

УДК 524.7-77:52-14(083.8)

РАДИОИСТОЧНИКИ ОБЗОРА НА СКЛОНЕНИИ ПУЛЬСАРА В КРАБОВИДНОЙ ТУМАННОСТИ (DEC = +22°)

© 2024 А. А. Кудряшова^{1*}, Н. Н. Бурсов¹, С. А. Трушкин¹¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 РоссияПоступила в редакцию 10 августа 2023 года; после доработки 20 сентября 2023 года;
принята к публикации 22 сентября 2023 года

Представлены результаты анализа 205 наиболее ярких источников ($S > 15$ мЯн), которые обнаружены в обзоре неба на склонении пульсара в Крабовидной туманности. Обзор проводился на частоте 4.7 ГГц с помощью трехлучевого комплекса радиометров, установленного в фокусе Западного сектора радиотелескопа РАТАН-600 в 2018–2019 гг. По проведенным измерениям и данным, собранным в базе астрофизических каталогов CATS, построены радиоспектры объектов. Для четверти всех обнаруженных источников данные на частоте больше 4 ГГц получены впервые, а для остальных — дополнены. Исследована переменность излучения источников на масштабах года, от суток до месяцев. Наибольшее изменение радиопотока обнаружено у блазара В2 1324+22. Поиск суточной переменности проведен у 26 наиболее ярких источников со средним значением $S_{4.7} \sim 250$ мЯн. Все источники отождествлены с объектами оптических и инфракрасных каталогов. Для 112 объектов с известным красным смещением рассчитана радиосветимость.

Ключевые слова: каталоги, обзоры — галактики: активные — радиоизлучение с непрерывным спектром: галактики

1. ВВЕДЕНИЕ

Радиообзоры неба являются основным методом исследования, который позволяет получать новую информацию о большом количестве объектов различного типа. Среди наиболее известных радиообзоров можно отметить 3C (Edge et al., 1959), 4C (Pilkington and Scott, 1965; Gower et al., 1967), Parkes (Otrupcek and Wright, 1991), GB6 (Gregory et al., 1996), TGSS (Intema et al., 2017), GLEAM (Hurley-Walker et al., 2017), VLASS (Lacy et al., 2020). Значительный вклад в изучение радиоисточников внесли обзоры больших областей неба на частоте 1400 МГц на интерферометре VLA — NVSS (Condon et al., 1998) и FIRST (Becker et al., 1994). Большую роль играют и одиночные телескопы с большой апертурой: 500-м FAST, 100-м GBT, а также РАТАН-600, которые дают новую информацию в широком диапазоне частот.

На радиотелескопе РАТАН-600 проведено несколько больших обзоров неба: Зеленчукский обзор в области склонений 0° – 14° (Amirkhanyan et al., 1992), глубокий обзор «Холод» на частоте 3.9 ГГц, в результате которого получен RC каталог (Parijskij et al., 1991, 1993; Bursov, 1996; Soboleva

et al., 2010), многочастотный круглосуточный обзор двухградусной околосенитной области (RZF, $\delta = 41^\circ 5' \pm 1^\circ$) в течение десяти лет на склонении яркого источника 3C 84 (Parijskij et al., 2005).

С 2017 года на Западном секторе РАТАН-600 с помощью комплекса четырехканальных радиометров на центральной частоте 4.7 ГГц проводятся круглосуточные обзоры неба на разных склонениях. В наблюдениях измеряется антенная температура неба в зависимости от среднего звездного времени при прохождении участка неба через неподвижную диаграмму направленности (ДН) телескопа.

Здесь обсуждаются результаты исследования выборки источников, обнаруженных в обзоре на склонении одного из самых ярких объектов на небе в радиодиапазоне — Крабовидной туманности. Обнаруженные источники отождествлены методом кросс-идентификации с большим количеством радиоданных с использованием базы данных CATS (Verkhodanov et al., 2005) для построения скомпилированных радиоспектров источников. В результате обработки получены значения плотности потока источников выборки на частоте 4.7 ГГц. Используя эти данные, мы уточнили и дополнили радиоспектры источников, проанализировали кривые блеска источников на разных временных масштабах в течение года и оценили переменность

*E-mail: akudryasova@yandex.ru

плотности потока. Для источников выборки было проведено исследование имеющихся литературных данных. Мы использовали базы астрофизических данных NED¹⁾, Roma-BZCAT²⁾, VizieR³⁾ и их инструменты. Большинство источников отождествлено с оптическим каталогом SDSS (DR16)⁴⁾, а также с Gaia (DR3)⁵⁾, 2MASS⁶⁾ и Pan-STARRS⁷⁾.

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА

Наблюдения осуществлялись на Западном секторе (азимут 270°) РАТАН-600 при неподвижно стоящей антенне на склонении пульсара в Крабовидной туманности ($\delta = +22^\circ 00' 52''$). Полоса обзора неба имела площадь более 200 квадратных градусов. Расчетная высота, на которую была сфокусирована антенна Западного сектора, равнялась $H_0 = 32^\circ 48' 47''$.

Обзор проводился в течение года с 28 мая 2018 г. по 30 мая 2019 г. на комплексе из трех однотипных радиометров на центральной частоте 4.7 ГГц ($\lambda = 6.38$ см) и с полосой пропускания 600 МГц, разделенной на каналы шириной 150 МГц каждый (Tsybulev et al., 2018). Входные рупора трех радиометров располагались вдоль фокальной линии вторичного зеркала таким образом, что второй рупор находился в фокусе радиотелескопа. Система сбора данных описана в работе Tsybulev (2011). Круглосуточный обзор разделялся на часовые записи наблюдений по прямому восхождению. Методы обработки обзорных записей описаны в работе Bursov (2003).

В системе сбора частота опроса (частота кварцевого генератора) составляла изначально 490 мкс, затем, при поиске быстрых радиовсплесков (FRB), — 245 мкс и 61 мкс для разрешения гигантских импульсов у пульсара в Крабовидной туманности. При обработке для остальных радиоисточников для увеличения S/N проводилось сжатие записей до интервала времени порядка 0.097 с. При этом сама величина дискрета незначительно менялась из-за температурных дрейфов. Для достижения однородности данных проводилось их интерполирование до 0.1 с. В каналах каждого радиометра записи выравнивались к среднему значению и усреднялись, что приводило к уменьшению шумов на записях примерно в два раза. За каждый месяц наблюдений было получено около 25 качественных ежедневных записей

каждого часа наблюдений на каждом радиометре. В итоге было получено 12 среднемесячных записей в течение года. Чувствительность на выходе радиометров на частоте 4.7 ГГц достигала 3 мКс^{-1} , а при эффективной площади Западного сектора около 1000 м^2 чувствительность телескопа составляла около 5 мЯн/луч . Данное значение ограничено атмосферными и промышленными шумами, а также эффектом путаницы для луча антенны, имеющего угловые размеры $1' \times 35'$. Особенности прохождения источников через ДН радиотелескопа в азимуте 270° при относительно большом размере вторичного зеркала пятого типа и несимметричном раскрытии антенны Западного сектора описаны в работе Majorova et al. (2023), где показано, что это не приводит к изменению вертикального размера формы ДН на 4.7 ГГц. Для отождествления источников обзора с источниками NVSS каталога координаты последних пересчитывались по эфемеридам на видимое место с помощью программы *svp* (Korzhavin et al., 2012). Отождествление проводилось методом кросс-идентификации с учетом свойств источников и их выноса относительно центра диаграммы направленности dH , где $dH = H_0 - H_{\text{src}}$.

Важной частью обработки была привязка записей по времени и по амплитуде, которые были нестабильными. Нестабильность по времени была связана прежде всего со сбоями сети и отключением электропитания. В отсутствие калибровочных сигналов, изменения температуры окружающей среды и самих радиометров, работавших в теплом режиме без термостабилизации, оказывали влияние на уровень амплитуды сигнала. Еще одним фактором нестабильности являлось изменение состояния самих радиометров со временем (электропитание, вариации СВЧ-усилителей и т.п.). Поэтому в работе амплитуда источников измерялась не в антенных температурах (T_a), а в единицах измеренной амплитуды (A). Тем не менее амплитуды записей источников измерялись в единицах антенной температуры (мК). Для общей калибровки записей наблюдений по чувствительности в течение года использовались антенные температуры яркой Крабовидной туманности, которая принадлежит к первичным стандартам. Изменения амплитуды источника, как правило, связаны с изменением усиления радиометров в течение всего цикла измерений. Калибровочные кривые, полученные по источнику Крабовидная туманность, приведены на рис. 1.

При накоплении записей необходимо было учитывать изменение положения источников в течение года из-за прецессии и нутации относительно неподвижной антенны. Также вносилась коррекция в среднее звездное время из-за случавшихся сбоев привязки по GPS-передатчику. В первом случае

¹⁾<https://ned.ipac.caltech.edu/>

²⁾<https://www.ssd.csi.it/bzcat5/>

³⁾<https://vizier.cds.unistra.fr/>

⁴⁾<http://cas.sdss.org/dr16/en/home.aspx>

⁵⁾<https://gea.esac.esa.int/archive/>

⁶⁾<https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/2mass.html>

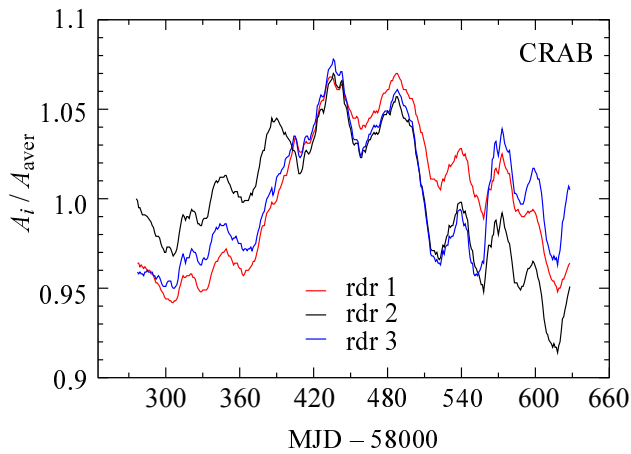


Рис. 1. Вариации амплитуды (A) Крабовидной туманности в обзоре на Западном секторе РАТАН-600 на частоте 4.7 ГГц в относительных единицах.

решением проблемы было смещение записей по рассчитанным эфемеридам. Поскольку не на всех часах были яркие источники, то общая привязка записей по времени осуществлялась по средневзвешенной кривой с общей погрешностью на уровне, не превышающем 1–2 с. Это незначительно сказывалось на точности положения источников и их амплитуды при осреднении записей, так как размеры полуширины ДН по уровню половинной мощности ($HPBW$) были больше 5 с. Тем не менее для повышения точности измерений параметров источников (звездное время, амплитуда и полуширина) источники из часовых записей наблюдений вырезались с окном порядка одной минуты времени и проводилась коррекция их положения в соответствии с их эфемеридами.

Пример коррекции для NVSS J003147+215347 (далее для краткости названий в таблицах и на рисунках мы будем опускать акроним NVSS) со средней $A = 150$ мК показан на рис. 2, где на панели (а) приведены почищенные от помех записи за год наблюдений; на панели (б) — после коррекции по эфемеридам и амплитуде. Для источников с $A \sim 10$ мК средняя погрешность определения амплитуд после коррекции составляет около 10%.

При формировании выборки источников мы усредняли скорректированные записи за год наблюдений. Для достижения максимального отношения сигнал/шум к этим записям применялась свертка с реальной ДН, полученной по ярким источникам в каждом луче. Критерием включения источников в выборку ярких объектов было $S/N > 50$ при амплитуде источников $A \geq 5$ мК. В результате для всей выборки источников, расположенных не дальше $|dH| < 10'$ от фокальной линии ДН антенны, минимальная плотность потока составила 15 мЯн.

Для привязки источников по плотности потока в зависимости от их выноса из фокуса была составлена подвыборка ярких источников со степенными спектрами, по которым строились калибровочные кривые: отношение плотности потока каждого источника на частоте обзора ($S_{4.7}$) к его амплитуде (A) в зависимости от выноса источника от центра ДН каждого луча. На рис. 3 показана гистограмма распределения спектральной плотности потоков источников на 4.7 ГГц. Только один источник в выборке имеет плотность потока $S_{4.7} > 1$ Ян. Несмотря на то, что источники являются яркими — с большим S/N , — плотность потока для половины источников составляет $S_{4.7} < 50$ мЯн. На врезке показаны калибровочные кривые по плотности потока в зависимости от выноса, $S_{4.7}/T_a \sim f(dH)$, где $T_a \approx A$.

3. РАДИОСПЕКТРЫ

В обзоре Callingham et al. (2017) были исследованы источники с различным спектральным распределением энергии: источники с пиком на частоте порядка 1 ГГц (Gigahertz peaked spectrum, GPS), компактные источники с ультракратным спектром (Compact steep spectrum, CSS) и источники с пиком на высоких частотах (High frequency peaked, HFP), относящиеся к классу радиоизлучающих активных ядер галактик (АЯГ), которые, как считается, являются молодыми предшественниками массивных АЯГ, таких как Центавр А и Лебедь А (O'Dea, 1998; O'Dea et al., 1991; Tinti et al., 2005; Kunert-Bajraszewska et al., 2010). Спектры источников GPS и HFP имеют заметный пик и понижение потоков по обе стороны от пика. Полагают, что источники CSS обладают свойствами, сходными с источниками GPS и HFP, но их пиковые частоты значительно ниже (Pentericci et al., 2000). Следовательно, основным различием между источниками GPS, CSS и HFP являются частота спектрального пика и размер объекта. Источники GPS и HFP имеют линейные размеры примерно 1 кпк и пиковые частоты около 1–5 ГГц и более 5 ГГц соответственно (Dallacasa et al., 2000), в то время как CSS-источники имеют линейный размер около 1–20 кпк и, как принято считать, имеют самые низкие пиковые частоты, до сотен мегагерц.

С помощью базы данных CATS источники выборки были отождествлены с источниками других радиокаталогов на различных частотах. По данным обзора и литературным данным были построены радиоспектры исследуемых объектов. Для этого использовалась программа **spg** из пакета **FADPS** (Verkhodanov et al., 1993). Как показал подсчет, данные на частоте больше 4 ГГц были впервые получены для четверти источников, а для остальной части выборки источников дополнены.

