мы считали его наиболее вероятным оптическим

компонентом. Такой алгоритм легко формализуется и дает уверенный результат, если морфология радиоисточника близка к классической. В более сложных случаях мы использовали систему ALADIN [4] для визуальной проверки правильности отождествления.

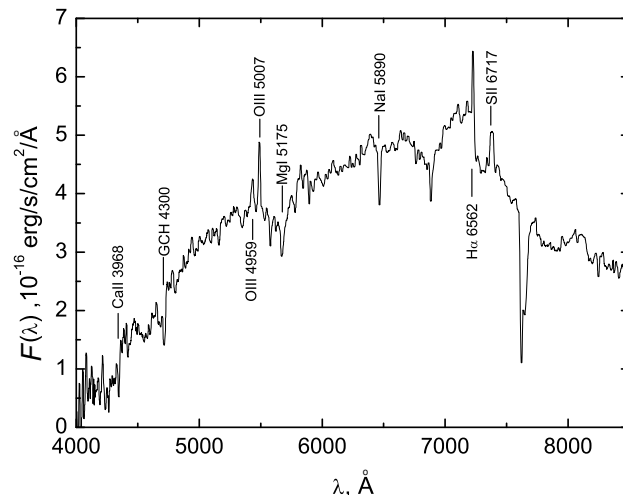
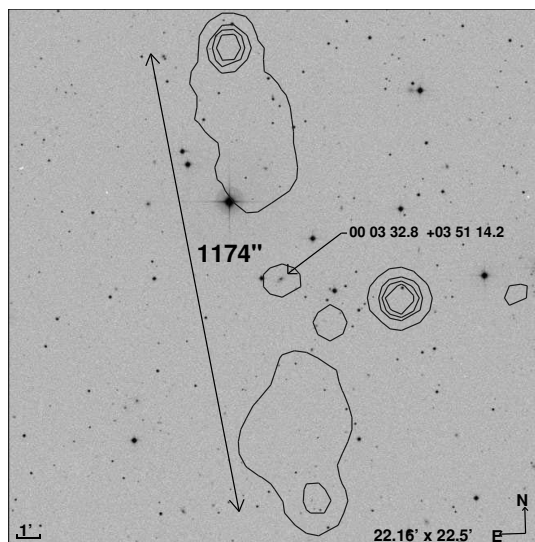
### 2. НАБЛЮДЕНИЯ

Спектральные наблюдения центральных галактик радиоисточников проводились на 6-м телескопе САО РАН с универсальным прибором SCORPIO-2 [5] как программа-дубль, когда

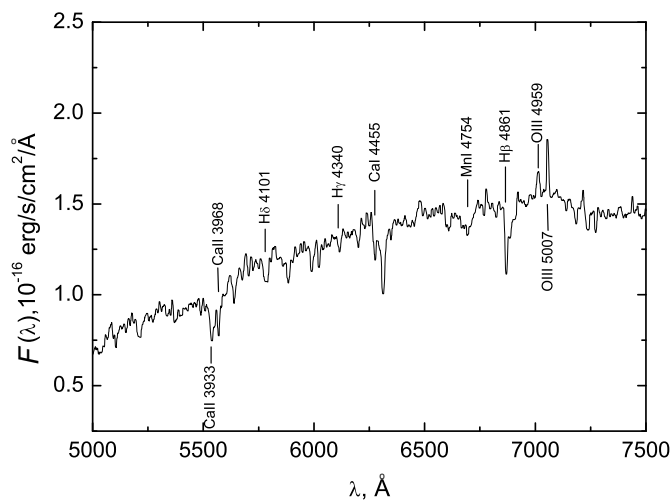
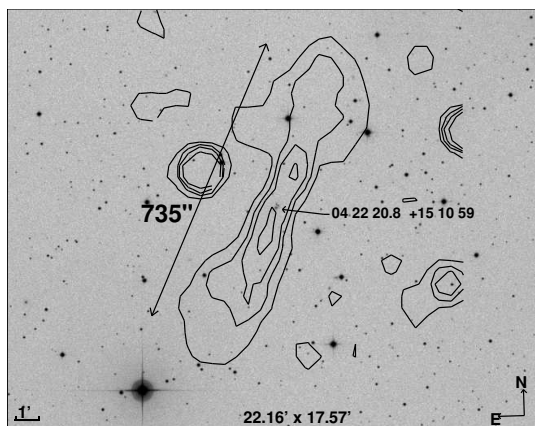
Таблица 1. Журнал наблюдений

