

Радиотелескопы ПРАО – состояние и перспективы

В.В. Орешко



Радиотелескоп РТ-22 ФИАН



Основное применение РТ-22 - исследование областей звездообразования и звезд поздних классов по наблюдениям атомарных и молекулярных (включая мазерные) спектральных радиолиний.

Ряды наблюдений для мазеров в линии водяного пара являются максимальными в мировой радиоастрономии и одними из наиболее длинных рядов наблюдений среди радиоисточников для мировой практики. Сейчас проводятся регулярные спектральные наблюдения более 150 мазерных источников H_2O - областей звездообразования и звезд поздних спектральных классов. Накоплен огромный массив данных, из анализа которого определяются основные характеристики объектов, строятся модели их эволюции. За последние 15 лет Опубликовано более сотни работ по данным наблюдений на радиотелескопе РТ-22.

В 2009-2011 годы радиотелескоп РТ-22 был оснащен дополнительной системой облучения и приемно-регистрирующим комплексом, позволяющим использовать этот инструмент в качестве Наземной станции слежения проекта «Радиоастрон». Сейчас работа РТ-22 по программе наземно-космического радиоинтерферометра «Радиоастрон» является наиболее приоритетной, но не закрывает наблюдения по программе исследований областей звездообразования, протопланетных систем, околосолнечной плазмы и в других традиционных направлениях.

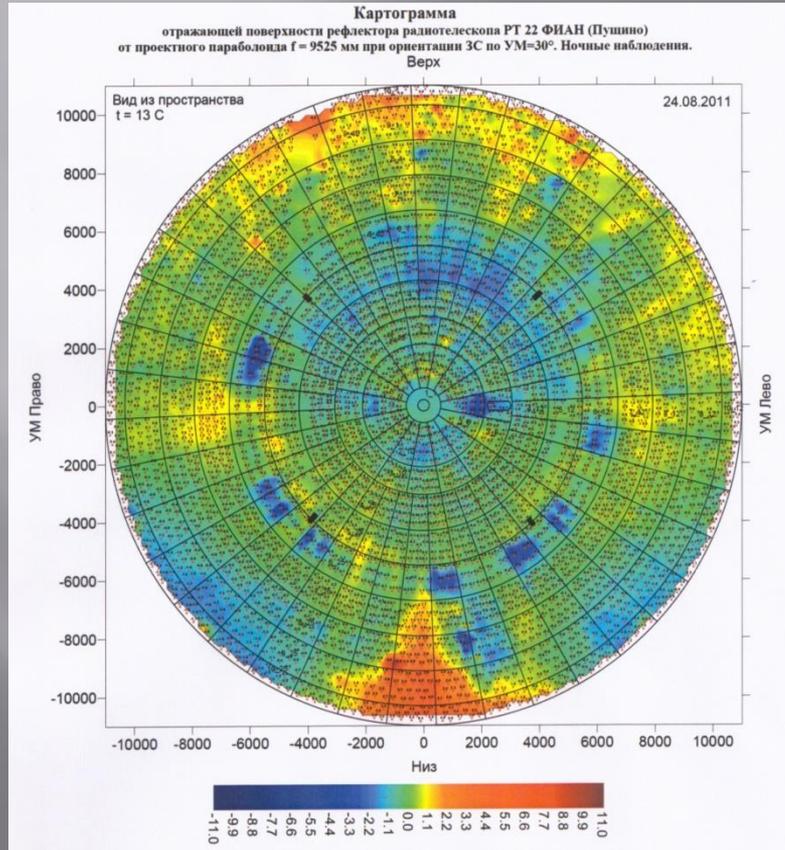
Радиотелескоп РТ-22 ФИАН

Диаметр рефлектора	22 м
Точность поверхности (СКО от расчетного параболоида)	1.1 мм, необходима юстировка
<i>Расчетная точность после юстировки поверхности</i>	<i>0.51 мм</i>
Система облучения двухзеркальная, Кассегрена	два переключаемых рупора
Рабочие диапазоны частот	22-25 и 34-38 ГГц
Эффективная площадь	80 м – 38 ГГц 110 м – 22 ГГц
Шумовая температура системы (охлаждаемые приемники)	200 К – 38 ГГц 150 К – 22 ГГц
Цифровой анализатор спектра: 2048 каналов, полоса анализа	50, 12.5, 6.25 и 3.125 МГц