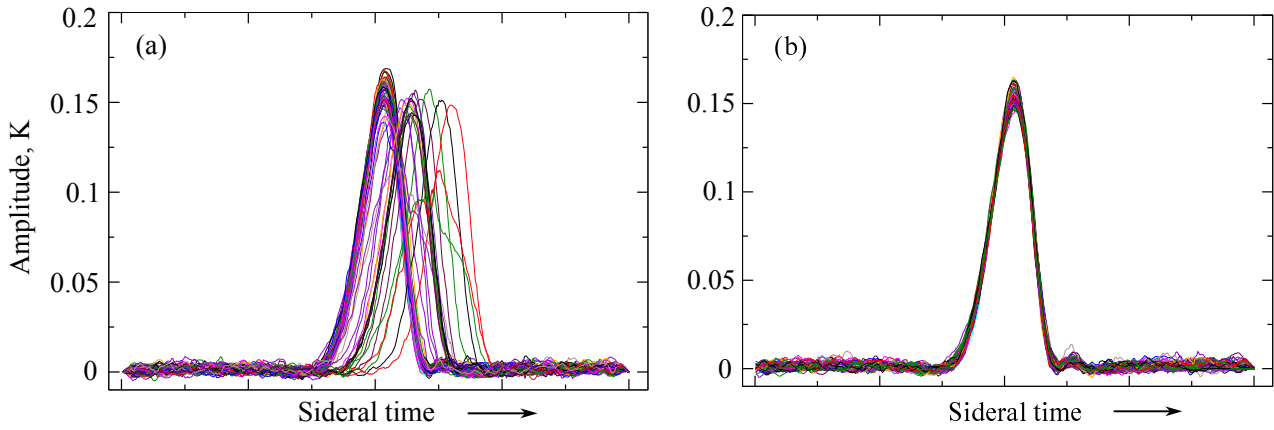


Рис. 2. Источник NVSS J003147+215347: (a) — исходные, очищенные от помех записи за год наблюдений; (b) — после коррекции по эфемеридам и амплитуде.

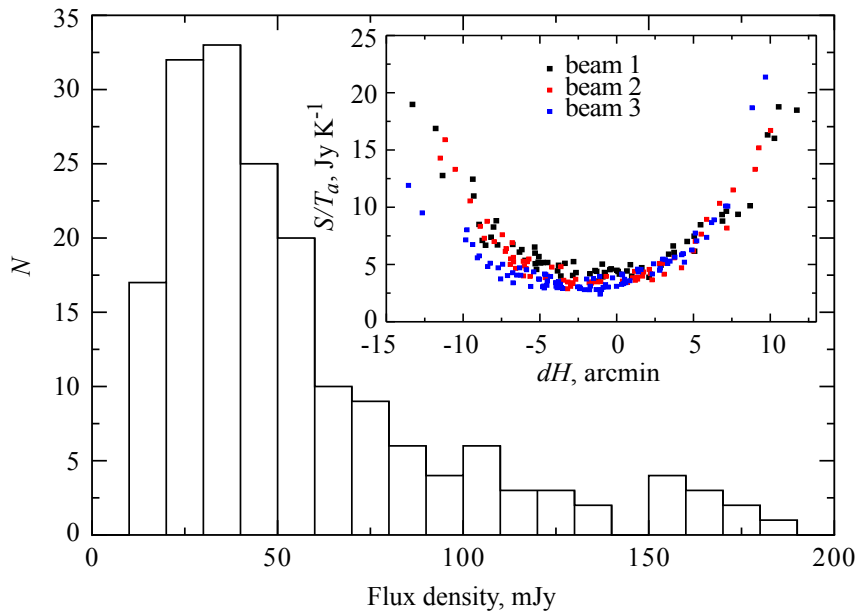


Рис. 3. Гистограмма распределения плотности потока выборки 205 источников на частоте 4.7 ГГц. На врезке представлены калибровочные кривые по плотности потока для трех радиометров.

Спектральный индекс рассчитывался как тангенс угла наклона прямой на графике $\lg \nu \sim \lg S_\nu$ между данными NVSS на 1.4 ГГц и данными, полученными в настоящей работе на 4.7 ГГц. Ошибка спектрального индекса определялась по известным формулам.

В нашем обзоре у 16 источников частоты максимальных плотностей потоков ниже 1 ГГц, что следует, как правило, из измерений низкочастотного обзора GLEAM. Такие объекты — кандидаты в CSS-источники. Пять источников, имеющих максимум потоков в диапазоне частот 1–2 ГГц, являются кандидатами в GPS-источники. Пиковая частота NVSS J072614+215319 — 8.5 ГГц, и он, скорее всего, относится к HFP-источникам.

Источники USS (Ultra steep spectrum) опре-

деляются как компактные радиоисточники с $\alpha < -1.1$ ($S_\nu \sim \nu^\alpha$). Им уделялось внимание при поиске АЯГ с большим z , так как было обнаружено, что крутые спектры соответствуют самым высоким красным смещениям (Jarvis et al., 2001; De Breuck et al., 2006; Klammer et al., 2006; Bryant et al., 2009). Укручение спектральных индексов источников на низких частотах с увеличением плотности потока было приведено в работах Gopal-Krishna and Steppe, 1982, Windhorst et al., 1993, Randall et al., 2012, а также в работе Dabhade and Gopal-Krishna (2023) для 43 000 источников каталога VCSS на частоте 340 МГц. В работе Zhelenkova and Majorova (2018) построена зависимость на частоте 3.94 ГГц для 304 и 396 радиоисточников каталога RC, в которой получена

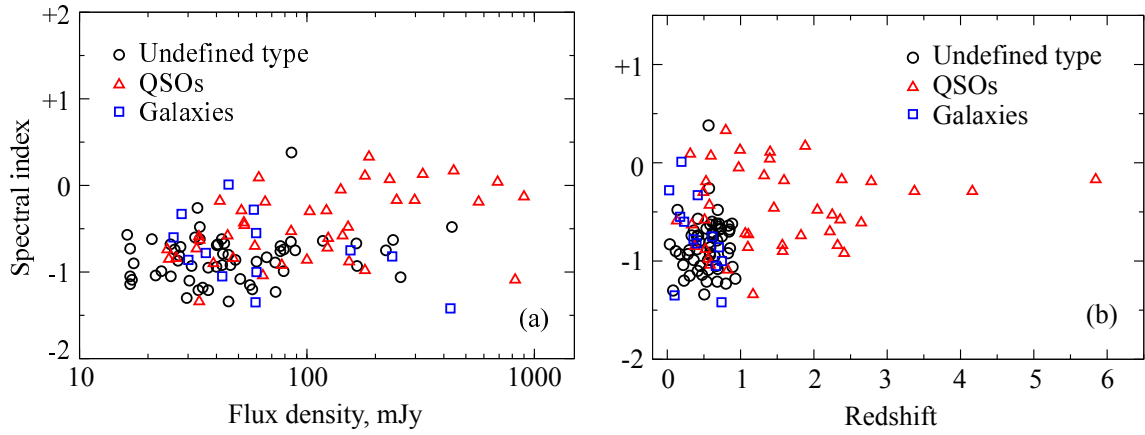


Рис. 4. Зависимость спектральных индексов 205 источников выборки на частоте 4.7 ГГц от плотности потока (а) и красного смещения z (б). Незаполненными кружками показаны источники неизвестного типа, треугольниками и квадратами — квазары и галактики соответственно.

обратная зависимость — уплощение спектральных индексов, что в основном характерно для вклада далеких и ярких квазаров. Этот же результат получен и в данной работе на частоте 4.7 ГГц (рис. 4а).

В зависимости «красное смещение — спектральный индекс» по данным нашей работы также просматривается уплощение спектральных индексов квазаров с ростом z (рис. 4б). Однако в работе Laing and Peacock (1980) на 178 МГц, с $S_{178} \geq 10$ Ян явно прослеживается укрупнение спектральных индексов с увеличением красного смещения для галактик с мощным радиоизлучением и крутыми спектрами. Это другой класс объектов с USS, High- z radio galaxies (HzRGs) — галактики с активным звездообразованием на больших z . Часть обнаруженных галактик данной работы, по-видимому, также относятся к этому классу объектов.

Распределение спектральных индексов приведено на рис. 5, его пиковое значение $\alpha \approx -0.9$. Классификация показала, что 124 источника (60%) имеют нормальный степенной спектр ($-1.1 < \alpha < -0.5$), 22 (11%) являются источниками с пиком в спектре, 25 объектов (12%) — источники с очень крутым спектром, у 26 источников (13%) спектр плоский ($-0.5 < \alpha < 0.3$), три источника имеют инвертированный спектр ($\alpha > 0.3$), а восемь — укрупнение на низких частотах.

Десять источников из самых ярких объектов выборки относятся к квазарам, три — к блазарам. У 11 источников тип не определен. Среди самых известных источников нет ярких галактик. В качестве примера на рис. 6 показаны спектры 24 объектов. Синими заполненными кружками обозначены данные из CATS, а красными — измеренные

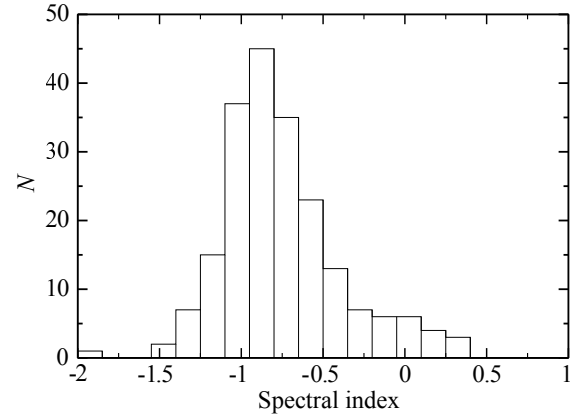


Рис. 5. Гистограмма распределения спектральных индексов источников выборки на частоте 4.7 ГГц.

значения плотности потока на 4.7 ГГц по данным из настоящей работы. Они включают от одного до трех измерений, в зависимости от качества данных и выноса источников из фокуса трех радиометров. Спектры всех исследованных 205 источников приведены в Дополнительных материалах (обозначения те же, что на рис. 6).

4. ПЕРЕМЕННОСТЬ РАДИОИСТОЧНИКОВ

Впервые переменность внегалактических источников была обнаружена у яркого квазара 3C 273, в вековых оптических измерениях которого были обнаружены незначительные вариации яркости (Smith and Hoffleit, 1963). Первые свидетельства переменности радиоисточников были опубликованы в работах об источнике СТА 102 на длине волны 32.5 см (Sholomitskii, 1965) и об источнике 3C 273 (Dent, 1965). Модель

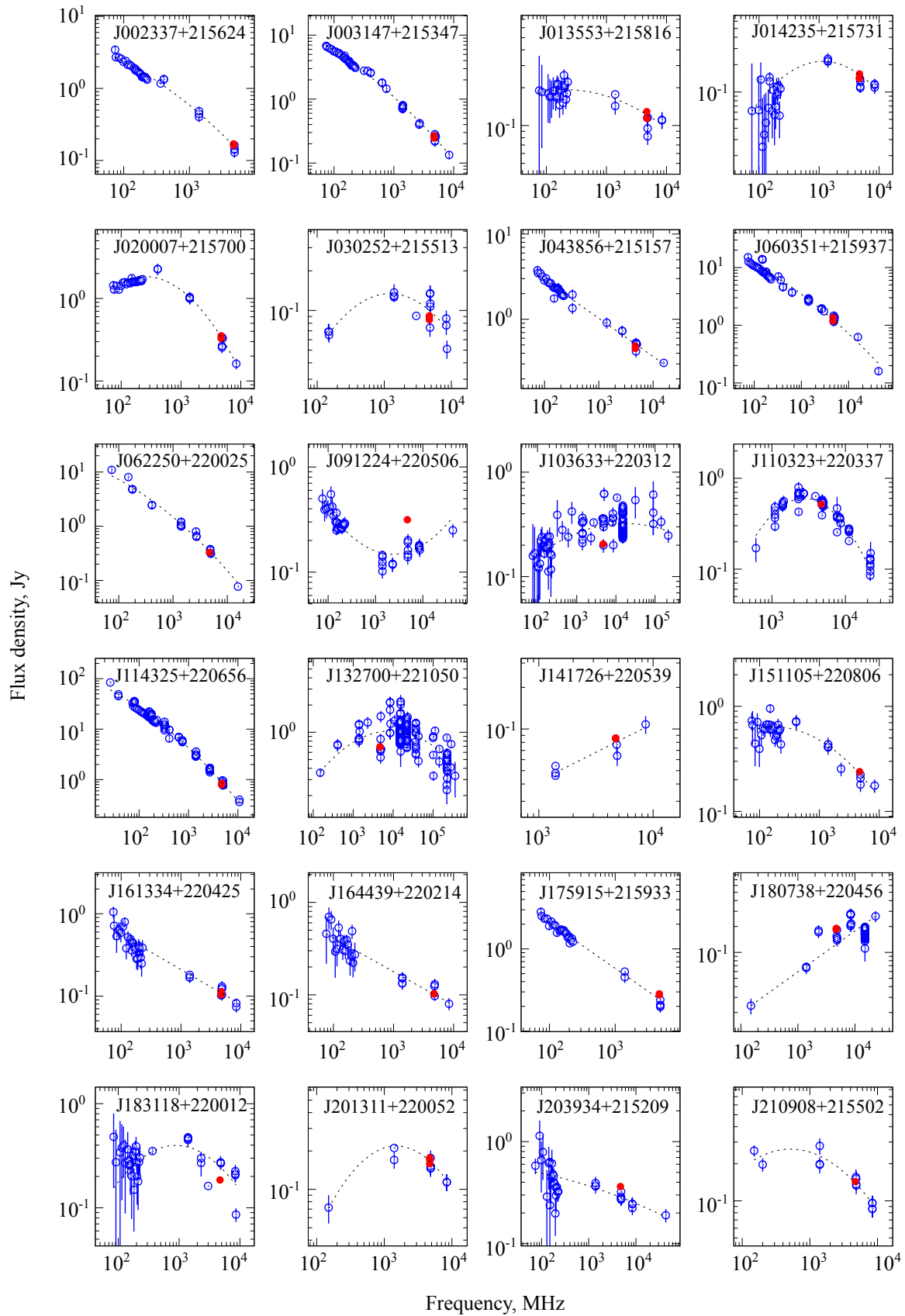


Рис. 6. Спектры наиболее ярких источников выборки. Данные, полученные в настоящей работе на частоте 4.7 ГГц, обозначены красными кружками; литературные данные — синими открытыми кружками.

переменности при синхротронном самопоглощении в адиабатически расширяющемся источнике была описана van der Laan (1966). К настоящему моменту исследование переменности радиоисточников различными методами стало предметом широкого круга работ.

На РАТАН-600 проводится многолетний мониторинг переменности объектов различных типов. Поиском долговременной переменности и вариаций излучения на шкале от одного дня и более для источников на склонениях 4° – 6° и 10° – $12^\circ 5$ длительное время (20 и 10 лет наблюдений соответственно) занималась группа ГАИШ МГУ (Gorshkov et al., 2008; 2013). Изучению вспыхивающей активности микроквazarов посвящен ряд работ. Trushkin et al. (2023) обнаружили эволюцию спектра вспыхивающего излучения Лебедь X-3 на временной шкале, сравнимой с орбитальным периодом двойной системы. В работе Sotnikova et al. (2022) рассмотрена переменность выборки галактик с источниками гидроксильного (ОН) мегамазерного излучения, измеренных на основных частотах РАТАН-600.

