

СОГЛАСОВАНО

Директор САО РАН,  
к.ф.-м.н.

Г.Г. Валявин

01 02 / 2024 г.



УТВЕРЖДАЮ

Председатель Национального  
комитета по тематике российских  
телескопов

д.ф.-м.н.

К.А. Постнов

01 02 / 2024 г.

Циркулярное письмо  
Национального комитета по тематике российских телескопов (НКРТ)

К использованию на радиотелескопе РАТАН-600 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН) с начала 2024 г. объявляются следующие радиометрические комплексы:

1. Комплекс радиометров континуума диапазона 1.25-22.3 ГГц (1.25, 2.25, 4.7, 8.2, 11.2, 14.4 и 22.3 ГГц) с ширинами полос от ~4% (на дм волнах) до 12% относительно центральной частоты на вторичном зеркале №1.
2. Комплекс радиометров континуума диапазона 4.7-22.3 ГГц (4.7, 8.2, 11.2, 14.4 и 22.3 ГГц) с ширинами полос от ~4% (на дм волнах) до ~10-12% относительно центральной частоты на вторичном зеркале №2.
3. Многолучевой комплекс радиометров континуума диапазона 2.25, 4.7 и 14.4 ГГц для поиска быстрых радиовсплесков на вторичном зеркале №5.
4. Солнечный спектрально-поляризационный комплекс на 3-18 ГГц на вторичном зеркале №3.
5. Солнечный спектрально-поляризационный комплекс 1-3 ГГц на вторичном зеркале №3.
6. Комплекс радиометров континуума на частотах 4.7, 8.2 и 30 ГГц (в тестовом режиме) на вторичном зеркале №3.

Ниже дается краткое описание радиометрических комплексов и соответствующих им методов (М 1 - М 6) наблюдений, реализованных на РАТАН-600, по состоянию на начало 2024 г. Подробную информацию можно найти в библиотеке САО РАН или на домашней странице обсерватории <http://www.sao.ru> - в руководствах пользователей.

## МЕТОДЫ 1-3

Радиометры континуума диапазона 1.25–22.3 ГГц (1.25, 2.25, 4.7, 8.2, 11.2, 14.4 и 22.3 ГГц) с ширинами полос от ~4% (на дм волнах) до 12% относительно центральной частоты на вторичном зеркале №1

М 1: измерение спектральной плотности потока радиоизлучения космических объектов в диапазоне частот 1.25–22.3 ГГц

Комплекс радиометров континуума диапазона 4.7–22.3 ГГц (4.7, 11.2, 14.4 и 22.3 ГГц) с ширинами полос от ~4% (на дм волнах) до ~10–12% относительно центральной частоты на вторичном зеркале №2

М 2: измерение спектральной плотности потока радиоизлучения космических объектов в диапазоне частот 4.7–22.3 ГГц

Многолучевой комплекс радиометров континуума диапазона 2.25, 4.7 и 14.4 ГГц для поиска быстрых радиовсплесков на вторичном зеркале №5

М 3: Измерение спектральной плотности потока радиоисточников в диапазоне частот 2.25–14.4 ГГц с высоким временным разрешением (предельное значение 62.5 мкс)

Ответственные за методы 1-3: зав. лаб. ЛРК Н.А. Нижельский, [nizh@sao.ru](mailto:nizh@sao.ru)  
с.н.с. П.Г. Цыбулев, [peter@sao.ru](mailto:peter@sao.ru)

**Технические особенности.** Современный уровень приемной аппаратуры радиотелескопа РАТАН-600 обеспечивается сверхмаломощными неохлаждаемыми усилителями. Стандартные параметры радиометрических комплексов представлены в Таблицах 1 а-с. Обозначения:  $f_0$  – центральная частота (ГГц),  $\Delta f$  – ширина полосы (ГГц),  $\Delta F$  – чувствительность по спектральной плотности потока на единицу элемента разрешения (мЯн/beam), HPBW<sub>x</sub> – ширина диаграммы направленности (антенны) по уровню половинной мощности для склонений  $\delta \sim 42^\circ$ , AR – угловое разрешение для склонений  $\delta \sim 42^\circ$ .