Название объекта	Дата наблюдений	Экспозиция, с
0422+1510	20/21.02.2012	600 × 2
0422+1407	21/22.02.2012	900 × 2
0638+3334	21/22.02.2012	900 × 2
1427+2657	12/13.05.2013	600 × 1
1240+5330	12/13.05.2013	600 × 1
1421+1016	14/15.06.2013	600 × 1
1301+5408	14/15.06.2013	600 × 2
1600+6137	14/15.06.2013	300 × 2
0003+0351	06/07.11.2013	300 × 3

\*E-mail: amir@sao.ru



**Рис. 1.** Источник 0003+0351. Слева: изоконтуры радиокарты NVSS, наложенные на изображение из DSS2-red. Стрелочка отмечает положение хозяйской галактики и ее оптические координаты, также показан принятый размер радиоструктуры. Справа: оптический спектр хозяйской галактики; отмечено положение основных эмиссионных и абсорбционных линий.



**Рис. 2.** Аналогично рис. 1, источник 0422+1512.

погодные условия препятствовали выполнению основной программы. Наблюдения выполнены в режиме спектроскопии с длинной щелью, с гризмой VPHG940@600, обеспечивающей спектральный диапазон 3700–8500 Å с разрешением около 7 Å при ширине щели 1". Обработка данных проводилась авторскими программами, работающими в среде IDL. Пакет программ выполняет общепринятые процедуры в заданной последовательности: вычитание кадра нулевой экспозиции, деление на плоское поле, построение дисперсионной кривой. Приведение к шкале абсолютных потоков выполнено по спектрам звезд-спектрофотометрических стандартов, наблюдавшихся в те же ночи. Чтобы

получить спектр исследуемого объекта с максимальным отношением сигнал/шум, изображение спектра сворачивалось со средневзвешенным поперечным контуром спектра стандарта. Журнал наблюдений приведен в таблице 1.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 2 приводится список наблюдаемых радиоисточников и их параметры: (1) название объекта; (2, 3) координаты центра тяжести радиоисточника; (4) видимый угловой размер, измеренный как угловое расстояние между наиболее разнесенными компонентами радиоисточника; (5) инте-

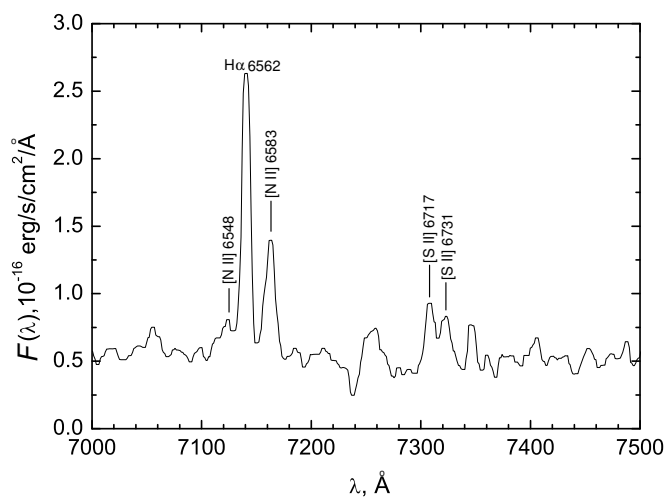
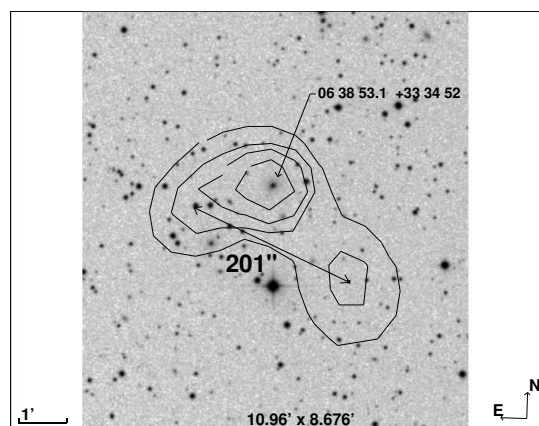


Рис. 3. Аналогично рис. 1, источник 0638+3334.