В данной работе мы руководствуемся двумя подходами к исследованию переменности источников выборки, рассматривая суточную переменность в течение года для подвыборки наиболее ярких источников (квazarов и блазаров) и оценивая индекс переменности при накоплении данных за каждый месяц наблюдений в течение года.

4.1. Поиск переменности слабых источников

Расчет индекса переменности на масштабах года мы выполнили для всей выборки источников. Усреднение данных во всех случаях проводилось за каждый месяц наблюдений. В итоге для каждого источника выборки была построена кривая блеска из 12 средних амплитуд и их ошибок за весь год наблюдений. Все полученные данные корректировались за изменение усиления по кривым блеска калибровочного источника «Крабовидная туманность» с последующим гаусс-анализом, рис. 1. Безразмерный индекс переменности I_{var} мы рассчитывали по измененной формуле из Aller et al. (1992), где вместо величин плотностей потоков используются их амплитуды A . Такая замена позволяет оценить индекс переменности источников в зависимости от S/N :

$$I_{\text{var}} = \frac{(A_{\text{max}} - \sigma_{A_{\text{max}}}) - (A_{\text{min}} + \sigma_{A_{\text{min}}})}{(A_{\text{max}} - \sigma_{A_{\text{max}}}) + (A_{\text{min}} + \sigma_{A_{\text{min}}})}, \quad (1)$$

где A_{max} и A_{min} — максимальное и минимальное значения средних амплитуд за все месяцы наблюдения; $\sigma_{A_{\text{max}}}$, $\sigma_{A_{\text{min}}}$ — ошибки измерений амплитуды.

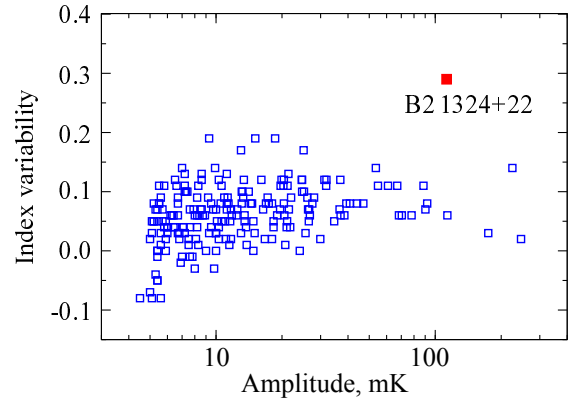


Рис. 7. Индексы переменности (в безразмерных единицах) для всех 205 источников на 4.7 ГГц. Блазар B2 1324+22 на $z = 1.4$ с увеличенной более чем в два раза яркостью отмечен красным квадратом.

У трети источников I_{var} был определен по наблюдениям в двух или трех лучах. Для анализа выбирались данные с максимальным значением A для источников, проходящих ближе к центру ДН входного рупора радиометра. Рассчитанные значения индекса переменности источников сведены в таблице 1 приложения.

У более слабых источников обнаруженная переменность может быть связана с неточностью измерений на уровне относительно больших шумов ($S/N \sim 10$ – 30). Поэтому для источников с $A < 10$ мК (30%) оценка индекса проводилась с накоплением записей до двух месяцев. Наконец, для группы источников с амплитудой менее 6 мК (15%) накопление проводилось с интервалом в три месяца. На рис. 7 приведены рассчитанные значения I_{var} , где присутствует только одно относительно большое значение $I_{\text{var}} = 0.3$. Это известный блазар NVSS J132700+221050 (B2 1324+22) на $z = 1.4$ с изменением плотности потока более чем в два раза в течение года. Еще пять источников имеют переменность излучения с $I_{\text{var}} \sim 0.2$ с изменением амплитуды в полтора раза. Это источники NVSS J114417+220752, NVSS J141726+220539, NVSS J160203+220931, NVSS J170744+220049 и NVSS J174005+221100. Для остальных источников $I_{\text{var}} < 0.15$, из чего следует, что на масштабах одного года 97% источников заметной переменностью не обладают.

4.2. Поиск переменности сильных источников

Для 26 наиболее ярких источников, проходящих относительно близко к центральному сечению ДН, были проведены более точные измерения амплитуды для поиска переменности на масштабах нескольких суток. Оптимальным по точности результата было суммирование данных за трое суток наблюдений в каждой точке кривой блеска.

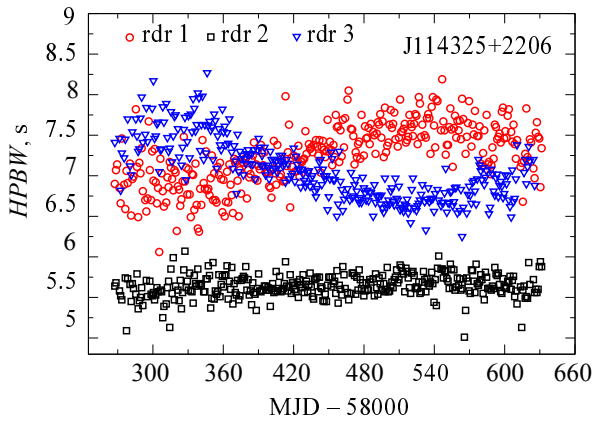


Рис. 8. Изменение полуширины источника NVSS J114325+220656 при прохождении через ДН входных рупоров трех радиометров (rdr 1, rdr 2, rdr 3), один из которых находился в фокусе (второй).

Изначально исследование переменности источников в течение года наблюдений проводилось по их амплитуде. Однако вследствие прецессии источник меняет свое положение относительно центрального сечения ДН лучей. Значит, часть изменений A была связана с этим фактом, а не с переменностью (рис. 8).

Поэтому поиск переменности источников проводился по их интегральному излучению. Интегралы по источникам на каждой записи наблюдений определялись как сумма произведений амплитуды в каждой точке на дискрет по времени по формуле $Int = \sum_{i=1}^n (\Delta t A_i)$. Для устранения негауссовости шума (помех) в кривые блеска каждого источника методом наименьших квадратов вписывался полином, относительно которого оценивались пороговые значения шума 3σ с удалением превышающих значений. Затем кривые блеска источников корректировались за сезонные температурные изменения усиления радиометров.

На рис. 9 представлены кривые блеска квазаров с плоским радиоспектром и блазаров из выборки наиболее ярких 26 источников. Как было уже сказано выше, индексы переменности этих объектов, кроме B2 1324+22, имеют небольшие значения, из чего можно заключить, что, с учетом ошибок определения плотности потока, их уровень излучения изменился не более чем в полтора раза. Тем не менее на рисунках заметны изменения яркости излучения в течение года. Так, три источника, а именно: NVSS J014235+215731, NVSS J180738+220456 и NVSS J203934+215209, вероятно, показывают периодичность на масштабах около одного года.

У источников NVSS J091224+220506, NVSS J103633+220312 и NVSS J164439+220214 отмечается рост плотности потока. У источника NVSS J013553+215816 наблюдался спад уровня

излучения с последующим подъемом через полгода наблюдений. У NVSS J043856+215157 было два уярчения в течение года. Первое произошло спустя 80 дней от начала обзора, второе — спустя 200 дней после первого. У самого яркого источника обзора ($S_{1.4} > 1$ Ян) NVSS J060351+215937 (4C+22.12), кандидата в блазары (D'Abrusco et al., 2014) со степенным спектром ($\alpha = -0.7$), изменений уровня излучения не обнаружено.

5. ОПТИЧЕСКИЕ И ИНФРАКРАСНЫЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ

Для источников выборки были проанализированы имеющиеся для них литературные данные. С этой целью методом кросс-идентификации в радиусе $15''$ мы провели отождествление с источниками базы астрофизических данных Vizier, NED, Roma-BZCAT. В результате была получена информация о физических характеристиках объектов: их оптические звездные величины, красные смещения и классы объектов (квазар, блазар, галактика и т.д.).

В оптическом диапазоне большинство источников (147; 72%) отождествлено с каталогом SDSS (DR16). Поскольку обзор SDSS не покрывает всего неба, дополнительно проведено отождествление с оптическими и инфракрасными каталогами Gaia DR3, 2MASS, Pan-STARRS. С инфракрасными источниками каталога WISE отождествлены 174 источника (85%). Из каталога SDSS взяты данные о звездных величинах в оптическом диапазоне, морфологические характеристики (протяженный/точечный), для протяженных — фотометрические красные смещения. Для части объектов в каталоге имеются спектроскопические данные, в таком случае известны физические характеристики объектов (их класс: галактика либо квазар) и их спектроскопические красные смещения. Отождествление с каталогом внегалактических объектов Gaia DR3 дало значения красных смещений еще для 18 объектов. Отождествление с 2MASS вне области покрытия SDSS дало морфологию для 39 объектов. Дополнительно в каталоге Pan-STARRS вне области покрытия SDSS два источника отождествлены с пустыми полями. Всего 11 объектов выборки находятся в пустых оптических полях. Три источника расположены в оптических полях с большим количеством оптических источников каталога Pan-STARRS. Из-за большой плотности объектов на снимках и из-за отсутствия информации об их природе не удалось однозначно получить отождествление источников исследуемой выборки, попадающих в данное поле. Результаты отождествления приведены в таблице 2 (см. Приложение).

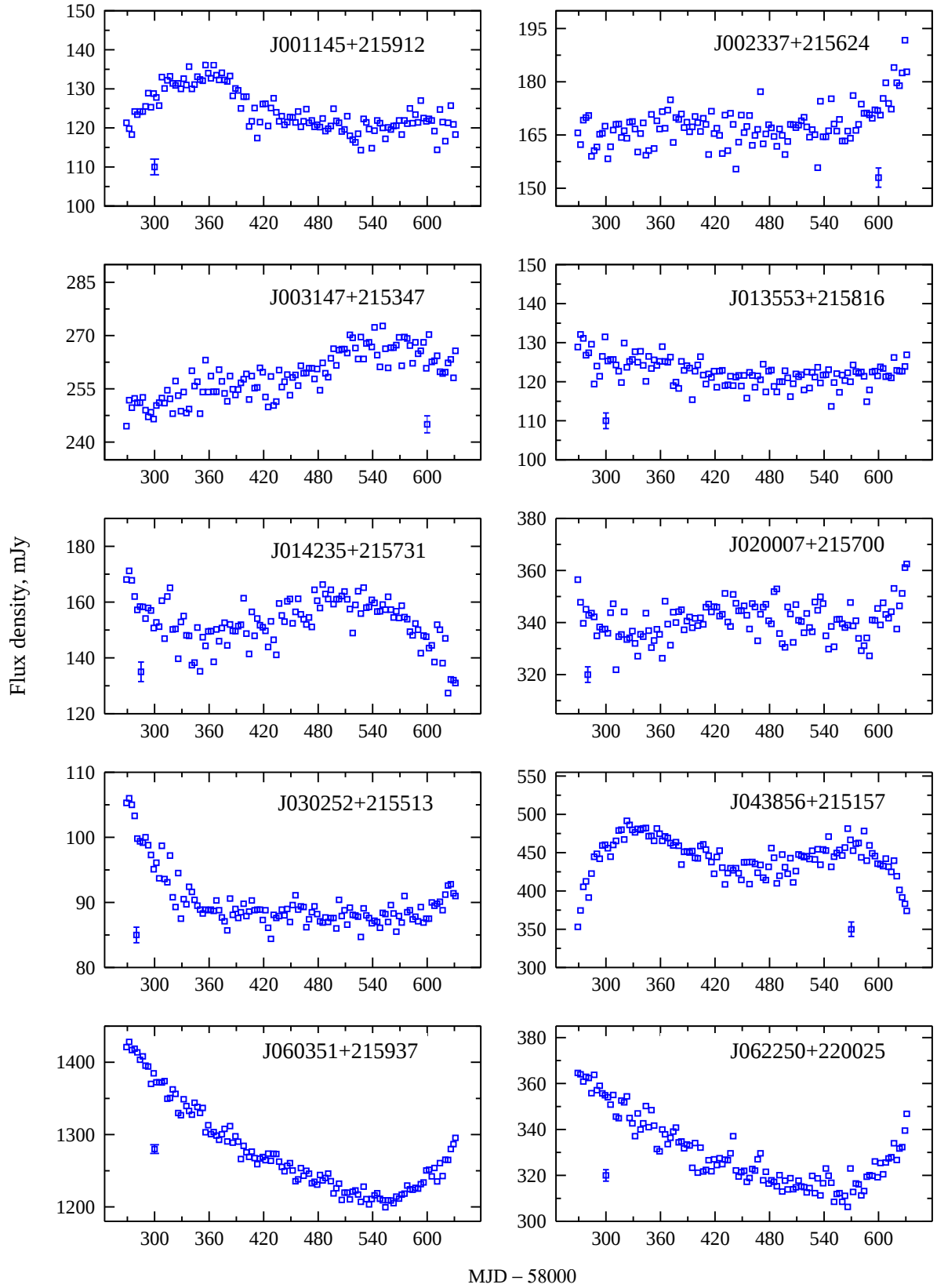


Рис. 9. Суточная переменность плотности потока квазаров и блазаров на частоте 4.7 ГГц.