Все радиометры континуума РАТАН-600 – приемники прямого усиления СВЧ сигнала в заданной полосе частот с квадратичным детектированием для получения выходного сигнала. Режим работы всех приемников – «радиометр полной мощности». Сбор данных осуществляется штатной универсальной системой регистрации, основанной на новой аппаратно-программной подсистеме ER-DAS (Embedded Radiometric Data Acquisition System) [1].

**Таблица 1а.** Параметры радиометров континуума вторичного зеркала №1

$f_0$ , GHz	$\Delta f$ , GHz	$\Delta F$ , mJy/beam	HPBW <sub>x</sub> , sec	AR, arcsec
22.3	2.5	50	1.0	11
14.4	2.0	25	1.1	13
11.2	1.0	15	1.4	15.5
8.2	1.0	10	2.0	22
4.7	0.6	5	3.2	35
2.25	0.08	40	7.2	80
1.25	0.06	200	10	110

**Таблица 1б.** Параметры радиометров континуума вторичного зеркала №2

$f_0$ , GHz	$\Delta f$ , GHz	$\Delta F$ , mJy/beam	HPBW <sub>x</sub> , sec	AR, arcsec
22.3	2.5	95	1.5	16.5
14.4	2.0	50	1.6	18
11.2	1.0	30	2.1	23
8.2	1.0	20	2.7	30
4.7	0.6	10	4.8	53



**Таблица 1с.** Параметры приемного комплекса вторичного зеркала №5

$f_0$ , GHz	$\Delta f$ , GHz	$\Delta F$ , mJy/beam	HPBW <sub>x</sub> , sec	AR, arcsec
13.40-15.40	2.0	50	1.0	11
4.40-4.55	0.15	10	3.2	35
4.55-4.70	0.15	10	3.2	35
4.70-4.85	0.15	10	3.2	35
4.85-5.00	0.15	10	3.2	35
2.21-2.29	0.80	40	7.2	80

На вторичном зеркале №5 в радиометрах диапазона 4.7 ГГц широкая полоса 600 МГц каждого радиометра разделена на 4 «узких» субполосы по 150 МГц каждая. На выходе каждого узкого канала установлен квадратичный детектор. Регистрация ведется в режиме «радиометра полной мощности» (РПМ), так что радиометрический комплекс представляем собой 16 независимых РПМ. Разделение полосы 600 МГц на 4 субполосы позволяет измерять дисперсию радиоволн в межзвездной среде. Наличие такой дисперсии является признаком далекого радиоисточника (а не локальной помехи). Запись сигналов ведется с помощью штатной системы регистрации с частотой 16384 отсчета в секунду для каждого из 16 каналов. Четыре радиометра позволяют одновременно наблюдать 4 смежных участка неба, расширяя тем самым поле зрения в 4 раза. Радиометры установлены на вторичном зеркале №5 на Западном секторе РАТАН-600. Сектор установлен на фиксированной высоте по согласованию с ответственным наблюдателем. На начало 2024 г. высота сектора соответствует склонению микроквазара Cyg X-3. Метод 3 может быть реализован только совместно и по согласованию с ответственными за методы САО РАН.

В 2024 г. комплекс радиометров вторичного зеркала №5 дополнен двумя радиометрами континуума диапазонов 2.3 и 14.4 ГГц.

**Способ наблюдения.** Наблюдения на комплексах радиометров континуума (методы 1-3) проводятся в режиме прохождения радиоисточников через неподвижную диаграмму направленности за счет суточного вращения Земли.

**Параметры антенны.** Угловое разрешение радиотелескопа зависит от высоты установки антенны. Его значение по склонению в три-четыре раза хуже, чем по прямому восхождению, из-за ножевой формы диаграммы направленности [5]. Предел обнаружения радиотелескопа порядка 5 мЯн (время накопления 3 сек) на 4.7 ГГц на средних углах при оптимальных условиях.