8-канальный видеоконвертер,
цифровой анализатор спектра

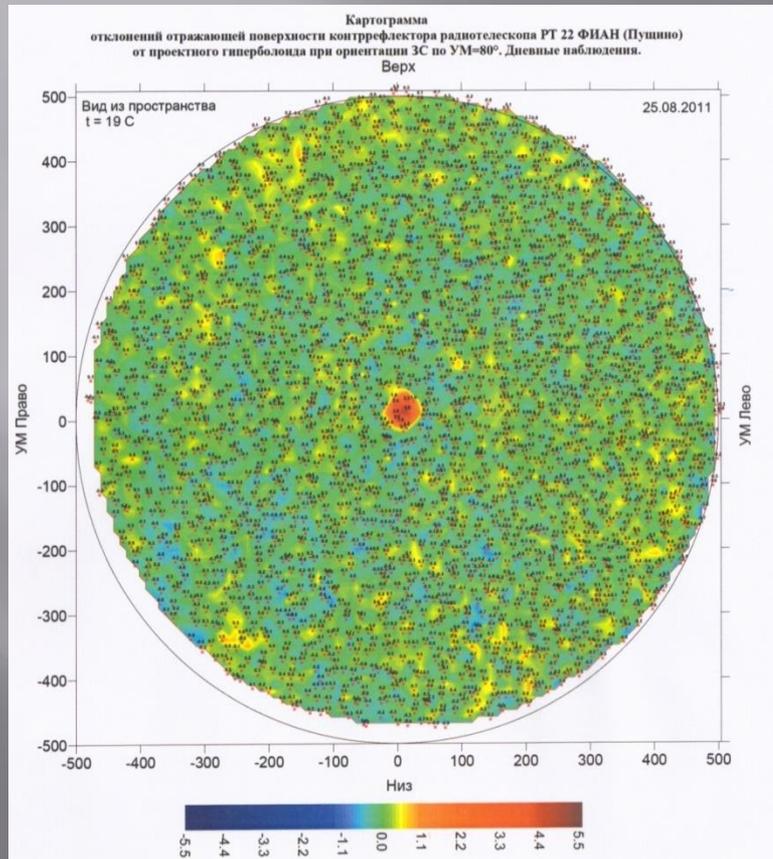
Радиотелескоп РТ-22 ФИАН



- Точность отражающей поверхности главного зеркала радиотелескопа в диапазоне УМ от 50° до 10° составляет величину порядка **1.1 мм**.
- При проведении замеров в утренние часы при одностороннем нагреве, СКО отражающей поверхности главного зеркала меняется незначительно.
- Форма и СКО главного зеркала при различных ориентациях ЗС по УМ изменяется незначительно, что свидетельствует о высокой жесткости конструкции каркаса радиотелескопа. Весовые деформации практически отсутствуют.
- На картограммах четко выражена деформация нижней области антенны, являющаяся следствием ударного воздействия на каркас. Средняя нижняя часть приподнята относительно поверхности зеркала на величину порядка **+10 мм**. Боковые области опущены на **-4 мм**.

(Петров В.В. Отчет. Контроль формы отражающих поверхностей и положения элементов зеркальной системы радиотелескопа РТ 22 ФИАН. ООО «Промышленная Геодезия», 2011 г.)

Радиотелескоп РТ-22 ФИАН



Величина СКО поверхности КР составляет **0.4 мм**. Максимальное отклонение составляет +8.4 мм (центральная часть), минимальное -3.2 мм. В центральной части поверхности КР выступающий на 6÷7 мм конструктивный элемент. Без учета центральной части точность отражающей поверхности КР **СКО = 0.36 мм**. Точность отражающей поверхности КР не меняется при изменении ориентации ЗС по УМ.

По качеству изготовления отдельных щитов можно судить о реально достижимой точности поверхности рефлектора. Среднее, измеренное по 32-м щитам, СКО=0.47 мм. Значительное количество регулировочных шпилек позволяет исправлять поверхность щита, придавая ему необходимую форму. Полная регулировка позволит достигнуть СКО=0.2 – 0.3 мм для щитов рефлектора.

При регулировке участков поверхности, отклоняющиеся от проектного профиля более 1.5 мм – 18% от всей площади рефлектора, точность отражающей поверхности рефлектора достигнет СКО=0.51 мм.

Радиотелескоп РТ-22 ФИАН

Привод слежения на основе *Siemens SIMOREG DC-MASTER* – ошибка сопровождения СКО = 2,5 у.с., дискретность датчика углового положения = 1.25 у.с.



Радиотелескоп РТ-22 ФИАН



Служба единого времени
радиотелескопа РТ-22

Водородные стандарты частоты и времени
VCH -1005

Относительная нестабильность частоты на
интервале:

100 с - $\leq 8 \times 10^{-15}$; сутки - $\leq 3 \times 10^{-15}$.

GPS-приемник LANTIME M300/GPS/
ОСХО-MQ

- погрешность выходного импульса
относительно шкалы UTC < 100 нс,
- сетевой протокол передачи времени
(NTP и SNTP v.2 – v.4)

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН



В 2014 году исполнилось 50 лет с начала регулярных наблюдений на радиотелескопе ДКР-1000 – диапазонном крестообразном радиотелескопе, работающем в диапазоне 30 – 120 МГц. Радиотелескоп является меридианным инструментом метрового диапазона радиоволн и состоит из двух антенн, представляющих собой параболические цилиндры с размером раскрыва 40x1000 м, сориентированных по линиям восток-запад и север-юг. Антенна восток-запад (ВЗ) по углу места имеет электромеханический привод. Антенна север-юг имела электрическое сканирование по углу места, в настоящее время не работоспособна, поскольку в 90-е годы лишилась радиочастотной и электрической кабельных систем.