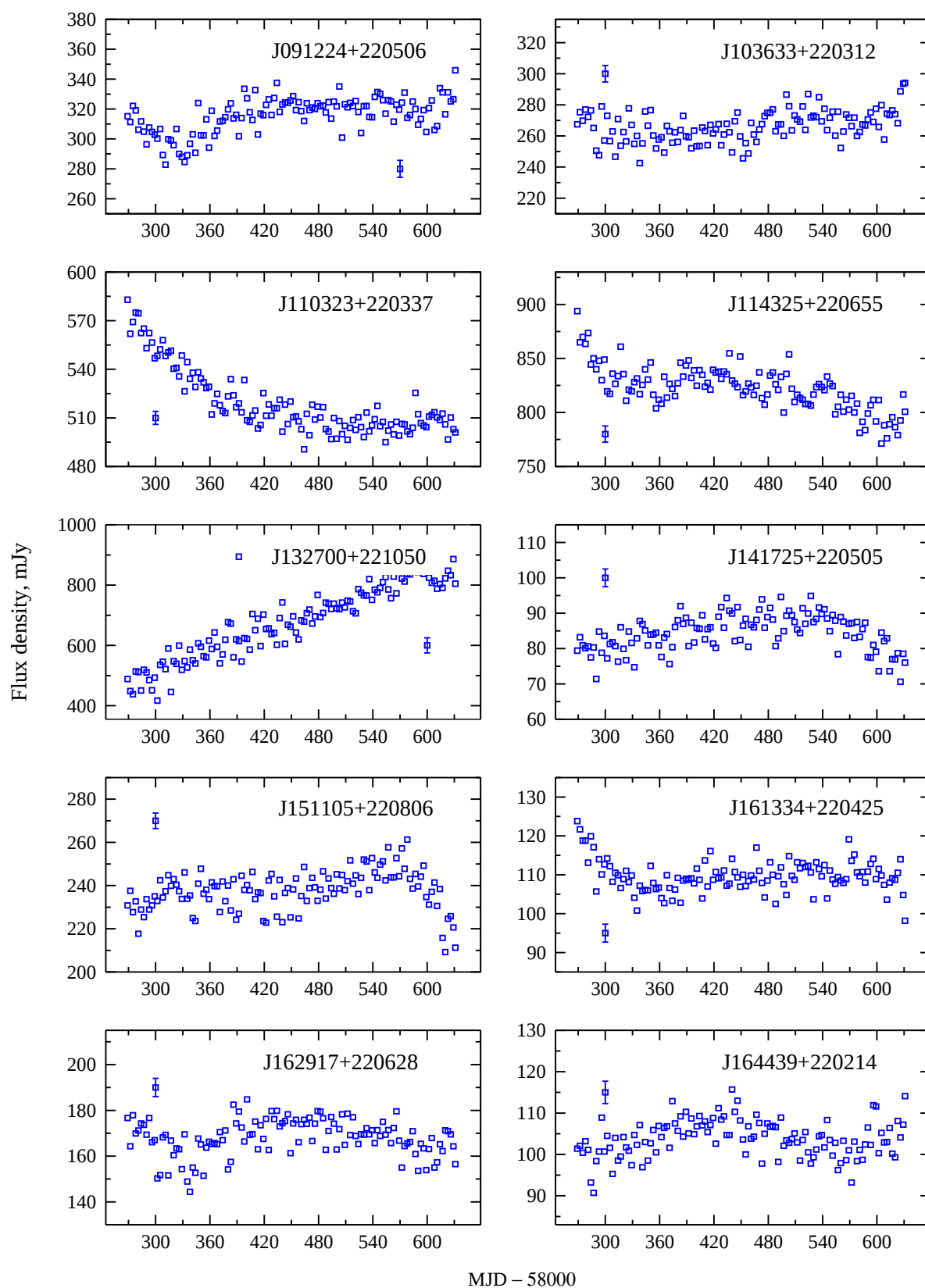


Рис. 9. (Продолжение.)

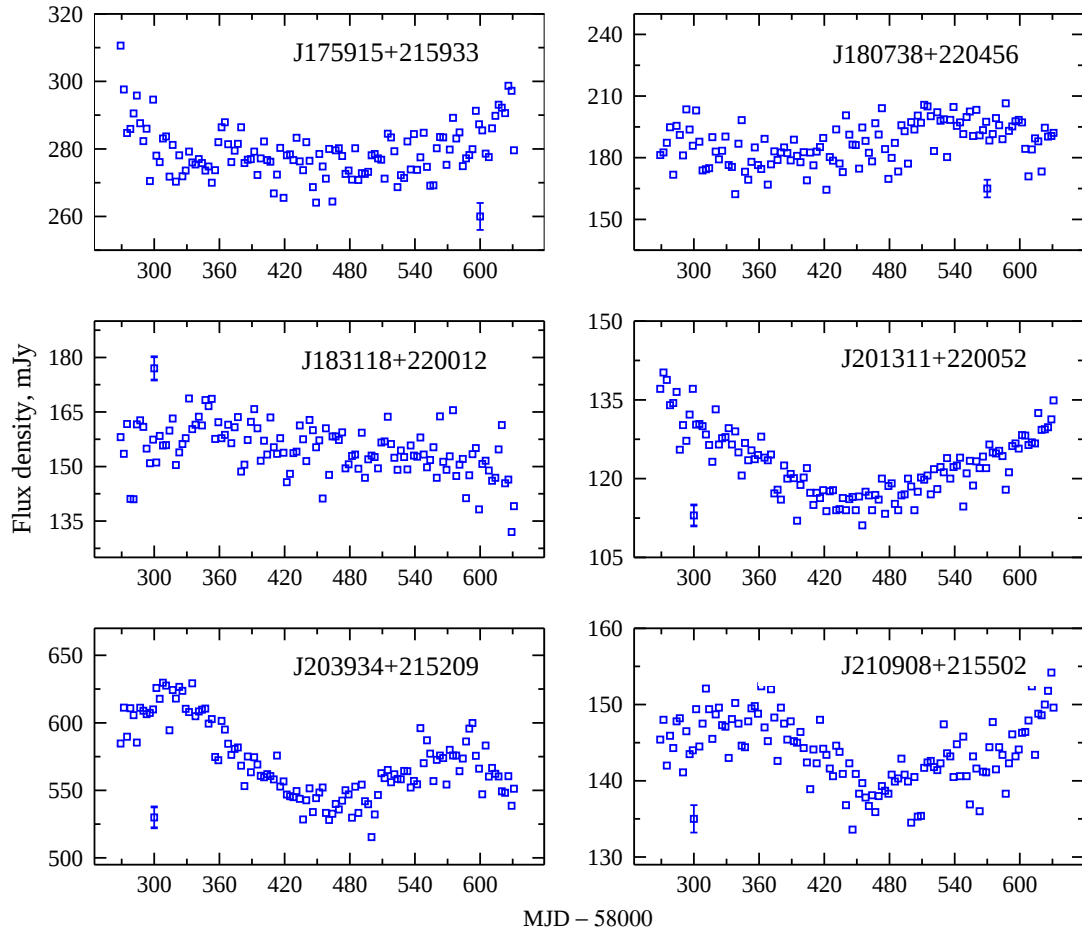


Рис. 9. (Продолжение.)

При наличии нескольких измерений красных смещений объектов для дальнейшего анализа предпочтение отдавалось спектроскопическому методу. Три источника имеют близкие значения измерений спектральных красных смещений в разных независимых работах. Для источника NVSS J091914+22051 в таблице 2 приведено два значения спектроскопического красного смещения, так как они отличаются существенно.

С источниками оптических каталогов SDSS (DR16), Gaia (DR3) Extragalactic, Pan-STARRS, инфракрасного 2MASS и с источниками баз данных SIMBAD, NED, Roma-BZCAT отождествлено 86% источников выборки: 44% источников являются протяженными, 42% — точечными, остальные не отождествлены. Лишь 30% источников имеют определенный физический тип. Из всей выборки: квазаров — 18%, блазаров — 6%, галактик — около 6%. Протяженные объекты, скорее всего, связаны с более слабыми или далекими галактиками. С инфракрасными данными отождествлены только 35 объектов. Для 57% из отождествленных объектов известно красное смещение, спектроскопическое либо фотометрическое.

дествленных объектов известно красное смещение, спектроскопическое либо фотометрическое.

5.1. Радиосветимость источников

Для 112 объектов с известными красными смещениями рассчитана радиосветимость на частоте 4.7 ГГц. В расчетах использовалась Λ CDM космология с $H_0 = 67.4 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$, $\Omega_m = 0.315$ и $\Omega_\Lambda = 0.685$ (Aghanim et al., 2020) для оценки радиосветимости по формуле (Condon, 1988):

$$L_\nu = 4\pi D_l^2 \nu S_\nu (1+z)^{-\alpha-1}, \quad (2)$$

где ν — частота наблюдений, S_ν — измеренная плотность потока на частоте наблюдения, z — красное смещение, α — спектральный индекс, D_l — фотометрическое расстояние (Hogg, 1999).

Значения фотометрического расстояния были получены с помощью модуля `cosmology` пакета `astropy` для языка программирования `Python`. Расчетные значения радиосветимости на частоте

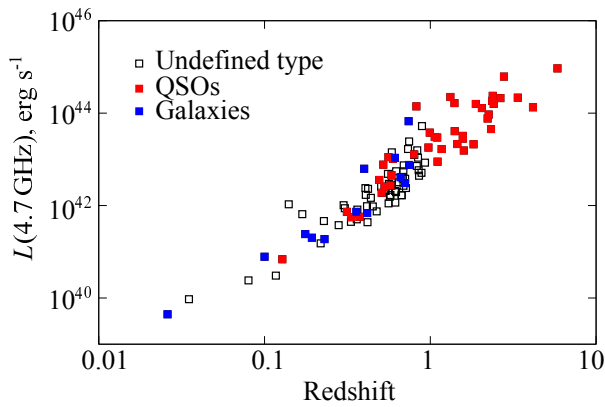


Рис. 10. Светимость источников на частоте 4.7 ГГц в зависимости от красного смещения для квазаров, галактик и источников неизвестного типа.

4.7 ГГц и их ошибки приведены в таблице 3 Приложения. Точность оценки радиосветимости определяется ошибками всех входящих в уравнение величин. Самые большие ошибки светимости связаны с существенными ошибками фотометрического красного смещения.

На рис. 10 показано распределение вычисленных значений радиосветимости источников на частоте 4.7 ГГц в зависимости от красного смещения для квазаров, галактик и источников неизвестного типа. Учитывая, что объекты с низкой светимостью являются в основном протяженными, можно предположить, что эти объекты являются галактиками. Объектами с наибольшей светимостью являются далекие квазары.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В обзоре за 2018–2019 гг. на Западном секторе радиотелескопа РАТАН-600 на склонении пульсара в Крабовидной туманности ($\text{Dec} = 22^\circ$) на трехлучевом радиометрическом комплексе на частоте 4.7 ГГц обнаружено 205 ярких источников. Для всех источников определены средние плотности потока: за год наблюдений, за каждый из 12 месяцев и за каждые три дня для 26 наиболее ярких из них.

2. По данным, полученным в настоящей работе, а также из базы данных CATS, построены спектры всех 205 объектов выборки. Из них 124 источника (61%) имеют степенной спектр ($-1.1 < \alpha < -0.5$, $S_\nu \sim \nu^\alpha$), 22 источника с пиковым распределением в радиоспектре — источники типа CSS — GPS с максимумом излучения 0.1–5 ГГц и, как предполагается, относятся к молодым компактным объектам; 25 источников являются источниками с USS ($\alpha < -1.1$) и, вероятно, относящимися к далеким радиогалактикам в скоплениях с активным

звездообразованием, HzRGs, либо к компактным объектам типа CSS; 26 источников имеют плоский спектр ($-0.5 < \alpha < 0.3$) — квазары и блазары; три источника имеют инвертированный спектр ($\alpha > 0.3$), возможно тепловой; восемь источников имеют подъем в спектре на низких частотах.

Для четверти источников в высокочастотной области спектра ($\nu > 4$ ГГц) данные были получены впервые, а для остальных дополнены либо уточнены. Пиковое значение распределения спектральных индексов $\alpha \approx -0.9$.

3. В зависимости «плотность потока — спектральный индекс» прослеживается укрупнение спектральных индексов с уменьшением плотности потока источников, а в зависимости «красное смещение — спектральный индекс» — уплощение спектральных индексов с увеличением z , что не согласуется с такими распределениями на низких частотах. Мы полагаем, что это связано со значительным вкладом далеких квазаров с мощным радиоизлучением.

4. Получены оценки переменности источников как по индексу переменности (I_{var}) на интервалах одного года, так и на интервале трех суток для 26 наиболее ярких источников. Оценка I_{var} показала, что у большинства источников выборки (97%) не было значительного изменения ($I_{\text{var}} < 0.15$) плотности потока. Однако блазар B2 1324+224 показал двукратное увеличение плотности потока в течение одного года ($I_{\text{var}} = 0.3$). У самого яркого источника обзора ($S_{1.4} > 1$ Ян) NVSS J060351+215937 (4C +22.12), кандидата в блазары, изменения в уровне излучения не обнаружено. Среди исследованных на суточную переменность источников два (NVSS J043458+215540 и NVSS J161334+220425) находятся в пустых полях SDSS. Еще для семи источников из литературы неизвестен их класс.

5. С источниками оптических каталогов SDSS (DR16), Gaia (DR3) Extragalactic, Pan-STARRS, инфракрасного 2MASS и с источниками баз данных SIMBAD, NED, Roma-BZCAT отождествлено 86% источников выборки. Протяженными являются 44% процента источников, точечными — 42%. Остальные не отождествлены. Лишь 30% источников имеют определенный физический тип. Во всей выборке: квазаров — 18%, блазаров — 6%, галактик — около 6%. Протяженные объекты, вероятно, связаны с более слабыми или далекими галактиками. Отождествлены только с инфракрасными данными 35 объектов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Наблюдательные данные. В колонках таблицы указаны: (1) — имя объекта; (2) — номер луча, на котором источник был ближе к фокусу антенны; (3) — средняя амплитуда сигнала A ; (4) — индекс переменности I_{var} ; (5) — плотность потока источника в NVSS каталоге $S_{1.4}$; (6) — плотность потока в обзоре $S_{4.7}$; (7) — спектральный индекс с измеренной ошибкой $\alpha_{4.7}$; (8) — вынос источника относительно фокальной линии dH ; (9) — ширина источника на уровне половинной мощности $HPBW$; (10) — число измерений N (в месяцах)