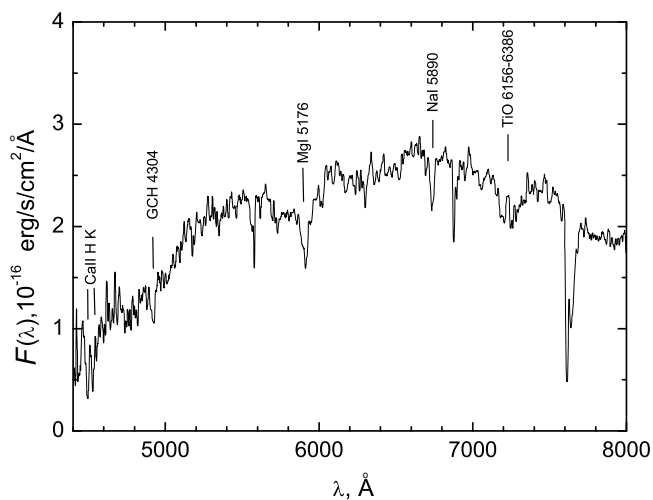
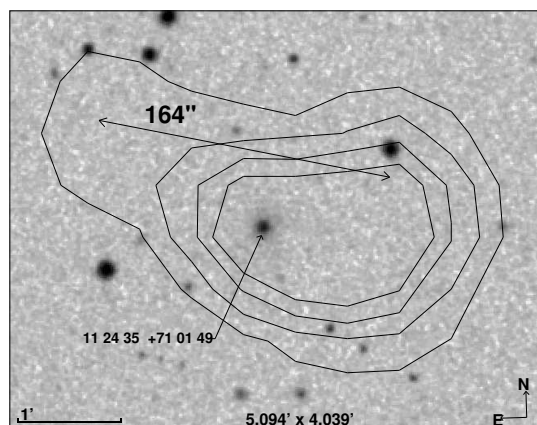


Рис. 4. Аналогично рис. 1, источник 1124+7102.

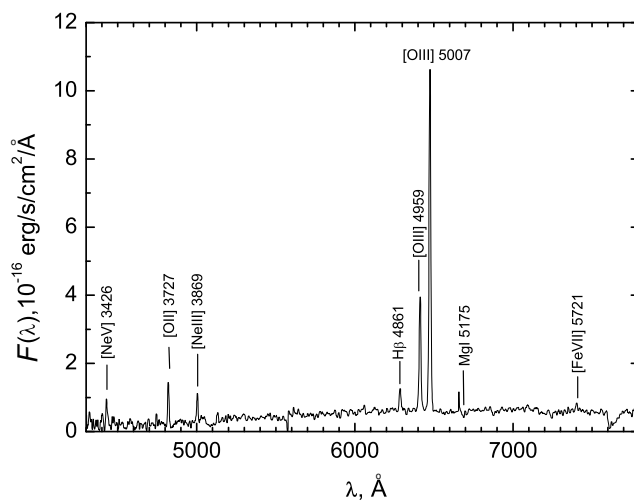
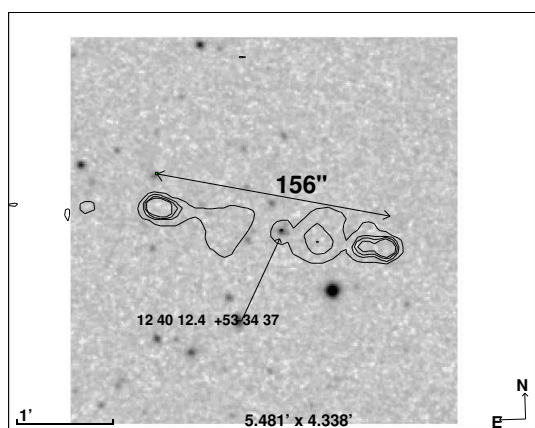


Рис. 5. Изофоты радиокарты FIRST. Остальное аналогично рис. 1, источник 1240+5334.