Сегодня основными направлениями исследований на радиотелескопе ДКР-1000 (ВЗ) являются изучение пульсаров и солнечного ветра. По результатам наблюдений на ДКР-1000 в среднем ежегодно публикуется примерно 5 - 7 научных работ.

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН

Параболический цилиндр 40x1000 м	
Диапазон частот, МГц	30 – 120
Рабочие диапазоны, МГц (ограничения из-за помех)	38-41; 60-63; 109-113
Эффективная площадь, м ² (система фазирования требует модернизации)	1500 - 5000
Регистраторы:	
Радиометр, полоса частот	0.5 МГц
Пульсарный приемник:	
40 МГц	2.5 МГц
60 МГц	2.5 МГц

Рефлектор - параболический цилиндр 1000 м x 40м, поднятый над землей на 37 опорах на высоту 20 м. Облучатель - линейный из 280 шунтовых широкополосных (30 - 120 МГц) диполей. Диполи объединяются в секции по 8, секции попарно образуют 18 полотен. Сигнал на выходе полотна фильтруется, усиливается и через 500-метровые фидеры поступает на вход системы сложения. Система сложения может давать на выходе суммарный сигнал от всей антенны, от отдельных полотен, от троек полотен, от 2-х половин антенны для корреляционного приемника.

Управление ДН:

по углу места – электромеханический привод от 0 до 125 град.

по прямому восхождению (сопровождение) - дискретное электрическое сканирование в пределах 20 мин от плоскости меридиана.

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН



Цифровой пульсарный приемник

Состав:

Видеоконвертеры с полосой 2,5 МГц на частоты 40 и 60 МГц;

Цифровые модули БПФ пульсарного приемника для диапазонов 40 и 60 МГц;

Синтезатор периода пульсара;

Управляющий компьютер.

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН



Радиометр РК-8с – 8-канальный компенсационный радиометр и корреляционный приемник для работы с ДКР-1000 в корреляционном режиме. Полоса регистрации 500 кГц, постоянная времени 0.1 с.

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН



В 2010 – 2013 г.г. были выполнены работы по восстановлению металлоконструкций ферм рефлектора и опор облучателя антенны.

Работы остановлены на стадии ремонта контррефлектора и облучателя из-за отсутствия финансирования.

500-метровые магистральные кабели, проложенные в подземных кабельных каналах также нуждаются в замене.

Радиотелескоп БСА ФИАН



Радиотелескоп меридианного типа БСА ФИАН был создан в 1970 – 1974 г.г. и представляет собой эквидистантную фазированную антенную решетку, состоящую из 16384 волновых диполей расположенных на площадке 200x400 м. Радиотелескоп первоначально работал в диапазоне 101 - 104 МГц, в 90 годы был перенастроен на диапазон 109 – 113 МГц.