NVSS name	Beam	A	I_{var}	$S_{1.4}$, mJy	$S_{4.7}$, mJy	$\alpha_{4.7}$	dH , arcmin	$HPBW$, s	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
000727+220413	1	9.9	0.14	816.2	180.0 ± 11.8	-0.75 ± 0.12	11.3	12.6	12
001145+215912	1	21.1	0.05	302.2	123.1 ± 6.6	-0.74 ± 0.06	3.3	8.7	12
002130+215319	3	8.1	0.02	53.6	24.3 ± 3.1	-0.64 ± 0.09	0.2	8.7	6
002337+215624	1	39.3	0.08	442.6	166.1 ± 6.8	-0.81 ± 0.06	-1.2	8.1	12
003147+215347	3	78.0	0.06	777.4	258.2 ± 9.3	-0.86 ± 0.09	0.9	8.1	12
004157+215423	2	10.3	0.02	55.5	32.2 ± 2.5	-0.45 ± 0.13	-1.3	9.5	12
011852+215144	2	7.8	-0.01	124.2	40.6 ± 2.7	-0.92 ± 0.07	-5.8	10.9	12
012428+215454	2	5.8	0.11	46.1	20.8 ± 1.7	-0.63 ± 0.06	-0.8	8.9	11
012729+215136	3	5.4	-0.05	56.9	17.0 ± 2.7	-0.99 ± 0.08	-2.9	8.6	6
013352+220125	1	5.5	0.11	113.1	53.1 ± 4.1	-0.62 ± 0.08	6.5	10.8	12
013553+215816	1	26.5	0.05	177.1	121.8 ± 5.5	-0.31 ± 0.06	1.4	7.9	12
013756+215459	2	5.5	0.08	52.5	18.9 ± 2.1	-0.84 ± 0.08	-0.7	10.6	5
014235+215731	1	31.9	0.12	220.5	151.7 ± 7.2	-0.33 ± 0.05	0.3	7.9	12
015218+220707	1	31.2	0.12	1041.6	900.3 ± 32.1	-0.10 ± 0.04	15.5	12.1	12
015641+215651	2	9.5	0.04	107.1	36.8 ± 2.5	-0.88 ± 0.07	2.3	9.0	12
020007+215700	2	88.4	0.11	1010.8	340.4 ± 12.1	-0.89 ± 0.02	1.6	8.5	12
020434+215328	3	25.6	0.03	190.4	76.5 ± 4.0	-0.75 ± 0.29	-0.9	8.3	12
021018+215908	1	11.8	0.06	162.8	45.1 ± 3.4	-1.06 ± 0.08	1.9	7.7	9
022110+215551	2	7.9	0.07	74.1	27.4 ± 2.3	-0.81 ± 0.08	-0.2	7.9	4
022754+215451	2	18.0	0.02	158.9	59.4 ± 3.4	-0.80 ± 0.03	-1.8	7.9	12
023001+215304	3	13.5	0.06	147.6	42.4 ± 3.4	-1.03 ± 0.06	-1.6	8.8	12
023004+215909	1	14.8	0.05	69.8	65.5 ± 6.5	-0.00 ± 0.07	2.0	8.0	12
023349+215317	3	24.1	-0.00	213.3	72.5 ± 3.9	-0.89 ± 0.04	-1.2	8.5	12
024928+215441	1	9.7	0.07	155.8	50.9 ± 3.2	-0.92 ± 0.06	-5.2	10.3	11
030252+215513	2	24.6	0.12	130.3	88.4 ± 4.3	-0.29 ± 0.05	-2.9	8.0	11
031619+215555	3	11.0	0.05	123.2	38.5 ± 2.4	-0.85 ± 0.07	1.4	7.1	10
032313+215724	1	5.6	0.03	91.4	23.6 ± 2.1	-1.10 ± 0.09	-2.4	7.5	6
033524+215521	3	11.2	0.07	113.3	31.6 ± 2.4	-1.04 ± 0.07	0.5	7.3	10
035142+215749	3	13.4	0.12	58.8	68.0 ± 3.5	0.13 ± 0.06	4.5	8.2	10
035933+215457	1	19.9	0.12	383.6	203.0 ± 11.6	-0.52 ± 0.06	-6.3	13.2	12
040036+215408	3	6.4	0.06	84.2	21.1 ± 2.5	-1.14 ± 0.07	-3.4	11.0	6
040755+215100	3	7.6	0.07	211.9	47.6 ± 3.1	-1.20 ± 0.07	-7.9	12.7	12
041555+215800	2	7.1	0.04	51.2	27.4 ± 2.2	-0.51 ± 0.08	-0.3	8.6	6
041913+220304	1	5.3	0.07	106.9	40.1 ± 3.1	-0.71 ± 0.08	4.8	10.2	6
042211+220241	1	5.0	0.02	86.7	33.8 ± 2.7	-0.72 ± 0.08	4.0	9.7	6
043312+215529	3	11.3	0.09	97.9	31.9 ± 4.2	-0.92 ± 0.07	-1.2	7.9	12
043458+215540	3	18.3	0.04	169.3	55.7 ± 3.3	-0.82 ± 0.05	-0.8	12.2	12
043507+215511	3	18.3	0.05	138.5	59.4 ± 3.1	-0.70 ± 0.05	-1.7	12.2	12

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	Beam	A	I_{var}	$S_{1.4}$, mJy	$S_{4.7}$, mJy	$\alpha_{4.7}$	dH , arcmin	$HPBW$, s	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
043856+215157	3	90.2	0.07	991.1	434.1 ± 14.9	-0.17 ± 0.04	-5.9	12.8	12
044655+215448	3	6.7	0.08	67.7	20.2 ± 2.0	-0.99 ± 0.07	-2.3	8.7	6
045004+215814	3	8.5	0.07	99.9	31.1 ± 2.3	-0.96 ± 0.08	3.1	10.4	12
052948+215521					155.0 ± 11.7	-0.30 ± 0.06			
060019+220715	1	20.4	0.08	582.4	180.6 ± 9.7	-0.91 ± 0.06	6.4	12.3	12
060351+215937	1	246.3	0.02	2779.0	1269.8 ± 42.8	-0.64 ± 0.04	-5.6	10.1	12
060640+215939	3	10.6	0.05	150.2	32.4 ± 2.1	-1.05 ± 0.07	0.7	8.7	12
062240+215752	3	10.6	0.11	98.5	29.1 ± 2.2	-1.00 ± 0.08	-2.1	8.6	6
062250+220025	3	113.6	0.06	1064.4	327.6 ± 12.9	-0.97 ± 0.05	1.9	7.9	12
062727+220051	1	5.6	0.09	136.5	30.8 ± 4.2	-0.97 ± 0.07	-4.7	8.9	5
063017+215630	3	29.9	0.02	432.2	110.0 ± 6.1	-1.13 ± 0.05	-4.3	11.0	12
063101+215642	3	34.6	0.05	346.2	120.7 ± 5.9	-0.46 ± 0.05	-4.4	11.7	12
063446+220640	1	8.9	0.06	161.5	75.6 ± 4.8	-0.62 ± 0.06	5.6	11.1	6
063727+220237	1	11.2	0.08	141.9	46.7 ± 3.0	-0.92 ± 0.06	-0.9	8.8	12
064711+215825	3	11.5	0.01	130.1	33.3 ± 2.5	-1.12 ± 0.06	-1.3	8.4	11
065630+220308	2	5.4	0.05	76.4	26.0 ± 2.3	-0.88 ± 0.08	3.1	12.0	6
070714+220459	1	6.7	0.09	111.1	30.0 ± 2.2	-1.08 ± 0.08	0.5	7.5	12
072300+215925	3	5.5	0.08	57.5	16.4 ± 2.3	-1.02 ± 0.08	-2.1	8.5	3
072319+220100	3	22.0	0.09	127.0	66.9 ± 3.7	-0.57 ± 0.06	0.4	8.1	6
072351+220241	2	10.0	0.00	57.7	33.5 ± 2.5	-0.43 ± 0.07	-0.1	8.7	6
072543+220352	3	7.0	-0.01	59.9	37.5 ± 2.7	-0.35 ± 0.06	4.9	8.5	6
072614+215319	3	40.8	0.08	246.9	442.0 ± 30.1	0.48 ± 0.06	-11.8	17.4	12
072820+215306	3	21.0	0.04	471.6	248.0 ± 23.7	-0.53 ± 0.05	-12.2	16.0	12
073556+220848	1	7.5	0.01	234.9	72.4 ± 4.9	-0.97 ± 0.07	6.5	10.7	6
074642+220024	3	5.3	-0.05	48.6	15.4 ± 2.0	-0.94 ± 0.08	-2.1	9.0	10
075706+215424	3	8.3	0.01	185.3	72.8 ± 4.7	-0.77 ± 0.07	-10.1	12.7	6
081212+220024	3	13.7	0.04	83.9	32.7 ± 2.5	-0.77 ± 0.08	-2.8	8.5	12
081725+215840	3	5.6	0.01	86.9	24.6 ± 2.1	-1.04 ± 0.08	-5.6	10.1	6
082353+220041	3	5.1	0.05	53.3	15.4 ± 2.5	-1.02 ± 0.08	-2.4	7.8	6
085037+220615	2	10.3	0.04	113.6	47.4 ± 3.3	-0.72 ± 0.07	3.4	9.2	11
090614+220010	3	38.5	0.06	516.9	153.2 ± 9.4	-0.75 ± 0.06	-5.9	11.7	12
091224+220506	2	91.9	0.08	145.0	316.0 ± 25.1	0.64 ± 0.08	-0.4	9.2	12
091914+220519	3	26.1	0.09	149.8	85.2 ± 4.1	-0.47 ± 0.04	3.1	8.6	12
092045+220433	3	21.5	0.07	75.7	58.4 ± 3.0	-0.21 ± 0.07	1.8	8.4	12
092601+220136	3	24.7	0.10	211.2	76.4 ± 4.4	-0.82 ± 0.06	-2.9	9.0	12
094736+220136	3	10.5	0.08	47.0	33.0 ± 2.2	-0.29 ± 0.05	-2.9	9.9	12
094836+220053	3	25.2	0.10	282.8	88.8 ± 4.6	-0.96 ± 0.07	-4.0	10.6	12
101104+220805	1	12.4	0.06	155.5	57.0 ± 3.3	-0.83 ± 0.05	-0.3	7.9	12
101401+215825	3	7.1	0.04	205.9	56.1 ± 3.9	-1.07 ± 0.07	-9.4	12.8	5
102016+220940	1	11.6	0.05	53.5	61.4 ± 3.6	0.11 ± 0.06	2.2	9.4	12
102154+215930	3	70.4	0.06	1686.6	427.6 ± 15.4	-1.11 ± 0.04	-7.7	13.9	12
102408+220347	3	14.8	-0.00	203.8	60.0 ± 5.3	-1.01 ± 0.09	-0.9	8.7	12

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	Beam	A	I_{var}	$S_{1.4}$, mJy	$S_{4.7}$, mJy	$\alpha_{4.7}$	dH , arcmin	HPBW, s	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
103633+220312	3	67.1	0.11	260.9	265.0 ± 23.0	0.01 ± 0.02	-1.8	8.9	12
103943+215743	3	16.7	0.02	388.1	155.4 ± 7.8	-0.74 ± 0.04	-10.5	15.1	12
104254+220127	3	11.1	0.02	86.5	42.2 ± 2.9	-0.59 ± 0.06	-4.6	11.0	12
104702+221033	1	10.3	0.12	141.6	66.5 ± 4.2	-0.63 ± 0.07	3.7	9.1	12
105234+220602	2	5.2	0.05	46.5	18.0 ± 2.5	-0.78 ± 0.08	-0.4	10.8	4
105430+221055	1	7.4	0.10	65.4	51.5 ± 4.5	-0.19 ± 0.07	4.2	8.9	6
105435+220011	3	6.0	0.03	114.5	30.7 ± 2.1	-1.08 ± 0.07	-6.6	12.3	4
110025+220156	3	7.2	0.13	75.5	27.8 ± 2.4	-0.82 ± 0.07	-4.7	9.6	4
110323+220337	3	174.6	0.03	518.7	517.0 ± 16.9	0.01 ± 0.03	-2.0	7.6	12
112119+215947	3	13.1	0.08	210.6	84.7 ± 4.7	-0.75 ± 0.05	-8.1	12.2	12
112829+220729	3	20.5	0.06	172.2	85.0 ± 6.2	-0.58 ± 0.03	4.1	9.9	12
113033+215728	3	21.2	0.11	568.2	237.1 ± 10.1	-0.67 ± 0.10	-11.8	15.7	12
114325+220656	2	224.9	0.14	3129.2	823.4 ± 24.3	-1.10 ± 0.01	0.1	8.9	12
114417+220752	2	13.0	0.17	93.6	52.8 ± 3.2	-0.51 ± 0.04	1.6	9.2	12
114821+220825	2	19.7	0.11	235.1	72.8 ± 3.9	-0.97 ± 0.04	2.5	9.1	12
115311+220654	1	7.6	-0.01	101.7	30.4 ± 2.7	-1.00 ± 0.07	-3.1	9.8	12
121156+220455	3	5.9	0.02	48.8	17.3 ± 1.9	-0.85 ± 0.08	-0.3	8.7	6
125433+221103	1	7.2	0.11	101.2	44.8 ± 3.1	-0.67 ± 0.07	3.2	9.8	6
130253+220758	2	6.7	0.03	47.7	26.2 ± 2.0	-0.49 ± 0.08	1.8	10.2	6
130651+221119	1	11.7	0.02	210.4	79.1 ± 4.5	-0.81 ± 0.06	4.0	10.4	12
131128+220306	3	5.4	0.07	65.2	16.7 ± 2.0	-1.06 ± 0.08	-2.7	8.7	6
132700+221050	1	112.7	0.29	850.5	689.7 ± 41.0	-0.15 ± 0.05	3.3	9.3	12
132749+220503	1	16.9	0.08	309.4	100.0 ± 4.6	-0.93 ± 0.05	-5.9	12.1	12
133212+220549	2	13.3	0.09	150.1	45.2 ± 3.2	-0.99 ± 0.05	-1.6	8.2	12
133629+221033	1	7.0	0.14	60.9	40.2 ± 2.8	-0.34 ± 0.07	2.8	7.8	6
133928+220822	2	6.0	0.04	58.1	26.6 ± 1.8	-0.64 ± 0.08	2.5	8.3	6
135116+221110	1	5.9	0.00	111.7	38.8 ± 2.9	-0.87 ± 0.08	3.8	9.7	4
135313+220540	3	5.1	0.03	43.5	16.7 ± 2.1	-0.78 ± 0.08	1.3	11.7	4
140808+220155	3	13.8	0.01	149.2	48.5 ± 5.8	-0.92 ± 0.13	-3.7	9.7	12
141242+215939	3	13.2	0.10	217.4	60.0 ± 7.1	-0.86 ± 0.20	-7.2	11.8	12
141351+220647	2	6.6	0.11	60.6	22.9 ± 2.0	-0.79 ± 0.09	0.9	8.1	5
141619+220840	1	5.8	0.04	103.6	26.7 ± 1.9	-1.12 ± 0.07	0.8	8.0	6
141726+220539	2	25.1	0.17	55.3	85.5 ± 4.2	0.51 ± 0.05	-1.2	8.0	12
143106+220505	2	7.2	0.10	60.3	25.1 ± 1.9	-0.66 ± 0.07	-2.0	8.5	6
143249+220759	1	13.5	0.05	207.8	64.5 ± 3.9	-0.95 ± 0.05	-0.4	8.4	12
144057+220142	3	8.4	0.06	118.1	29.6 ± 2.2	-1.12 ± 0.07	-4.0	8.4	6
144924+221206	1	8.3	0.11	291.0	74.4 ± 5.2	2.07 ± 0.09	6.2	12.1	12
150123+221122	1	5.2	0.05	183.7	50.9 ± 4.0	-1.06 ± 0.08	6.6	9.9	5
151105+220806	1	53.6	0.14	411.6	239.2 ± 10.3	-0.45 ± 0.03	1.4	8.0	12
151319+220255	3	10.9	0.09	99.4	40.6 ± 3.0	-0.74 ± 0.07	-0.6	8.3	12
151830+220313	3	17.4	0.08	91.6	42.7 ± 3.0	-0.63 ± 0.07	-0.1	8.3	12
152224+215808	3	17.2	0.09	338.7	91.8 ± 5.4	-1.06 ± 0.07	-8.2	9.6	12