Радиотелескоп РАТАН-600 – телескоп с антенной переменного профиля [2-7], это значит, что и апертура и фокусное расстояние его антенн меняются в зависимости от высоты наблюдаемого объекта. Пределы изменения меняются по высоте от 3.5° до 97° (то есть возможен “зазенитный” режим). Фокусное расстояние при этом меняется от 155 м от центра круга (фокусное расстояние, измеряемое от антенны, равно  $f=288-155=33$  м), до -40 м от центра ( $f=288+40=328$  м). При этом существенно меняется безаберрационная зона в фокусе вторичного зеркала: чем больше фокусное расстояние, тем меньше искажается фокальное “изображение” источника. Такие особенности геометрии антенн РАТАН-600 позволяют измерять спектральную плотность потока источника в одном положении антенны на Северном или Южном секторах, во всем диапазоне от 1.25 до 22.3 ГГц в течение 1–2 минут. Независимые наблюдения можно проводить на двух секторах антенны в трех конфигурациях: Северный сектор (элементы с номерами 487-712), Южный сектор (элементы с номерами 45-255), Южный сектор с Плоским отражателем (главное зеркало от 75-го до 225-го элемента и 80 элементов Плоского) Доступны следующие диапазоны склонений объектов:

(i) Северный сектор:  $-42^\circ < \text{DEC} < +50^\circ$  (на низких склонениях необходимо использовать режим “неподвижного” фокуса).

(ii) Южный сектор:

в верхней кульминации:  $+72^\circ < \text{DEC} < +90^\circ$ ,

в нижней кульминации:  $+49^\circ < \text{DEC} < +90^\circ$ .

(iii) Южный сектор с Плоским отражателем:  $-42^\circ < \text{DEC} < +71^\circ$ . Объекты с  $\text{DEC} > 71^\circ$  можно наблюдать только в режиме из пункта ii.



Наблюдения на Северном секторе (азимут  $0^\circ$ ) проводятся на радиометрическом комплексе вторичного зеркала №1. Количество установок на Северном секторе не должно превышать 85 шт. в сутки.

Наблюдения на Южном секторе и антенной системе "Южный сектор + Плоский отражатель" проводятся на радиометрических комплексах вторичных зеркал №2 и №3 (см. методы 2 и 4). На вторичном зеркале №2 реализуются наблюдения в азимутах  $180^\circ$  и  $0^\circ$ . На вторичном зеркале №3 реализуются симметричные многоазимутальные наблюдения относительно меридиана ( $A=0^\circ$ ). Количество установок при наблюдениях на системе "Южный Сектор + Плоский отражатель" не должно превышать 80 шт. в сутки.

Информацию по вторичным калибровочным источникам, а также специальным калибровочным источникам для низких углов РАТАН-600, можно получить из работ 8-10. Особенности зависимостей калибровочных коэффициентов от высоты установки антенны (калибровочных кривых) Р-600 представлены в работах [11-12].

#### СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. П.Г. Цыбулёв, Н.А. Нижельский, В.А. Титов, А.Н. Борисов, Д.В. Кратов, Р.Ю. Удовицкий. Радиометры континуума радиотелескопа РАТАН-600. Известия Крымской Астрофизической Обсерватории 119, No 3, стр. 26-30 (2023).
2. Tsybulev, P. G. New-Generation Data Acquisition and Control System for Continuum Radio-Astronomic Observations with RATAN-600 Radio Telescope: Development, Observations, and Measurements Astrophysical Bulletin 66 (1), 109-123 (2011), [2011AstBu..66..109T](#).
3. Khaikin S.E., Kaidanovskii N.L., Pariiskii I.U.N., Esepkina N.A., Radioteleskop RATAN-600, Izvestiia Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove; no. 188, Leningrad: Izd. Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove, 1972., p. 3-12 (1972), [1972IzPul.188....3K](#).
4. Stotskii A.A., Aberratsii glavnogo zerkala anteny peremennogo profilia i skanirovanie diagrammy napravlenosti putem smeshcheniia obluchatelia, Izvestiia Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove; no. 188, Leningrad: Izd. Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove, p. 63-76 (1972), [1972IzPul.188...63S](#).
5. Pariiskii I.U.N. and Shivriv O.N., Metody radioastronomicheskogo ispolzovaniia RATAN-600, Izvestiia Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove; no. 188, Leningrad: Izd. Glavnoi astronomicheskoi observatorii v Pulkove, p. 13-39 (1972), [1972IzPul.188...13P](#).
6. Pariiskii Yu.N., Shivriv O.N., Korol'kov D.V., et al., The RATAN-600 radio telescope. Commencement of operation and study of first sector, Radiophysics and Quantum Electronics, Volume 19, Issue 11, pp.1099-1107 (1976), [1976R&QE...19.1099P](#).
7. Y. N. Parijskij, IEEE Antennas Propagation Magazine 35, 7 (1993), [1993IAPM...35...7P](#).
8. Korzhavin A.N., An investigation of VPA [variable profile antenna] depending on aperture illumination using the method of optical simulation, Astrofiz. Issled. Izv. Spets. Astrofiz. Obs., Tom 9, p. 53-70 (1977), [1977AISA0...9...53K](#).
9. J.W.M. Baars, R. Genzel, I.I.K. Pauliny-Toth and A. Witzel, The absolute spectrum of CAS A - an accurate flux density scale and a set of secondary calibrators, A&A 61, 99-106 (1977), [1977A&A...61...99B](#).
10. M. Ott, A. Witzel, A. Quirrenbach et al., An updated list of radio flux density calibrators, A&A, 284, 331 (1994), [1994A&A...284..331O](#).
11. R.A. Perley and B.J. Butler, An accurate flux density scale from 1 to 50 GHz, Aph. J. Suppl. 204, article id. 19, 20 pp. (2013).
12. Udovitskiy R.Yu., Sotnikova Yu.V., Mingaliev M.G., et al., Automated data reduction system for observation with the RATAN-600, Astrophysical Bulletin, Volume 71, Issue 4, pp.496-505, 2016, [2016AstBu..71..496U](#).
13. Aliakberov K.D., Mingaliev M.G., Naugol'naya M.N., Determination of the flux densities of radio sources on the set of broadband continuous-spectrum radiometers for the RATAN-600 radio telescope, Bulletin of the Special Astrophysical Observatory - North Caucasus, Vol. 19, p. 59 - 65 (1985), [1985BSAO...19...59A](#).



## МЕТОД 4

### Солнечный спектрально-поляризационный комплекс 3-18 ГГц на вторичном зеркале №3

М 4: измерение интенсивности и поляризации радиоизлучения дискретных радиоисточников и Солнца в динамическом диапазоне до 60 дБ на частотах 3-18 ГГц

Ответственный за метод 4 – н.с. ГАМР СПбФ, А.А. Стороженко, [acs-work@mail.ru](mailto:acs-work@mail.ru)

Назначение комплекса связано со значительным увеличением динамического диапазона с целью регистрации опорных источников в микроволновом диапазоне волн на уровнях как предельной для данной аппаратуры чувствительности, так и для регистрации максимально ярких радиоисточников на Солнце, достигающих миллионов градусов антенной температуры. Это достигнуто введением автоматических ослабителей на линии усиления сигналов по всем каналам комплекса. Комплекс может быть использован для разнообразных антенных измерений, в том числе и для мощных сигналов от геостационарных спутников. Комплекс установлен в 2016 г. в приемной кабине Облучателя №3 ПАТАН-600 в антенной системе Южный сектор с Плоским отражателем для проведения многократных наблюдений динамики Солнца в азимутах и в режимах сопровождения. Реализован режим полной мощности с регистрацией правой и левой круговых поляризаций на всех каналах. Наблюдения на комплексе, экспресс-анализ и полная обработка наблюдений также реализованы в автоматическом режиме. Формат данных наблюдений согласован с существующей с 1995 г. базой данных наблюдений. Параметры комплекса приведены в Таблице 2.

**Таблица 2.** Параметры приемного комплекса 3-18 ГГц вторичного зеркала №3 ПАТАН-600.

Параметр	Значение
Частотный диапазон	3.0 ГГц – 18 ГГц
Уровни частотного разрешения	1-й уровень: 80 каналов по 100 МГц 2-й уровень: 10 каналов по 1500 МГц
Скорость регистрации	0.0025 сек/112 каналов
Шумовая температура	300 К
Динамический диапазон	> 60 дБ
Межканальная развязка	> 20 дБ
Эллиптичность	1-5 %
Ширина диаграммы рупоров	+ - 60 градусов
Развязка между RH и LH поляризаций	> 20 dB
Смещение фазовых центров для RH и LH	0.5 мм

## Солнечный спектрально-поляризационный комплекс 1-3 ГГц на вторичном зеркале №3

М 5: измерение спектральной плотности мощности радиоизлучения дискретных радиоисточников и Солнца в динамическом диапазоне до 90 дБ на частотах 1-3 ГГц с высоким частотным и временным разрешением