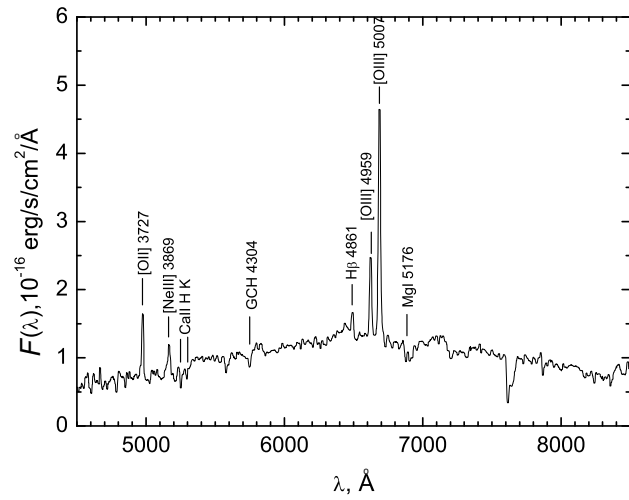
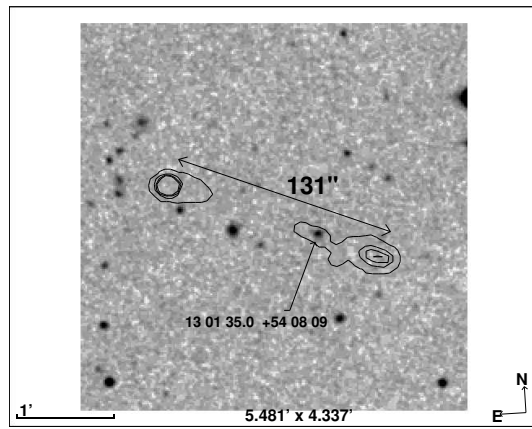


Рис. 6. Изофоты радиокарты FIRST. Остальное аналогично рис. 1, источник 1301+5408.

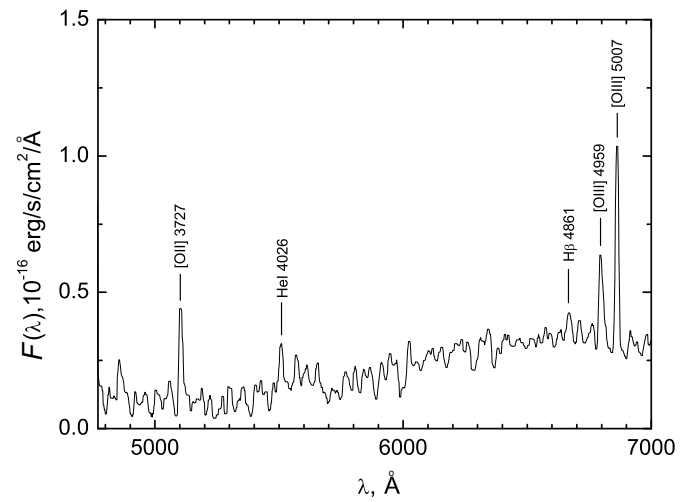
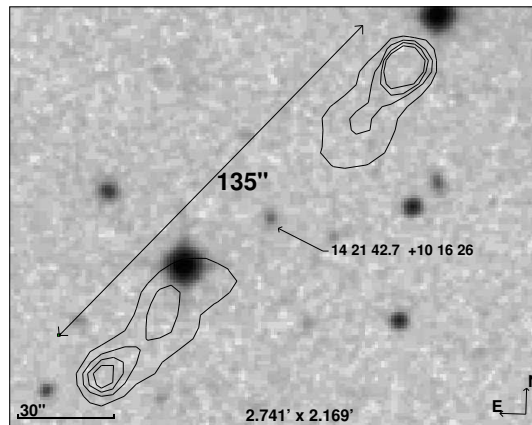


Рис. 7. Изофоты радиокарты FIRST. Остальное аналогично рис. 1, источник 1421+1016.