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	Beam	A	I_{var}	$S_{1.4}$, mJy	$S_{4.7}$, mJy	$\alpha_{4.7}$	dH , arcmin	$HPBW$, s	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
153343+220725	1	5.7	0.07	113.0	25.6 ± 2.0	-0.48 ± 0.08	0.5	8.6	6
153652+220207	3	8.6	0.07	68.2	25.9 ± 2.2	-0.67 ± 0.08	-1.5	9.8	6
154535+220400	2	6.2	0.06	66.8	21.6 ± 1.9	-0.93 ± 0.07	-2.0	7.0	4
154631+215741	3	24.7	0.12	427.9	164.9 ± 5.3	-0.79 ± 0.06	-8.9	11.9	12
155354+215927	3	47.0	0.08	530.7	222.4 ± 8.6	-0.69 ± 0.05	-6.1	10.0	12
155513+215939	3	5.4	-0.05	115.1	24.0 ± 1.7	-1.26 ± 0.08	-5.7	12.9	6
155630+220729	1	8.2	0.06	209.8	36.8 ± 2.8	-1.40 ± 0.07	0.5	17.2	6
155644+220658	1	8.2	0.09	142.7	34.8 ± 2.6	-1.16 ± 0.07	-0.4	17.2	11
160203+220931	1	9.3	0.19	274.8	79.0 ± 4.8	-1.03 ± 0.06	5.6	11.6	6
160317+215841	3	10.1	0.05	140.8	42.4 ± 2.7	-0.99 ± 0.06	-5.3	10.4	12
161105+220709	1	20.3	0.11	324.1	104.6 ± 5.7	-0.93 ± 0.06	2.1	8.9	12
161334+220425	1	26.3	0.07	181.0	109.3 ± 4.7	-0.41 ± 0.03	-2.5	8.8	12
161423+220020	3	15.0	0.03	162.6	46.1 ± 3.3	-1.04 ± 0.05	-2.7	8.3	12
161759+220136	3	5.6	-0.08	33.4	16.2 ± 1.8	-0.59 ± 0.08	-0.7	7.7	5
161847+215921	3	9.2	0.09	79.0	33.7 ± 2.5	-0.69 ± 0.06	-4.3	10.5	12
162110+215739	3	6.5	0.12	88.6	33.8 ± 2.5	-0.53 ± 0.07	-6.7	10.7	6
162917+220628	1	36.9	0.12	175.5	170.0 ± 11.0	-0.06 ± 0.04	0.8	8.2	12
164255+221226	1	7.3	0.10	249.6	117.4 ± 8.0	-0.62 ± 0.07	10.3	12.8	6
164439+220214	2	28.0	0.09	153.2	102.8 ± 4.7	-0.33 ± 0.04	-2.8	8.0	12
164631+215857	3	8.6	0.12	94.1	35.9 ± 2.3	-0.79 ± 0.07	-4.9	10.0	6
164819+220114	2	11.7	0.07	85.8	31.9 ± 2.6	-0.81 ± 0.06	-4.4	8.3	12
170251+220532	1	8.7	0.06	101.3	43.3 ± 2.5	-0.70 ± 0.06	1.6	9.9	6
170744+220049	3	15.1	0.19	49.0	41.4 ± 3.3	-0.13 ± 0.09	0.3	8.3	12
171332+215557	3	21.4	0.13	88.6	124.0 ± 5.8	0.28 ± 0.05	-7.4	11.8	12
171611+215214	3	21.8	0.04	716.0	297.6 ± 13.9	-0.69 ± 0.05	-13.3	17.0	12
172003+215847	3	19.0	0.06	248.3	57.5 ± 3.4	-1.22 ± 0.05	-2.9	8.0	12
172655+220102	3	18.0	0.08	114.1	65.5 ± 3.7	-0.46 ± 0.05	0.7	8.2	12
174005+221100	1	18.6	0.19	344.7	180.0 ± 15.7	-0.54 ± 0.12	10.3	8.6	12
174306+215932	3	14.6	0.08	136.3	52.8 ± 3.4	-0.78 ± 0.07	-1.7	9.3	12
174525+215703	3	8.2	0.04	94.2	39.1 ± 3.1	-0.72 ± 0.08	-5.7	8.8	6
174536+220340	1	16.1	0.12	292.2	64.7 ± 3.6	-1.24 ± 0.05	-1.4	7.9	12
175011+215734	3	10.0	0.03	81.3	28.5 ± 2.5	-0.86 ± 0.07	-4.8	7.3	6
175915+215933	2	60.9	0.11	529.0	280.1 ± 10.6	-0.53 ± 0.04	-4.8	9.0	12
180127+215732	3	6.8	0.02	73.2	20.6 ± 1.9	-1.04 ± 0.07	-2.4	7.9	12
180738+220456	1	31.8	0.11	68.2	187.4 ± 11.0	0.83 ± 0.05	3.1	9.1	12
181307+215430	3	9.3	0.03	198.0	60.6 ± 3.7	-0.97 ± 0.06	-7.2	10.6	6
181725+215845	3	7.5	0.02	57.1	23.9 ± 1.8	-0.71 ± 0.09	-0.5	8.1	6
182812+215519	3	6.3	0.06	104.4	29.4 ± 2.3	-1.04 ± 0.07	-6.0	8.6	6
183118+220012	3	37.0	0.06	461.5	153.3 ± 7.8	-0.91 ± 0.05	1.8	9.2	12
184035+215744	2	9.0	0.00	96.6	43.0 ± 3.9	-0.66 ± 0.07	-5.2	11.2	6
184839+220118	2	6.5	0.04	136.1	23.9 ± 2.2	-1.32 ± 0.09	0.8	9.3	6
185423+215858	2	6.0	0.04	39.8	22.9 ± 1.8	-0.42 ± 0.08	-3.3	8.2	4

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	Beam	A	I_{var}	$S_{1.4}$, mJy	$S_{4.7}$, mJy	$\alpha_{4.7}$	dH , arcmin	HPBW, s	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
191619+215719	3	5.2	0.08	70.1	15.2 ± 2.6	-1.09 ± 0.08	-0.5	7.7	4
191640+220459	1	5.3	-0.04	136.1	45.0 ± 3.6	-0.91 ± 0.08	5.6	11.1	4
192622+215620	3	10.0	0.03	69.5	32.4 ± 2.8	-0.64 ± 0.07	-1.9	7.5	6
193239+215747	3	5.4	-0.01	31.7	16.4 ± 2.5	-0.54 ± 0.08	0.4	8.5	4
193453+215701	3	54.8	0.11	264.1	216.6 ± 8.3	-0.72 ± 0.06	-0.5	21.4	12
195455+215957	1	6.9	-0.02	52.3	29.2 ± 2.5	-0.35 ± 0.07	-2.7	8.5	6
195607+215941	1	14.1	0.10	96.8	60.0 ± 3.5	-0.39 ± 0.04	-2.8	8.4	12
201311+220052	1	36.6	0.07	211.0	172.4 ± 8.1	-0.18 ± 0.03	1.3	8.2	12
201553+215655	3	5.1	-0.08	43.9	16.7 ± 2.2	-0.79 ± 0.08	1.3	11.5	4
202545+215836	2	13.1	0.10	163.4	47.5 ± 3.4	-0.99 ± 0.05	0.8	8.4	12
203307+215905	2	19.6	0.07	229.8	77.5 ± 4.2	-0.89 ± 0.04	1.6	9.4	12
203334+215934	1	27.5	0.08	225.9	107.8 ± 4.9	-0.61 ± 0.04	-0.8	7.9	12
203732+215303	3	26.8	0.06	552.9	145.8 ± 9.0	-1.00 ± 0.07	-4.9	8.8	12
203934+215209	2	68.3	0.06	369.9	569.0 ± 23.1	0.36 ± 0.02	-9.4	13.4	12
204007+215319	3	5.9	0.05	86.2	21.9 ± 2.1	-1.12 ± 0.08	-4.4	10.3	6
205826+215819	2	26.6	0.07	307.6	105.9 ± 4.8	-0.88 ± 0.05	0.4	8.9	12
210908+215502	3	44.0	0.08	199.2	143.4 ± 5.5	-0.27 ± 0.04	0.2	8.0	12
211032+215830	1	20.4	0.12	193.0	86.2 ± 4.0	-0.67 ± 0.03	-0.5	7.7	12
212301+215047	3	11.2	0.13	141.2	54.7 ± 4.2	-0.78 ± 0.08	-6.5	10.8	12
213057+214926	3	6.7	0.06	168.1	47.6 ± 3.3	-1.04 ± 0.07	-8.7	10.8	6
213649+215701	2	4.0	-0.08	55.3	18.1 ± 1.8	-0.91 ± 0.08	0.2	10.6	4
213735+215738	2	9.5	0.08	53.9	45.2 ± 2.8	-0.14 ± 0.06	1.2	9.7	12
214732+215434	3	11.4	0.08	32.0	33.2 ± 2.4	0.04 ± 0.06	-0.5	8.2	12
221213+215521	2	16.4	0.07	102.8	40.0 ± 3.3	-0.77 ± 0.06	-0.9	8.3	12
221828+215633	2	6.4	0.04	63.6	22.9 ± 2.3	-0.83 ± 0.09	1.0	8.5	6
222059+215222	3	7.6	0.04	71.7	24.7 ± 2.3	-0.86 ± 0.09	-2.5	8.2	6
222928+215435	3	5.4	0.00	49.2	17.2 ± 2.3	-0.86 ± 0.08	1.0	9.0	6
223659+215318	3	7.2	0.03	81.9	25.2 ± 2.1	-0.97 ± 0.08	-1.1	9.2	6
224128+220019	1	5.0	-0.07	123.0	33.3 ± 2.7	-1.07 ± 0.08	3.9	9.6	4
225825+215251	3	5.7	0.05	48.3	16.7 ± 1.7	-0.87 ± 0.08	-1.8	8.6	6
231559+215435	2	10.0	0.07	150.0	33.6 ± 2.3	-1.22 ± 0.07	-1.2	9.7	12
232439+215548	2	12.5	0.07	118.7	45.1 ± 3.0	-0.80 ± 0.05	0.7	9.1	12
233611+215005	3	9.8	-0.03	146.5	41.1 ± 2.9	-1.00 ± 0.08	-5.2	9.4	12
233724+215847	2	8.6	0.13	105.7	59.0 ± 3.7	-0.43 ± 0.07	5.5	11.6	12
233930+215630	1	13.0	0.03	133.8	53.5 ± 3.3	-0.62 ± 0.06	-1.5	8.3	12
234025+215509	2	8.0	-0.03	42.2	28.1 ± 2.1	-0.30 ± 0.08	-0.3	8.0	5
234516+215141	3	20.7	0.01	200.0	64.0 ± 3.2	-0.94 ± 0.05	-2.7	8.7	12
234706+215251	3	8.0	0.06	100.4	23.2 ± 2.0	-1.11 ± 0.06	-1.1	8.6	6
234749+220016	1	14.4	0.08	442.6	107.5 ± 5.6	-1.17 ± 0.04	4.7	11.3	12
235240+215735	2	5.4	-0.00	169.6	27.1 ± 3.1	-1.45 ± 0.08	3.4	12.6	6
235913+215732	1	6.8	0.03	98.8	30.1 ± 2.1	-0.98 ± 0.07	0.3	7.3	6

Таблица 2. Кросс-отождествление источников выборки с оптическими каталогами. В колонках указаны: (1) — имя источника; (2) — красное смещение, пометка s — спектроскопическое, p — фотометрическое; (3) — физический тип объекта согласно общепринятым сокращениям: QSO — квазар, BL Lac — блазар, FSRQ — квазар с плоским радиоспектром, G — галактика, BClG — большой кластер галактик, GinCl — галактика в кластере, GinGroup — галактика в группе; SNR — остаток сверхновой; (4) — оптический морфологический тип объекта: Pt — точечный, Ext — протяженный, VisS — источник в поле с большой плотностью оптических объектов

NVSS name	Redshift	Class	Optical type	NVSS name	Redshift	Class	Optical type
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
J000727+220413	0.559 s [4]	QSO [3]	Ext [5]	J042211+220241	0.885 p [5]	—	Ext
J001145+215912	1.064 s [4]	QSO [4]	Pt [5]	J043312+215529	—	—	EF
J002130+215319	1.824 s [5]	QSO [2, 5]	Pt [5]	J043458+215540	—	—	Pt [7]
J002337+215624	0.169 s [5]	—	Ext [5]	J043507+215511	—	—	Pt [7]
J003147+215347	0.891 p [5]	—	Ext [5]	J043856+215157	0.140 p [5]	—	Ext [5]
J004157+215423	0.612 p [5]	—	Ext [5]	J044655+215448	—	—	Pt [5]
J011852+215144	—	—	EF [5]	J045004+215814	0.280 p [5]	—	Ext [5]
J012428+215454	0.671 s [5]	—	Ext [5]	J052948+215521	0.280 p [5]	—	Ext [5]
J012729+215136	0.560 p [5]	—	Ext [5]	J060019+220715	—	—	Pt [5]
J013352+220125	1.455 s [5]	QSO [2, 5]	Ext [5]	J060351+215937	—	BL Lac [2]	Pt [5]
J013553+215816	3.372 [3]	QSO [2]	Pt [5]	J060640+215939	—	—	Pt [7]
J013756+215459	—	—	Ext [5]	J062240+215752	—	—	Pt [7]
J014235+215731	2.047 s [5, 4]	QSO [5]	Pt [5]	J062250+220025	—	—	Pt [7]
J015218+220707	1.321 s [5]	BL Lac [2]	Pt [5]	J062727+220051	—	—	Pt [7]
J015641+215651	0.646 p [5]	—	Ext [5]	J063017+215630	—	—	Pt [7]
J020007+215700	—	—	Pt [5]	J063101+215642	—	—	Ext [7]
J020434+215328	0.843 p [5]	—	Ext [5]	J063446+220640	—	—	Pt [5]
J021018+215908	—	—	EF [5]	J063727+220237	—	—	Pt [5]
J022110+215551	0.575 p [5]	—	Ext [5]	J064711+215825	—	—	Pt [5]
J022754+215451	0.100 p [5]	Galaxy [2]	Ext [5]	J065630+220308	—	Galaxy [2]	Pt [7]
J023001+215304	0.581 p [5]	—	Ext [5]	J070714+220459	—	—	VisS
J023004+215909	0.529 s [4]	BL Lac [2]	Pt [7]	J072300+215925	—	—	Pt [7]
J023349+215317	0.300 p [5]	—	Ext [5]	J072319+220100	0.176 p [3]	Galaxy [3]	Pt [7]
J024928+215441	—	—	EF [6]	J072351+220241	0.128 s [4]	QSO [4]	Pt [7]
J030252+215513	—	—	Pt [7]	J072543+220352	—	QSO [4]	Pt [7]
J031619+215555	—	—	Pt [7]	J072614+215319	1.882 s [4, 3]	FSRQ [1]	Pt [7]
J032313+215724	—	—	VisS	J072820+215306	5.844 s [4]	QSO [4]	Pt [7]
J033524+215521	—	—	EF [6]	J073556+220848	—	—	Pt [5]
J035142+215749	—	—	Pt [7]	J074642+220024	—	—	EF [5]
J035933+215457	—	—	Pt [7]	J075706+215424	—	—	Pt [5]
J040036+215408	—	—	Pt [7]	J081212+220024	1.106 s [5]	QSO [2,3,4,5]	Pt [5]
J040755+215100	—	—	Pt [7]	J081725+215840	—	—	Ext [5]
J041555+215800	—	—	Pt [7]	J082353+220041	—	—	Pt [5]
J041913+220304	0.363 p [5]	—	Ext	J085037+220615	1.570 s [5]	QSO [2]	Pt [5]