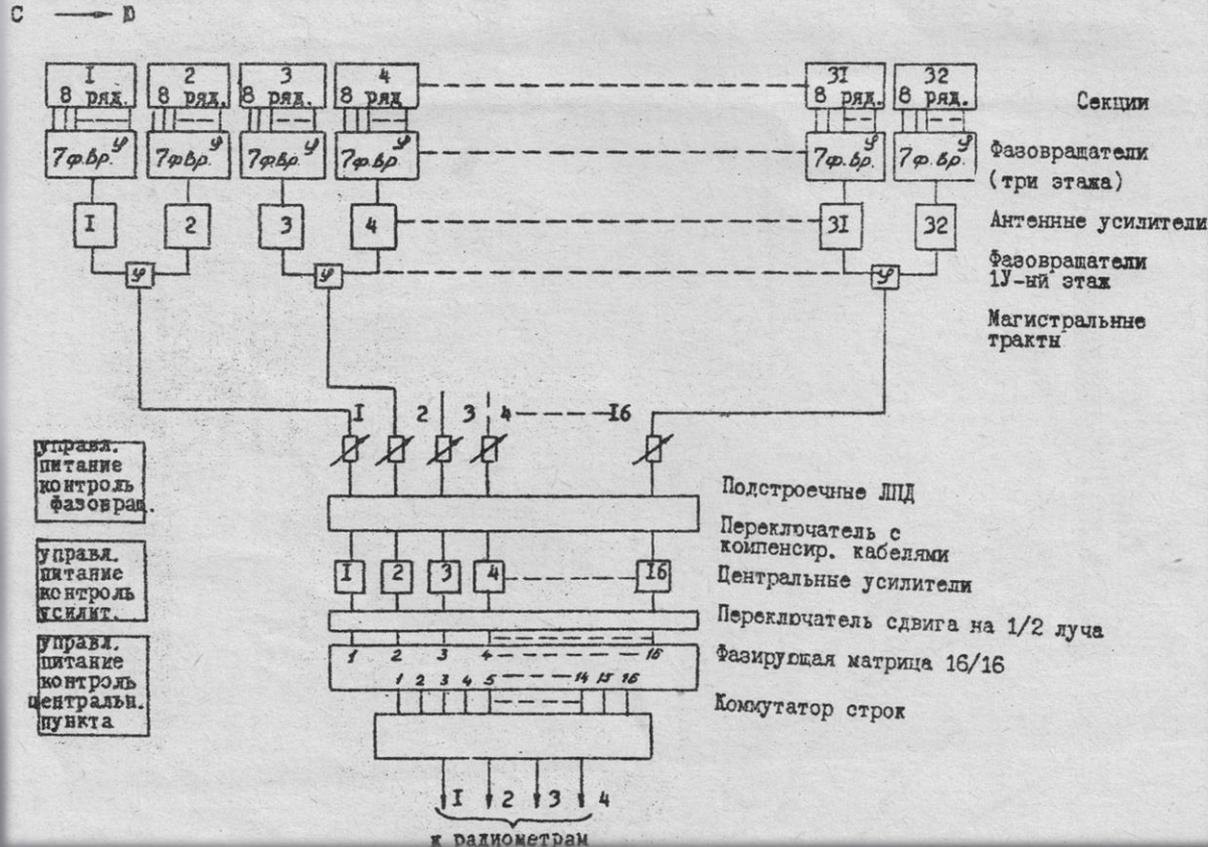
Радиотелескоп БСА ФИАН

Радиотелескоп БСА создавался в первую очередь для наблюдений пульсаров и мерцающих источников, при наблюдении которых ограничение по чувствительности радиотелескопа с заполненной апертурой эффектом “путаницы” источников не критично. В настоящее время функционируют две диаграммообразующие системы: управляемая 16-лучевая (ДН-1) и фиксированная 128-лучевая (ДН-3) диаграммы направленности радиотелескопа. Управляемая ДН-1 в основном используется для наблюдений пульсаров (используется 1 луч). Для наблюдений на ДН-3 используются 96 лучей, ограничено числом каналов регистратора.

Благодаря своим выдающимся параметрам и предназначению, радиотелескоп БСА ФИАН стал основным инструментом Пушинской радиоастрономической обсерватории. На основе наблюдений на радиотелескопе БСА ФИАН публикуется примерно 25 - 30 работ в год.

Фазированная антенная решетка – 64 волновых диполя в ряду, 256 дипольных рядов, площадь 187x384 м		
Диапазон частот антенны 109 -112 МГц	ДН-1	ДН-3
Число лучей	16	128
Эффективная площадь, м ²	20500	47000
Системная эквивалентная плотность потока (SEFD)	70 Ян	34 Ян
Число каналов регистратора	1 - пульс. приемник	96
Полоса регистрируемых частот	2,5 МГц	2,5 МГц