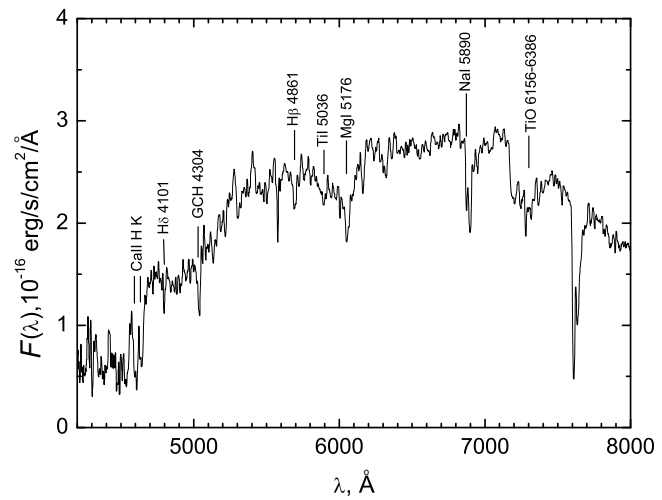
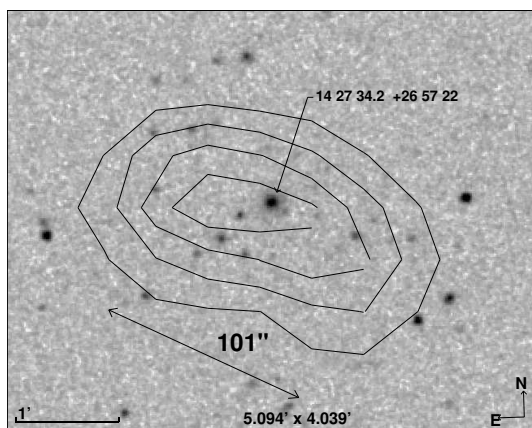


Рис. 8. Аналогично рис. 1, источник 1427+2657.

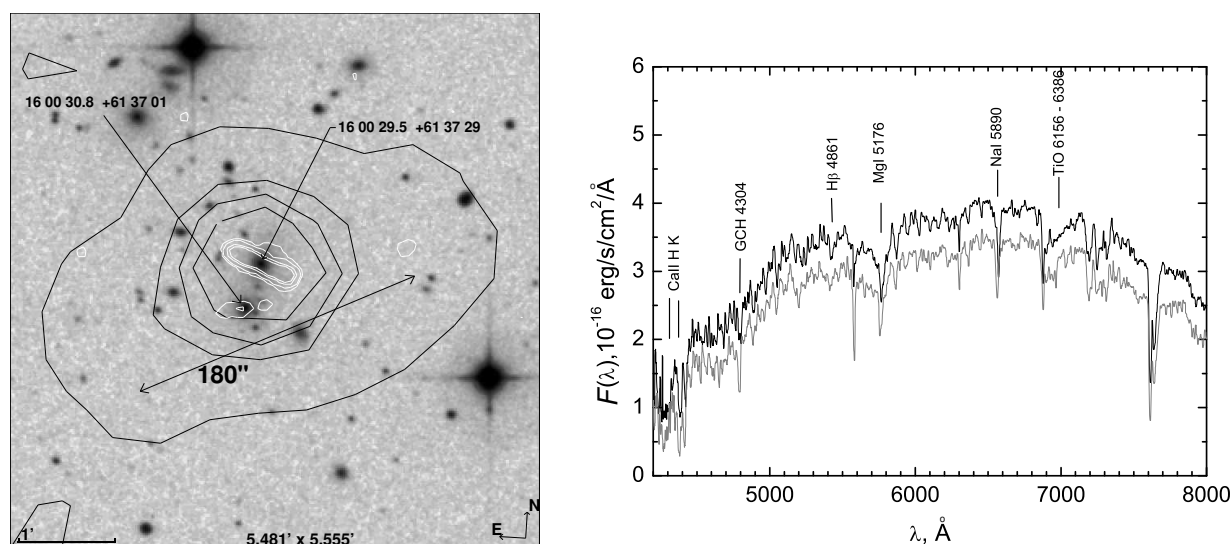


Рис. 9. Аналогично рис. 1, источник 1600+6137. Белые внутренние контуры — FIRST, внешние — NVSS. Показаны спектры обеих галактик. Чтобы спектры не сливались, спектр «верхней» галактики смещен вверх по оси ординат.

Таблица 2. Параметры радиоисточников

Название объекта	RA 2000.0	DEC 2000.0	$\Theta$ , arcsec	$S$ , mJy	$z$	$D$ , Mpc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0003+0351	00 03 32.83	+03 51 14.2	1174	450.8	0.097	2.08
0422+1512	04 22 18.53	+15 12 39.3	735	168.8	0.409	3.98
0638+3334	06 38 52.79	+33 34 08.1	201	268.7	0.088	0.33
1124+7102	11 24 35.89	+71 02 08.5	164	83.3	0.141	0.40
1240+5334	12 40 13.66	+53 34 38.5	156	276.8	0.293	0.68
1301+5408	13 01 38.00	+54 08 21.4	131	276.4	0.336	0.62
1421+1016	14 21 43.30	+10 16 25.0	135	238.8	0.370	0.69
1427+2657	14 27 34.10	+26 57 11.2	101	45.3	0.170	0.29
1600+6137	16 00 28.17	+61 37 17.3	180	129.7	0.114	0.35

гральный поток на частоте 1.4 ГГц; (6) красное смещение; (7) линейный размер в рамках стандартной космологической модели  $\Lambda$ CDM.