Таблица 2. (Продолжение)

NVSS name	Redshift	Class	Optical type	NVSS name	Redshift	Class	Optical type
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
J090614+220010	0.520 s [5]	Galaxy [2]	Ext [5]	J132700+221050	1.398 s [5]	BL Lac [2]	
J091224+220506	0.993 s [5]	QSO [2, 3, 4]	Pt [5]		—	FSRQ [1]	Pt [5]
J091914+220519	1.55 s [5]	QSO [5]	Pt [5]	J132749+220503	1.100 s [5]	QSO [2, 4, 5]	Pt [5]
	2.25 s [4]			J133212+220549	0.505 p [5]	—	Ext [5]
J092045+220433	0.034 s [2]	GinGroup [2]	Ext [5]	J133629+221033	—	—	Pt [5]
J092601+220136	0.622 p [5]	—	Ext [5]	J133928+220822	2.323 s [5]	QSO [2, 5]	Pt [5]
J094736+220136	0.570 p [5]	—	Ext [5]	J135116+221110	1.574 s [5]	QSO [2, 4, 5]	Pt [5]
J094836+220053	0.716 s [5]	QSO [5, 2, 3]	Ext [5]	J135313+220540	0.615 p [5]	—	Ext [5]
J101104+220805	—	—	Pt [5]	J140808+220155	0.587 p [5]	—	Ext [5]
J101401+215825	0.305 p [5]	—	Ext [5]	J140808+220155	0.587 p [5]	—	Ext [5]
J102016+220940	0.314 s [5]	QSO [5]	Ext [5]	J141242+215939	0.408 p [5]	—	Ext [5]
	—	BL Lac [2]		J141351+220647	0.360 p [5]	—	Ext [5]
J102154+215930	0.740 p [5]	RadioG [2]	Ext [5]	J141619+220840	—	—	EF
J102408+220347	0.140 p [5]	—	Ext [5]	J141726+220539	0.563 p [5]	—	Ext [5]
J103633+220312	0.595 s [5]	BL Lac [2]	Pt [5]	J143106+220505	0.713 p [5]	—	Ext [5]
J103943+215743	0.612 s [5]	Galaxy [5]	Ext [5]	J143249+220759	—	—	Pt [5]
J104254+220127	0.705 p [5]	—	Ext [5]	J144057+220142	0.080 p [5]	—	Ext [5]
J104702+221033	0.035 p [5]	STAR [2]	Ext [5]	J144924+221206	—	—	Pt [5]
J105234+220602	—	—	VisS [5]	J150123+221122	0.688 p [5]	—	Ext [5]
J105430+221055	4.161 s [4]	BL Lac [1, 2]	Pt [5]	J151105+220806	0.586 p [5]	—	Ext [5]
	—	Galaxy [4]		J151319+220255	0.850 p [5]	—	Ext [5]
	—	QSO [4]		J151830+220313	0.681 p [5]	—	Ext [5]
J105435+220011	—	—	EF	J152224+215808	—	—	EF
J110025+220156	0.621 p [5]	—	Ext [5]	J153343+220725	—	—	Ext [5]
J110323+220337	—	—	EF	J153652+220207	0.230 p [5]	Galaxy [2]	Ext [5]
J112119+215947	—	—	Ext [5]	J154535+220400	0.218 p [5]	—	Ext [5]
J112829+220729	0.691 p [5]	—	Ext [5]	J154631+215741	0.734 s [3]	—	Ext [5]
J113033+215728	0.399 s [5]	Galaxy [5]	Ext [5]	J155354+215927	0.745 s [3]	—	Ext [5]
J114325+220656	0.824 s [3]	QSO [3]	Ext [5]	J155513+215939	—	—	Pt [5]
J114417+220752	0.575 s [5]	BCIG [2]	Ext [5]	J155630+220729	0.682 p [5]	—	Ext [5]
J114821+220825	0.800 p [5]	—	Ext [5]	J155644+220658	0.929 p [5]	—	Ext [5]
J115311+220654	0.415 p [5]	—	Ext [5]	J160203+220931	0.555 p [5]	—	Ext [5]
J121156+220455	0.117 p [5]	—	Ext [5]	J160317+215841	0.662 p [5]	Galaxy [2]	Ext [5]
J125433+221103	0.509 s [5]	BL Lac [2]	Pt [5]	J161105+220709	—	—	Ext [5]
	—	Galaxy [5]		J161334+220425	—	—	EF
J130253+220758	0.332 p [5]	—	Ext [5]	J161423+220020	0.829 p [5]	—	Ext [5]
J130651+221119	0.421 p [5]	—	Ext [5]	J161759+220136	0.418 p [5]	—	Ext [5]
J131128+220306	0.475 p [5]	—	Ext [5]	J161847+215921	0.334 s [5]	BL Lac [1]	Pt [5]

Таблица 2. (Продолжение)

NVSS name	Redshift	Class	Optical type	NVSS name	Redshift	Class	Optical type
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
J162110+215739	0.689 p [5]	—	Ext [5]	J201311+220052	—	QSO [4]	Pt [7]
J162917+220628	—	—	Ext [5]	J201553+215655	—	—	Pt [7]
J164255+221226	0.834 p [5]	—	Ext [5]	J202545+215836	—	—	Pt [7]
J164439+220214	0.492 s [4]	QSO [4]	Pt [5]	J203307+215905	2.413 s [4]	QSO [4]	Pt [7]
J164631+215857	0.358 s [3]	Galaxy [2]	Ext [5]	J203334+215934	—	—	Pt [7]
	—	QSO [3]		J203732+215303	—	—	Pt [7]
J164819+220114	—		Pt [5]	J203934+215209	2.782 s [4]	QSO [2, 4]	Pt [7]
J170251+220532	0.535 p [5]	—	Ext [5]	J204007+215319	—	—	Pt [7]
J170744+220049	1.593 s [5]	QSO [2, 5]	Pt [5]	J205826+215819	—	—	Pt [7]
J171332+215557	2.646 s [4]	QSO [4]	Pt [5]	J210908+215502	2.359 s [4]	QSO [2, 4]	Pt [5]
J171611+215214	2.380 s [4]	FSRQ [1]	Ext [5]	J211032+215830	—	—	Pt [7]
		BL Lac [2]		J212301+215047	—	—	Pt [5]
J172003+215847	0.228 p [5]	—	Ext [5]	J213057+214926	—	—	Pt [7]
J172655+220102	—	—	Pt [7]	J213649+215701	—	—	VisS
J174005+221100	1.403 s [4, 3]	QSO [2]	Pt [7]	J213735+215738	0.193 p [5]	Galaxy [4]	Pt [5]
J174306+215932	—		Ext [3]	J214732+215434	—	QSO [4]	Ext [5]
J174525+215703	—	—	Pt [7]	J221213+215521	0.584 p [5]	—	Pt [5]
J174536+220340	—	—	Pt [7]	J221828+215633	—	—	Ext [5]
J175011+215734	—	—	Pt [7]	J222059+215222	0.375 p [5]	QSO [2]	Ext [5]
J175915+215933	—	—	VisS	J222928+215435	—	—	Ext [5]
J180127+215732	—	—	Pt [7]	J223659+215318	0.450 p [5]	—	Ext [5]
J180738+220456	0.798 s [2]	QSO [2]	Pt [5]	J224128+220019	0.537 p [5]	—	Ext [5]
		FSRQ [1]		J225825+215251	0.672 p [5]	—	Pt [5]
J181307+215430	—	QSO [5]	Pt [5]	J231559+215435	1.170 s [5]	QSO [2, 5]	Ext [5]
J181725+215845	—	—	Pt [5]	J232439+215548	0.438 p [5]	—	Ext [5]
J182812+215519	—	—	Ext [5]	J233611+215005	—	—	Pt [5]
J183118+220012	0.977 s [4]	QSO [2, 4]	Ext [5]	J233724+215847	2.218 s [5]	QSO [2, 4, 5]	Pt [5]
J184035+215744	—	—	Pt [7]	J233930+215630	—	—	Ext [5]
J184839+220118	—	—	Pt [7]	J234025+215509	0.416 s [5]	GinCl [2]	Pt [5]
J185423+215858	—	—	Pt [7]	J234516+215141	0.583 s [5]	QSO [2, 4, 5]	Pt [5]
J191619+215719	—	—	Pt [7]	J234706+215251	—	—	EF [5]
J191640+220459	—	—	Pt [7]	J234749+220016	—	—	Ext [5]
J193453+215701	—	SNR [2]	Ext [7]	J235240+215735	0.855 p [5]	—	Ext [5]
J195455+215957	—	—	Pt [7]	J235913+215732	0.704 s [5]	Galaxy [5]	Ext [5]
J195607+215941	—	—	Pt [7]				

Ссылки: [1] — Roma-BZCAT, [2] — SIMBAD, [3] — NED, [4] — Gaia DR3 Extra-galactic, [5] — SDSS DR16, [6] — Pan-STARRS, [7] — 2MASS.

Таблица 3. Радиосветимость источников обзора. Указаны расчетные величины светимости с ошибками и относительные ошибки радиосветимости ΔL в процентах

NVSS name	Luminosity, erg s^{-1} (ΔL , %)	NVSS name	Luminosity, erg s^{-1} (ΔL , %)
J000727+220413	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^{43}$ (10)	J104702+221033	$(9.3 \pm 18.8) \times 10^{39}$ (20)
J001145+215912	$(3.1 \pm 0.2) \times 10^{43}$ (6)	J105430+221055	$(1.1 \pm 0.2) \times 10^{44}$ (18)
J002130+215319	$(1.9 \pm 0.3) \times 10^{43}$ (16)	J110025+220156	$(2.1 \pm 0.4) \times 10^{42}$ (19)
J002337+215624	$(6.4 \pm 0.2) \times 10^{41}$ (3)	J112829+220729	$(7.2 \pm 2.1) \times 10^{42}$ (29)
J003147+215347	$(4.6 \pm 1.0) \times 10^{43}$ (22)	J113033+215728	$(6.0 \pm 0.4) \times 10^{42}$ (7)
J004157+215423	$(1.9 \pm 0.5) \times 10^{42}$ (26)	J114325+220656	$(1.4 \pm 0.04) \times 10^{44}$ (3)
J012428+215454	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{42}$ (6)	J114417+220752	$(2.8 \pm 0.2) \times 10^{42}$ (7)
J012729+215136	$(1.1 \pm 0.7) \times 10^{42}$ (64)	J114821+220825	$(1.1 \pm 0.4) \times 10^{43}$ (36)
J013352+220125	$(2.5 \pm 0.3) \times 10^{43}$ (12)	J115311+220654	$(9.4 \pm 5.0) \times 10^{41}$ (53)
J013553+215816	$(2.2 \pm 0.2) \times 10^{44}$ (9)	J121156+220455	$(3.0 \pm 2.1) \times 10^{40}$ (70)
J014235+215731	$(1.1 \pm 0.08) \times 10^{44}$ (7)	J125433+221103	$(2.0 \pm 0.2) \times 10^{42}$ (10)
J015218+220707	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^{44}$ (5)	J130253+220758	$(4.1 \pm 2.9) \times 10^{41}$ (71)
J015641+215651	$(3.1 \pm 1.5) \times 10^{42}$ (48)	J130651+221119	$(2.4 \pm 2.4) \times 10^{42}$ (10)
J020434+215328	$(1.1 \pm 0.3) \times 10^{42}$ (27)	J131128+220306	$(7.3 \pm 4.3) \times 10^{41}$ (59)
J022110+215551	$(1.7 \pm 0.8) \times 10^{42}$ (47)	J132700+221050	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^{44}$ (5)
J022754+215451	$(7.4 \pm 3.0) \times 10^{40}$ (41)	J132749+220503	$(3.1 \pm 0.2) \times 10^{43}$ (6)
J023001+215304	$(3.0 \pm 1.4) \times 10^{42}$ (47)	J133212+220549	$(2.2 \pm 0.4) \times 10^{42}$ (18)
J023004+215909	$(2.4 \pm 0.3) \times 10^{42}$ (13)	J133928+220822	$(3.6 \pm 0.4) \times 10^{43}$ (11)
J023349+215317	$(1.0 \pm 0.4) \times 10^{42}$ (40)	J135116+221110	$(2.7 \pm 0.3) \times 10^{43}$ (11)
J041913+220304	$(8.2 \pm 2.1) \times 10^{42}$ (26)	J135313+220540	$(1.2 \pm 0.9) \times 10^{42}$ (75)
J042211+220241	$(5.4 \pm 1.2) \times 10^{42}$ (22)	J140808+220155	$(3.3 \pm 1.2) \times 10^{42}$ (36)
J043856+215157	$(1.0 \pm 2.1) \times 10^{42}$ (210)	J141242+215939	$(1.7 \pm 0.8) \times 10^{42}$ (47)
J045004+215814	$(3.8 \pm 2.4) \times 10^{41}$ (63)	J141351+220647	$(4.7 \pm 4.2) \times 10^{41}$ (89)
J072319+220100	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{40}$ (4)	J141726+220539	$(2.8 \pm 0.6) \times 10^{42}$ (21)
J072351+220241	$(6.8 \pm 0.3) \times 10^{40}$ (4)	J143106+220505	$(2.4 \pm 0.6) \times 10^{42}$ (25)
J072614+215319	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{44}$ (9)	J144057+220142	$(2.4 \pm 1.5) \times 10^{40}$ (63)
J072820+215306	$(1.9 \pm 0.2) \times 10^{45}$ (11)	J150123+221122	$(5.5 \pm 2.1) \times 10^{42}$ (38)
J081212+220024	$(9.2 \pm 0.9) \times 10^{42}$ (10)	J151105+220806	$(1.3 \pm 0.8) \times 10^{43}$ (62)
J085037+220615	$(2.9 \pm 0.3) \times 10^{43}$ (10)	J151319+220255	$(6.0 \pm 2.4) \times 10^{42}$ (40)
J090614+220010	$(7.3 \pm 0.5) \times 10^{42}$ (7)	J151830+220313	$(3.6 \pm 1.3) \times 10^{42}$ (36)
J091224+220506	$(2.6 \pm 0.3) \times 10^{43}$ (12)	J153652+220207	$(1.9 \pm 0.3) \times 10^{41}$ (16)
J091914+220519	$(8.7 \pm 0.6) \times 10^{43}$ (7)	J154535+220400	$(1.5 \pm 0.7) \times 10^{41}$ (47)
J092045+220433	$(4.4 \pm 4.4) \times 10^{39}$ (100)	J154631+215741	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^{43}$ (6)
J092601+220136	$(5.7 \pm 0.9) \times 10^{42}$ (16)	J155354+215927	$(2.4 \pm 0.1) \times 10^{43}$ (4)
J094736+220136	$(1.6 \pm 1.0) \times 10^{42}$ (63)	J155630+220729	$(4.6 \pm 1.9) \times 10^{42}$ (41)
J094836+220053	$(9.9 \pm 0.7) \times 10^{42}$ (7)	J155644+220658	$(8.4 \pm 1.9) \times 10^{42}$ (23)
J101401+215825	$(8.6 \pm 6.4) \times 10^{41}$ (74)	J160203+220931	$(4.9 \pm 3.0) \times 10^{42}$ (61)
J102016+220940	$(7.3 \pm 0.5) \times 10^{41}$ (7)	J160317+215841	$(4.0 \pm 1.6) \times 10^{42}$ (40)
J102154+215930	$(5.6 \pm 2.1) \times 10^{43}$ (38)	J161423+220020	$(7.7 \pm 1.7) \times 10^{42}$ (22)
J102408+220347	$(1.6 \pm 1.8) \times 10^{42}$ (120)	J161759+220136	$(4.4 \pm 3.6) \times 10^{41}$ (82)
J103633+220312	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{43}$ (8)	J161847+215921	$(5.7 \pm 0.5) \times 10^{41}$ (9)
J103943+215743	$(1.1 \pm 0.06) \times 10^{43}$ (5)	J162110+215739	$(2.8 \pm 1.9) \times 10^{42}$ (68)
J104254+220127	$(3.7 \pm 0.6) \times 10^{42}$ (16)	J164439+220214	$(3.6 \pm 0.2) \times 10^{42}$ (6)