Ответственный за метод 5 – н.с. ГАМР СПбФ, Н.Е. Овчинникова, [n.e.ovchinnikova@gmail.com](mailto:n.e.ovchinnikova@gmail.com)

Назначением комплекса является детальное изучение спектров радиоастрономических сигналов левой и правой поляризации (с разрешением до  $1.2 \cdot 10^5$  Гц) и разрешением по времени 8 мкс в условиях сильной загрязненности диапазона промышленными и бытовыми радиопомехами (Таблица 3). Динамический диапазон комплекса достаточен как для регистрации опорных источников в микроволновом диапазоне волн на уровнях предельной для данной аппаратуры чувствительности, так и для регистрации максимально ярких радиоисточников на Солнце, достигающих миллионов градусов антенной температуры. Отличительной особенностью комплекса является прямая оцифровка радиоастрономического сигнала быстродействующими АЦП с последующей обработкой цифрового сигнала мощной ПЛИС (программируемой логической интегральной схемой) и вычислением спектральной плотности мощности сигнала в реальном времени. Динамический диапазон обеспечивается применением на входе радиометра маломощных термостабилизированных усилителей с температурой собственных шумов не выше 100К и наличием АРУ в аналоговой части радиометра. Помехозащищенность комплекса аппаратурно обеспечена наличием режекторных фильтров с высокой прямоугольностью для подавления наиболее мощных источников радиопомех и применением метода куртозиса, реализованного на ПЛИС, для статистической обработки поступающего цифрового сигнала в реальном времени и фильтрации негауссовых составляющих. Комплекс может быть использован для спектральных антенных измерений.

Комплекс установлен в 2023 г. в приемной кабине Облучателя №3 РАТАН-600 в антенной системе Южный сектор с Плоским отражателем для проведения многократных наблюдений динамики Солнца в азимутах и в режимах сопровождения. Реализован режим полной мощности с регистрацией правой и левой круговых поляризаций. Наблюдения на комплексе реализованы в автоматическом режиме. Формат данных наблюдений согласован с существующей с 1995 г. базой данных наблюдений.

**Таблица 3.** Параметры приемного комплекса 1-3 ГГц вторичного зеркала №3

Параметр	Значение
Частотный диапазон	1.0 ГГц – 3 ГГц
Частотное разрешение	Опционально: от 122 кГц до 1 ГГц
Разрешение по времени	от 8.3 мс
Шумовая температура приемника	40-100 К
Динамический диапазон	90 дБ
Эллиптичность	1-10 %
Ширина диаграммы рупоров	не менее 90 градусов
Развязка между RH и LH поляризаций	> 15 dB
Смещение фазовых центров для RH и LH	не более 0.005 м по фокальной линии и 0.04 м по нормали к раскрытию рупора

### СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bogod V.M., Lebedev M.K., Ovchinnikova N.E., Ripak A.M., Storozhenko A.A. Shlenzin S.V. SPECTRORADIOMETRY OF THE SOLAR CORONA ON THE RATAN-600 RADIO TELESCOPE, Cosmic Research, 2023, Vol. 61, pp.27-33.



2. Рипак А.М., Богод В.М., Гренков С.А., Лебедев М.К. Помехоустойчивый радиометр дециметрового диапазона волн для РАТАН-600 с высоким разрешением по частоте и времени. *Астрофизический бюллетень*, 2023, том 78(4), сс. 465-478.
3. Богод В.М. Стороженко А.А., Перваков А.А. Отчет об испытаниях комплекса с высоким динамическим диапазоном. Июнь-декабрь, 2016г
4. Богод В.М., Радиотелескоп РАТАН-600 в 24 цикле солнечной активности. I. Новые возможности и задачи, *Астрофизический бюллетень* 66, №2, с. 207 (2011).
5. Богод В.М., Алесин А.М., Перваков А.А. Радиотелескоп РАТАН-600 в 24 цикле солнечной активности. II. Многооктавный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения для солнечных исследований, *Астрофизический бюллетень* 66, №2, с. 223 (2011).
6. Балдин С.В., Гараимов В.И., Радиотелескоп РАТАН-600 в 24 цикле солнечной активности. III. Система сбора данных и управления солнечным спектральным комплексом на РАТАН-600, *Астрофизический бюллетень* 66, №3, с. 400 (2011).
7. Тохчукова С.Х., Радиотелескоп РАТАН-600 в 24 цикле солнечной активности. IV. Информационная система наблюдений Солнца на РАТАН-600, *Астрофизический бюллетень* 66, №3, с. 409 (2011).