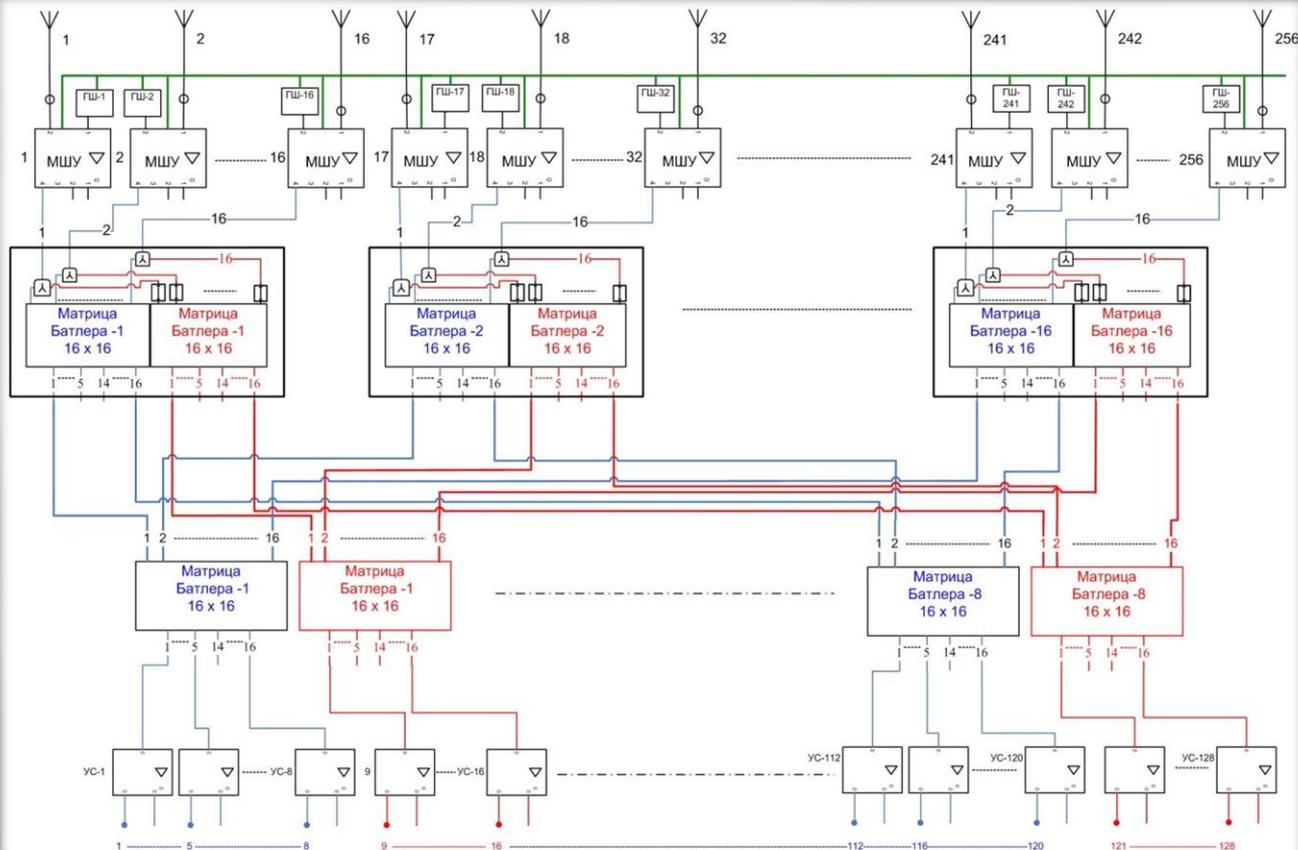
Радиотелескоп БСА ФИАН



Основана на коммутируемых с помощью высокочастотных реле фазовращателях и центральной матрице Батлера 16x16. На выходе центральной матрицы формируются 16 лучей.

Структурная схема управляемой фазировочной системы ДН-1.