Таблица 3. (Продолжение)

NVSS name	Luminosity, erg s^{-1} (ΔL , %)	NVSS name	Luminosity, erg s^{-1} (ΔL , %)
J164255+221226	$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{43}$ (25)	J213735+215738	$(2.1 \pm 1.1) \times 10^{41}$ (52)
J164631+215857	$(7.3 \pm 0.5) \times 10^{41}$ (7)	J221213+215521	$(2.5 \pm 0.5) \times 10^{42}$ (20)
J170251+220532	$(2.1 \pm 0.5) \times 10^{42}$ (24)	J222059+215222	$(5.7 \pm 2.5) \times 10^{41}$ (44)
J170744+220049	$(1.5 \pm 0.2) \times 10^{43}$ (13)	J223659+215318	$(9.3 \pm 1.5) \times 10^{41}$ (16)
J171332+215557	$(6.7 \pm 0.5) \times 10^{43}$ (7)	J224128+220019	$(2.0 \pm 0.9) \times 10^{42}$ (45)
J171611+215214	$(4.5 \pm 0.3) \times 10^{44}$ (7)	J225825+215251	$(1.5 \pm 0.9) \times 10^{42}$ (60)
J172003+215847	$(4.6 \pm 7.2) \times 10^{41}$ (157)	J231559+215435	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{43}$ (7)
J174005+221100	$(7.2 \pm 1.0) \times 10^{43}$ (14)	J232439+215548	$(1.5 \pm 1.3) \times 10^{42}$ (87)
J180738+220456	$(9.6 \pm 0.6) \times 10^{42}$ (6)	J233724+215847	$(5.6 \pm 0.6) \times 10^{43}$ (11)
J183118+220012	$(3.5 \pm 0.2) \times 10^{43}$ (6)	J234025+215509	$(6.8 \pm 0.6) \times 10^{41}$ (9)
J203307+215905	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{44}$ (7)	J234516+215141	$(4.3 \pm 0.3) \times 10^{42}$ (7)
J203934+215209	$(3.0 \pm 0.1) \times 10^{44}$ (3)	J235240+215735	$(6.3 \pm 1.6) \times 10^{42}$ (25)
J210908+215502	$(1.3 \pm 0.07) \times 10^{44}$ (5)	J235913+215732	$(3.3 \pm 0.3) \times 10^{42}$ (9)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Дополнительные материалы, представленные онлайн, включают спектры 205 источников.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Таблицы 1, 2 и 3 доступны также на сайте VizieR.

БЛАГОДАРНОСТИ

Наблюдательные данные получены на уникальной научной установке — радиотелескопе РАТАН-600 САО РАН. Наблюдения на телескопах САО РАН выполняются при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Обновление приборной базы осуществляется в рамках национального проекта «Наука и университеты». Исследование выполнено с использованием базы данных NASA/IPAC Extragalactic Database (<https://ned.ipac.caltech.edu/>); базы данных CATS, доступной на сайте Специальной астрофизической обсерватории РАН; базы данных SIMBAD, действующей в CDS, Страсбург, Франция. Использовался инструмент доступа к каталогу VizieR, CDS, Страсбург, Франция. Авторы благодарны рецензенту за конструктивные замечания, которые способствовали улучшению статьи, и редакции журнала за техническую поддержку в процессе ее подготовке.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

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

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. N. Aghanim et al. (Plank Collab.), *Astron. and Astrophys.* **641**, id. A6 (2020). DOI:10.1051/0004-6361/201833910
2. M. F. Aller, H. D. Aller, and P. A. Hughes, *Astrophys. J.* **399**, 16 (1992). DOI:10.1086/171898
3. V. R. Amirkhanyan, A. G. Gorshkov, and V. K. Konnikova, *Astron. Zh.* **69**, 225 (1992).
4. R. H. Becker, R. L. White, and D. J. Helfand, *ASP Conf. Ser.*, **61**, 165 (1994).
5. J. J. Bryant, J. W. Broderick, H. M. Johnston, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **394** (4), 2197 (2009). DOI:10.1111/j.1365-2966.2009.14500.x
6. N. N. Bursov, N. M. Lipovka, N. S. Soboleva, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **42**, 5 (1996)
7. N. N. Bursov, PhD Thesis (Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nizhnij Arkhyz, 2003) [in Russian].
8. J. R. Callingham, R. D. Ekers, B. M. Gaensler, et al., *Astrophys. J.* **836** (2), article id. 174 (2017). DOI:10.3847/1538-4357/836/2/174
9. J. J. Condon, *Galactic and Extragalactic Radio Astronomy*, 2nd ed. (Berlin and New York, Springer-Verlag, 1988) pp. 641–678.
10. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, et al., *Astron. J.* **115** (5), 1693 (1998). DOI:10.1086/300337
11. M. J. Cruz, M. J. Jarvis, K. M. Blundell, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **373** (4), 1531 (2006). DOI:10.1111/j.1365-2966.2006.11101.x
12. P. Dabhade and Gopal-Krishna, *Astron. and Astrophys.* **675**, L3 (2023). DOI:10.1051/0004-6361/202346593

13. R. D'Abrusco, F. Massaro, A. Paggi, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **215**, 14 (2014). DOI:10.1088/0067-0049/215/1/14
14. D. Dallacasa, C. Stanghellini, M. Centonza, and R. Fanti, *Astron. and Astrophys.* **363**, 887 (2000). DOI:10.48550/arXiv.astro-ph/0012428
15. C. De Breuck, I. Klammer, H. Johnston, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **366** (1), 58 (2006). DOI:10.1111/j.1365-2966.2005.09799.x
16. W. A. Dent, *Science* **148** (3676), 1458 (1965). DOI:10.1126/science.148.3676.1458
17. D. O. Edge, J. R. Shakeshaft, W. B. McAdam, J. E. Baldwin, S. Archer, *Memoirs of the Royal Astronomical Society* **68**, 37 (1959).
18. Gopal-Krishna and H. Steppe, *Astron. and Astrophys.* **113**, 150 (1982).
19. A. G. Gorshkov, V. K. Konnikova, and M. G. Mingaliev, *Astronomy Reports* **52** (4), 278 (2008). DOI:10.1134/S1063772908040033
20. A. G. Gorshkov, V. K. Konnikova, and M. G. Mingaliev, *Astronomy Reports* **57** (5), 344 (2013). DOI:10.1134/S1063772913040057
21. J. F. R. Gower, P. F. Scott, and D. Wills, *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, **71**, 49 (1967).
22. P. C. Gregory, W. K. Scott, K. Douglas, and J. J. Condon, *Astrophys. J. Suppl.* **103**, 427 (1996). DOI:10.1086/192282
23. D. W. Hogg, *arXiv e-prints astro-ph/9905116* (1999). DOI:10.48550/arXiv.astro-ph/9905116
24. N. Hurley-Walker, J. R. Callingham, P. J. Hancock, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **464** (1), 1146 (2017). DOI:10.1093/mnras/stw2337
25. H. T. Intema, P. Jagannathan, K. P. Mooley, and D. A. Frail, *Astron. and Astrophys.* **598**, id. A78 (2017). DOI:10.1051/0004-6361/201628536
26. M. J. Jarvis, S. Rawlings, C. J. Willott, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **327** (3), 907 (2001). DOI:10.1046/j.1365-8711.2001.04778.x
27. I. J. Klammer, R. D. Ekers, J. J. Bryant, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **371** (2), 852 (2006). DOI:10.1111/j.1365-2966.2006.10714.x
28. A. N. Korzhavin, V. N. Lvov, S. K. Tokhchukova, and S. D. Tsekmeister, *Astrophysical Bulletin* **67** (2), 225 (2012). DOI:10.1134/S1990341312020095
29. M. Kunert-Bajraszewska, M. P. Gawroński, A. Labiano, and A. Siemiginowska, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **408** (4), 2261 (2010). DOI:10.1111/j.1365-2966.2010.17271.x
30. M. Lacy, S. A. Baum, C. J. Chandler, et al., *Publ. Astron. Soc. Pacific* **132**, 1009 (2020). DOI:10.1088/1538-3873/ab63eb
31. R. A. Laing and J. A. Peacock, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **190**, 903 (1980). DOI:10.1093/mnras/190.4.903
32. E. K. Majorova, N. N. Bursov, and S. A. Trushkin, *Astrophysical Bulletin* **78** (3), 269 (2023). DOI:10.1134/S1990341323700141
33. C. P. O'Dea, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **110** (747), 493 (1998). DOI:10.1086/316162
34. C. P. O'Dea, S. A. Baum, and C. Stanghellini, *Astrophys. J.* **380**, 66 (1991). DOI:10.1086/170562
35. R. E. Otrupcek and A. E. Wright, *Publ. Astron. Soc. Australia* **9** (1), 170 (1991). DOI:10.1017/S1323358000025443
36. I. N. Parijskij, N. N. Bursov, N. M. Lipovka, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **87**, 1 (1991).
37. Y. N. Parijskij, N. N. Bursov, N. M. Lipovka, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **98**, 391 (1993)
38. Y. Parijskij, N. Bursov, A. Berlin, et al., *Gravitation and Cosmology* **10**, 1 (2005). DOI:10.48550/arXiv.astro-ph/0508065
39. L. Pentericci, J. D. Kurk, H. J. A. Röttgering, et al., *Astron. and Astrophys.* **361**, L25 (2000). DOI:10.48550/arXiv.astro-ph/0008143
40. J. D. H. Pilkington and J. F. Scott, *Memoirs of the Royal Astronomical Society* **69**, 183 (1965).
41. K. E. Randall, A. M. Hopkins, R. P. Norris, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **421** (2), 1644 (2012). DOI:10.1111/j.1365-2966.2012.20422.x
42. G. B. Sholomitskii, *Astron. Zh.* **42**, 673 (1965).
43. H. J. Smith and D. Hoffleit, *Nature* **198** (4881), 650 (1963). DOI:10.1038/198650a0
44. N. S. Soboleva, E. K. Majorova, O. P. Zhelenkova, et al., *Astrophysical Bulletin* **65** (1), 42 (2010). DOI:10.1134/S1990341310010050
45. Y. V. Sotnikova, T. V. Mufakharov, A. G. Mikhailov, et al., *Astrophysical Bulletin* **77** (3), 246 (2022). DOI:10.1134/S1990341322030117
46. S. Tinti, D. Dallacasa, G. de Zotti, et al., *Astron. and Astrophys.* **432** (1), 31 (2005). DOI:10.1051/0004-6361:20041620
47. S. A. Trushkin, A. V. Shevchenko, N. N. Bursov, et al., *Astrophysical Bulletin* **78** (2), 225 (2023). DOI:10.1134/S1990341323020116
48. P. G. Tsybulev, *Astrophysical Bulletin* **66** (1), 109 (2011). DOI:10.1134/S199034131101010X
49. P. G. Tsybulev, N. A. Nizhelskii, M. V. Dugin, et al., *Astrophysical Bulletin* **73** (4), 494 (2018). DOI:10.1134/S1990341318040132
50. H. van der Laan, *Nature* **211** (5054), 1131 (1966). DOI:10.1038/2111131a0
51. O. V. Verkhodanov, B. L. Erukhimov, M. L. Monosov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 132 (1993).
52. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005). DOI:10.48550/arXiv.0705.2959
53. R. A. Windhorst, E. B. Fomalont, R. B. Partridge, and J. D. Lowenthal, *Astrophys. J.* **405**, 498 (1993). DOI:10.1086/172382
54. O. P. Zhelenkova and E. K. Majorova, *Astrophysical Bulletin* **73** (2), 142 (2018). DOI:10.1134/S1990341318020037

Radio Sources of the Survey on the Declination of the Pulsar in the Crab Nebula (Dec = +22°)

A. A. Kudryashova¹, N. N. Bursov¹, and S. A. Trushkin¹

¹Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

The results of the analysis of 205 brightest sources ($S > 15$ mJy), which were found in the sky survey at the declination of the pulsar in the Crab Nebula, are presented. The survey was conducted at a frequency of 4.7 GHz using a three-beam radiometer complex installed in the focus of the Western Sector of the RATAN-600 radio telescope in 2018–2019. Based on the measurements taken and the data collected in the CATS astrophysical catalog database, the radio spectra of the objects were constructed. For a quarter of all detected sources, data at frequencies above 4 GHz were obtained for the first time, and for the rest they were supplemented. The variability of radiation sources on the scales of the year, from days to months, has been studied. The greatest change in the radio flux was found in the blazar B2 1324+22. The search for daily variability was carried out for 26 of the brightest sources with an average value of $S_{4.7} \sim 250$ mJy. All sources are identified with objects from optical and infrared catalogs. The radio luminosity was calculated for 112 objects with known redshifts.

Keywords: *catalogs, surveys, continuous spectrum radio emission: galaxies, galaxies: active*