## Комплекс радиометров континуума на частотах 4.7, 8.2 и 30 ГГц на вторичном зеркале №3

М 6: измерение спектральной плотности потока радиоизлучения космических объектов на частотах 4.7, 8.2 и 22.3 ГГц в много азимутальном режиме

Ответственные за методы 1-3: зав. лаб. ЛРК Н.А. Нижельский, [nizh@sao.ru](mailto:nizh@sao.ru)  
с.н.с. П.Г. Цыбулев, [peter@sao.ru](mailto:peter@sao.ru)

Радиометр 8.2 ГГц построен на базе радиометрического модуля 8.2 ГГц, спроектированного и изготовленного НПФ «Микран». Рабочие параметры модуля:

Центральная частота 8.2 ГГц (волна 3.7 см)

Диапазон рабочих частот 7.7 –8.7 ГГц

Коэффициент шума по 10 экз. 0.61 – 0.69дБ (44 –50 К)

Коэффициент усиления в рабочей полосе 63–68 дБ

Напряжение питания 8–12 В

Ток потребления не более 170 мА

Вход волноводный сечением 28.5x12.6 мм<sup>2</sup>, выход коаксиальный SMA

Конструктивно модуль выполнен в составе входного маломощного усилителя (МШУ), совмещенного с коаксиально-волноводным переходом, выходного МШУ и полосно-пропускающего фильтра, закрепленных на медной пластине и соединенных кабельными сборками. Радиометр выполнен в виде отдельного приемного устройства, смонтированного на дюралевых пластинах и состоит из первичного облучателя, волноводного перехода с круглого сечения на прямоугольное 28.5x12.6 мм<sup>2</sup>, направленного ответвителя с переходным затуханием 42 дБ для сигнала калибровки, радиометрического модуля, широкополосного (0.1–18 ГГц) СВЧ детектора, оптимизированного с предварительным усилителем низкой частоты (ПУНЧ), а также источников питания, системы сбора данных и управления радиометром.

Радиометр 4.7 ГГц построен на базе радиометрического модуля «Микран», представляющего собой СВЧ часть радиометра прямого усиления с общим усилением 72 дБ (15 миллионов раз по мощности!) и полосно-пропускающим фильтром (ППФ) на выходе. Конструктивно модуль выполнен из 4-х суб-модулей (входной маломощный усилитель (МШУ), два линейных усилителя и полосно-пропускающий фильтр (ППФ)), соединенных между собой жесткими коаксиальными кабельными сборками. Вход модулей волноводный, выход коаксиальный (SMA), коэффициент шума 0.35 – 0.45 дБ (24–32К по 10 экз.). В них не установлены только СВЧ детекторы и предварительные усилители низкой частоты (ПУНЧ), которые разработаны на месте для облегчения согласования с быстродействующей системой сбора данных. Радиометр 4.7 ГГц аналогичен установленным на облучателях №1 и №2, которые от четырехрупорной системы облучателя №5 отличаются только отсутствием разделения широкой полосы 600 МГц на 4 субполосы по 150 МГц.

Радиометр 30 ГГц построен на базе радиометрического модуля «МАРС-3» и работает в режиме полной мощности (total power). Устанавливается на краю фокальной линии.

Параметры радиометров приведены в Таблице 4.

**Таблица 4.** Параметры радиометров континуума вторичного зеркала №3

$f_0$ , GHz	$\Delta f$ , GHz	$\Delta F$ , mJy/beam	HPBW <sub>x</sub> , sec
30	5.0	200	11
8.2	1.0	20	30
4.7	0.6	10	53

### СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. P.G. Tsybulev, N.A. Nizhelskij, и др., Радиометры континуума радиотелескопа РАТАН-600. Известия Крымской астрофиз. Обсерватории, 2023, 119, №3, 26–30.