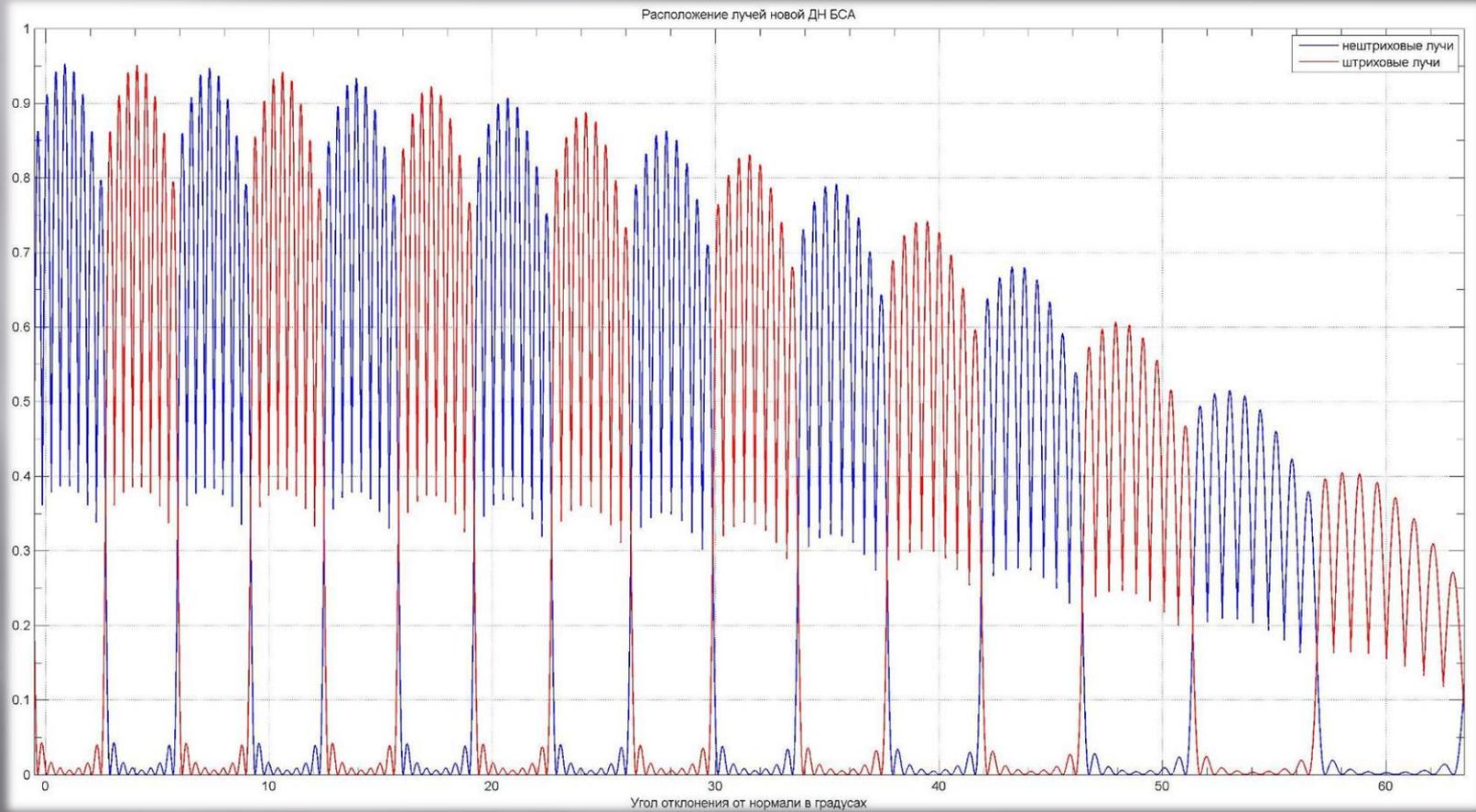
Радиотелескоп БСА ФИАН



Новая диаграммообразующая система была создана в 2012г. для решения задачи мониторинга большого числа мерцающих радиоисточников с целью систематического мониторинга состояния околосолнечной и межпланетной плазмы и прогнозирования “космической погоды”. Также были модернизированы распределенная система усиления и система калибровки радиотелескопа.

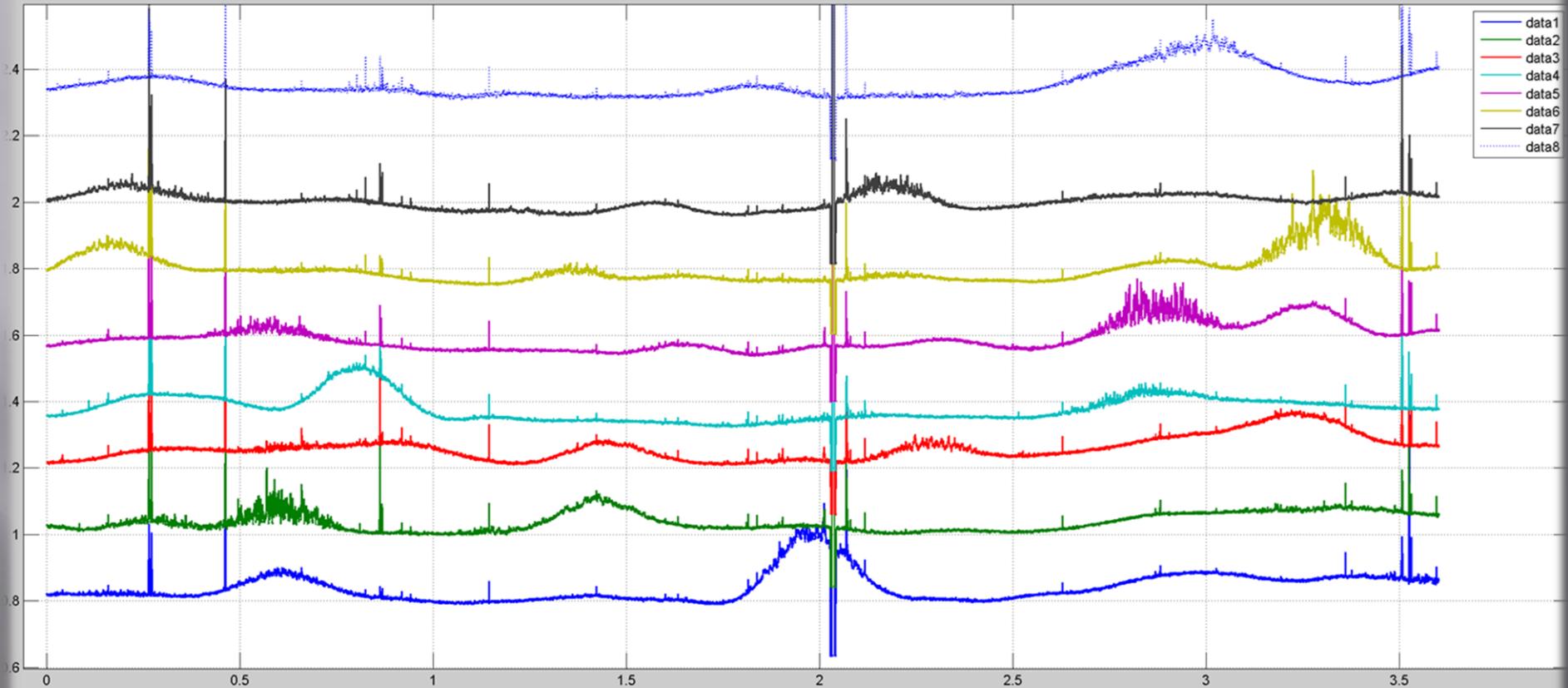
Структурная схема управляемой фазирующей системы ДН-3.