На рис. 1–9 приводятся NVSS- и/или FIRST-карты радиоисточников, совмещенные с изображениями DSS2-red. На картах отмечены угловой размер радиоисточника (длинная стрелка, параллельная большой оси радиоисточника), положение и координаты родительской галактики. Справа показаны спектры оптических компонент радиоисточников.

В поле источника 1600+6137 попадают сразу две галактики, разнесенные на 28'' (54 кпк в проекции). Щель спектрографа проходила через

оба объекта. Полученные спектры очень похожи, что неудивительно для эллиптических галактик, близких по размерам и светимости. Разница лучевых скоростей этих галактик составляет около 200–300 км с<sup>-1</sup>; скорее всего, они образуют физическую пару. Радиоизображения этих объектов с высоким угловым разрешением из обзора FIRST показаны на рис. 9 белыми изофотами. Так как угловое разрешение NVSS и FIRST составляет 45'' и 5'' соответственно, в FIRST не видны слабые протяженные области, которые детектирует NVSS. В тоже время активность этих объектов в радиодиапазоне, если судить по данным FIRST, отличается на полтора порядка: поток на 1.4 ГГц

от «верхней» галактики 77.5 мЯн, от «нижней» — 2.63 мЯн. Возможно, большая разница потоков объясняется анизотропией диаграммы излучения в радиодиапазоне и различной пространственной ориентацией структур радиоисточников.

В таблицу 2 включены измеренные красные смещения и рассчитанные видимые размеры наблюдаемых радиоисточников. При вычислениях предполагалась принятая сегодня астрономическим сообществом модель пространства ( $\Omega_m = 0.27$ ,  $\Omega_v = 0.73$ ,  $H_0 = 71$  км сек<sup>-1</sup> Мпк<sup>-1</sup>). Два объекта нашего списка перешли условный рубеж в 1 Мпк и попадают в список гигантов. Самый протяженный объект выборки 0422+1512 немного меньше самого протяженного из известных радиоисточников 3С 236. В работе [6] приводится физический размер этого объекта — 5.65 Мпк. При этом предполагалась модель пространства Фридмана с постоянной Хаббла  $H = 50$  км сек<sup>-1</sup> Мпк<sup>-1</sup> и параметром замедления  $q_0 = 0.5$ . В современной модели при угловом размере 3С 236 около 2300'' его физический размер составляет 4.15 Мпк, что практически совпадает с размером 0422+1512.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Статья основана на данных наблюдений 6-м телескопа САО РАН, работающего при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 14.619.21.0004, идентификатор проекта RFMEFI61914X0004). АМ благодарит фонд «Династия» за финансовую поддержку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, et al., *Astron. J.* **115**, 1693 (1998).
2. R. L. White, R. H. Becker, D. J. Helfand, and M. D. Gregg, *Astrophys. J.* **475**, 479 (1997).
3. V. R. Amirkhanyan, *Astrophysical Bulletin* **64**, 325 (2009).
4. F. Bonnarel, P. Fernique, O. Bienayme, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **143**, 33 (2000).
5. V. L. Afanasiev and A. V. Moiseev, *Baltic Astronomy* **20**, 363 (2011).
6. J. Machalski, M. Jamrozy, and S. Zola, *Astron. and Astrophys.* **371**, 445 (2001).

## New Extended Radio Sources from the NVSS

V. R. Amirkhanyan, V. L. Afanasiev, and A. V. Moiseev

We report the results of the spectroscopic observations carried out at the SAO RAS 6-m telescope for the optical components of nine new extended radio sources found in the NVSS catalog. The measured redshifts of the host galaxies lie in the range of  $z = 0.1-0.4$ . Physical sizes of the radio sources were calculated within the standard cosmological model. The two most extended objects, 0003+1512 and 0422+0351, reach sizes of 2.1 Mpc and 4.0 Mpc respectively. This is close to the maximum size of known radio sources.

Keywords: *galaxies: general—radio continuum: galaxies*