Радиотелескоп БСА ФИАН

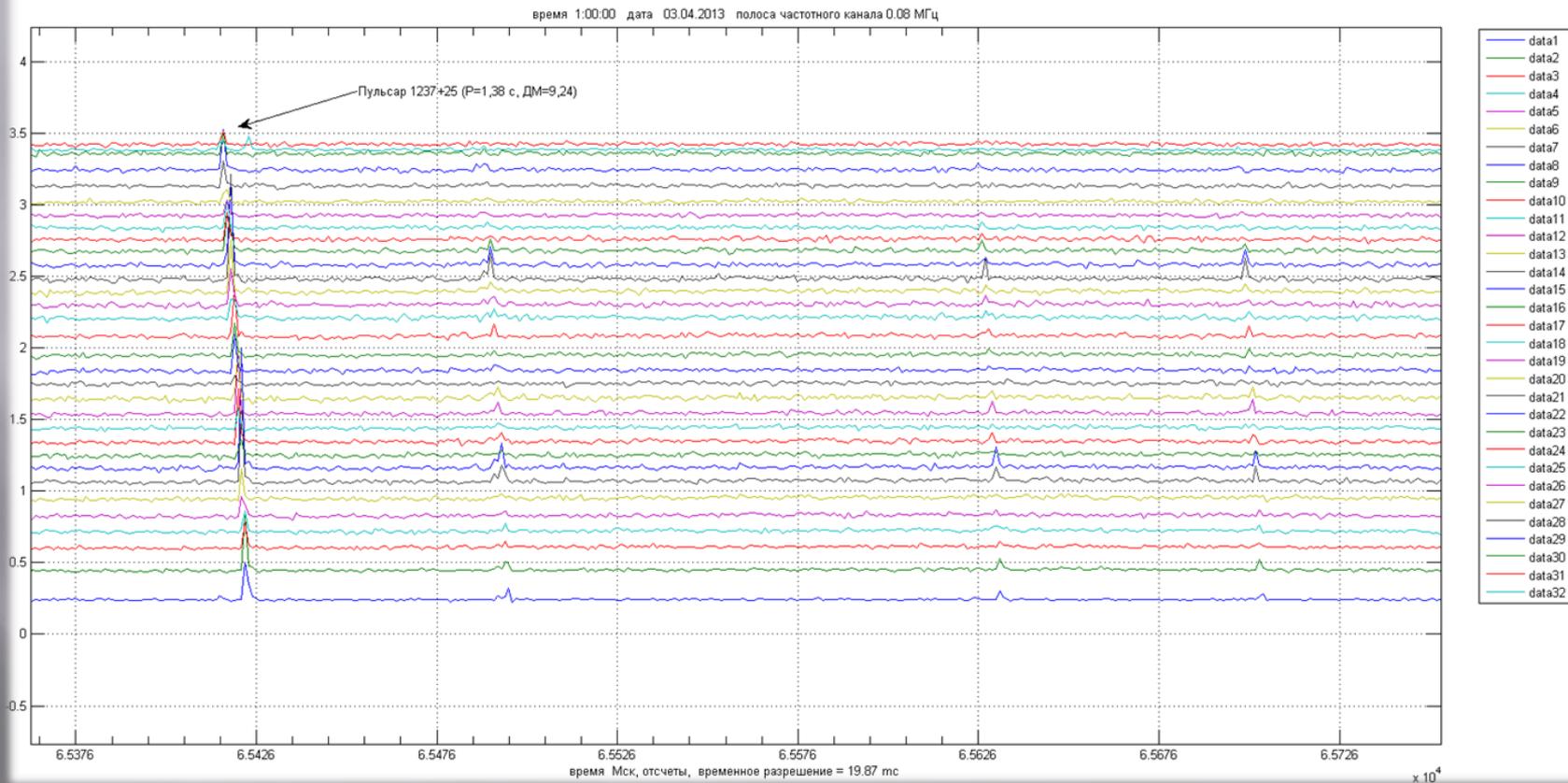


Радиотелескоп БСА ФИАН

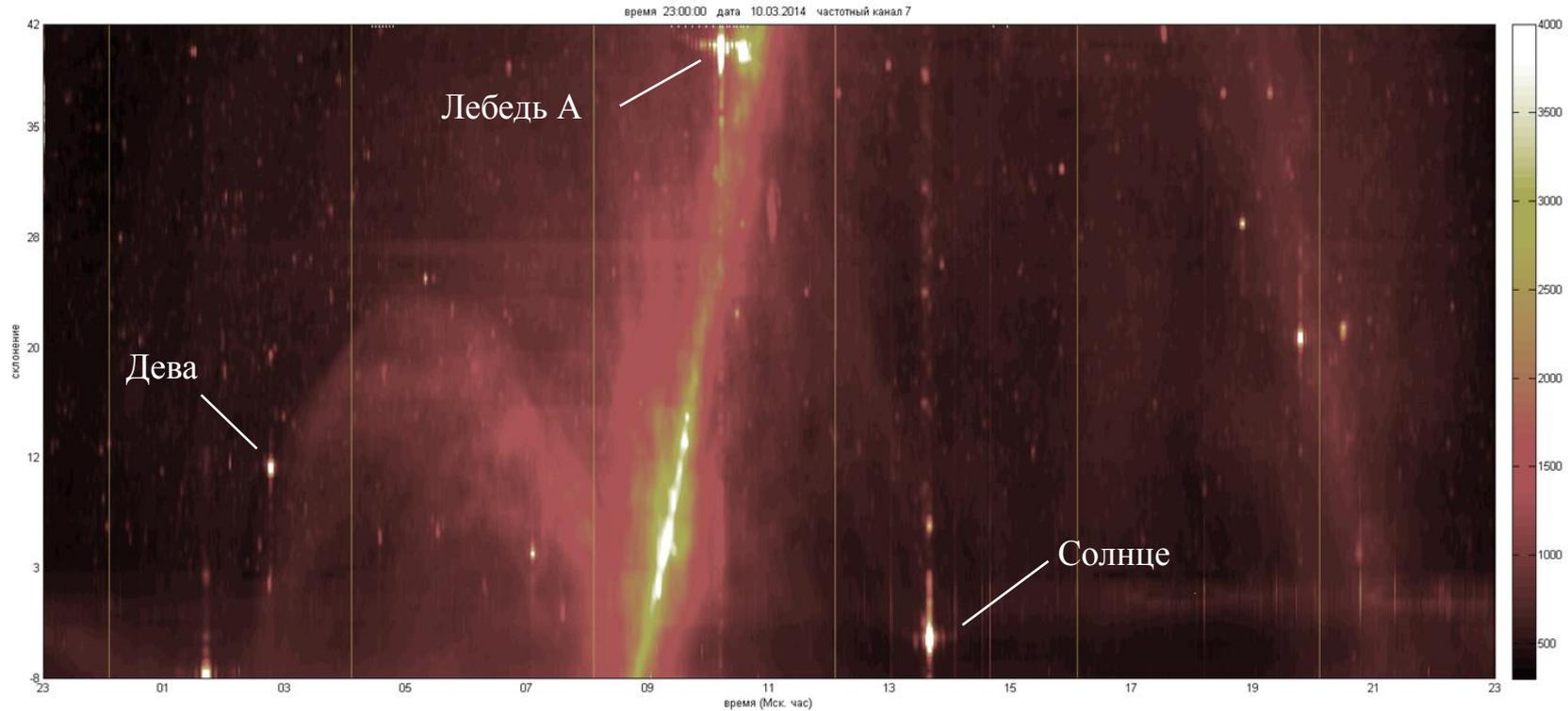
22.09.2012г. 12:00:00 модуль-3 канал-7



Радиотелескоп БСА ФИАН



Радиотелескоп БСА ФИАН



Заключение

- Несмотря на не слишком высокие возможности, по сравнению с лучшими радиотелескопами мира, радиотелескоп РТ-22 является востребованным и достаточно эффективным инструментом в области спектральных исследований. В планах дальнейшего развития радиотелескопа РТ-22 наиболее важными являются работы по юстировке поверхности основного рефлектора, модернизации системы облучения диапазонов 22 и 38 ГГц и приемно-регистрирующей системы диапазона 22 ГГц, что позволит увеличить чувствительность радиотелескопа более чем в 2 раза.
- Радиотелескоп ДКР-1000 является единственным в России широкодиапазонным инструментом метрового диапазона радиоволн. Для сохранения и дальнейшего развития радиотелескопа ДКР-1000 необходимо завершить работы по ремонту металлоконструкций и облучателя антенны, модернизации системы облучения и фазирования антенны. Применение современной элементной базы и материалов существенно, по оценкам в 2 – 3 раза, позволит повысить чувствительность радиотелескопа и его помехоустойчивость.

Заключение

продолжение

- По флуктуационной чувствительности в своем диапазоне частот радиотелескоп БСА с момента создания и по настоящее время является лучшим мировым инструментом превосходя по этому показателю недавно введенный в строй радиотелескоп LOFAR (Нидерланды). Приоритетной задачей для радиотелескопа БСА в настоящее время является задача модернизации управляемой диаграммы антенны. Следующим этапом развития радиотелескопа является задача формирования и сканирования лучей в E-плоскости антенны, что позволит в разы увеличить время наблюдения источника и, соответственно, чувствительность радиотелескопа за счет накопления сигнала. Дальнейшее развитие радиотелескопа возможно за счет создания выносных станций и повышения разрешающей способности радиотелескопа.

Помехи в метровом диапазоне радиоволн

Пушино

