

=====  
Астрокосмический центр ФИАН  
РадиоАстрон  
Информационное сообщение  
Номер 29  
18 июля 2015 г.  
=====

## С момента запуска Спектр-Р прошло 4 года

Сегодня исполнилось 4 года с момента запуска космического радиотелескопа Спектр-Р проекта наземно-космического интерферометра РадиоАстрон. Мы хотим поздравить с этой датой и поблагодарить все организации, всех наших коллег, вовлеченных в миссию! Несколько недель назад стартовали наблюдения в рамках третьего года открытой программы проекта.

## Близкая галактика 3С 84 с экстремальным разрешением: карта на 22 ГГц

Ключевая научная программа РадиоАстроны по изучению близких галактик успешно получила изображение радиисточника 3С 84 в гигантской эллиптической галактике NGC 1275 с высочайшим угловым разрешением. Галактика находится на расстоянии в 75 мегапарсек; угловой размер в 1 миллисекунду дуги соответствует всего 0.3 парсека. Благодаря этому объект является одним из лучших кандидатов для исследования джета вблизи центральной сверхмассивной черной дыры с высочайшим уровнем детализации. Результаты позволят ученым лучше понять процесс формирования струй в галактиках.

Картографирование на частотах 5 и 22 ГГц было проведено в течение 22 часов 21-22 сентября 2013 г. при использовании специальной двух-частотной моды космического радиотелескопа. Наземная решетка состояла из 25 телескопов, включая Европейскую РСДБ сеть вместе с Российской Квазар-КВО, Калязин, Корейскую РСДБ сеть, Американские телескопы GBT, VLBA, фазированная VLA. Часть наземной сети наблюдала на 5 ГГц, часть — на 22 ГГц. Эффельсберг переключался между диапазонами. Представленные результаты коррелированы в институте радиоастрономии общества Макса Планка. Сигнал наземно-космического интерферометра успешно зарегистрирован для интервала проекций баз интерферометра от 0.2 до примерно 7 диаметров Земли в обоих диапазонах. Рисунок 1 демонстрирует восстановленную карту 3С 84, полученную РадиоАстроном на самой высокой частоте проекта 22 ГГц.

Центральная область 3С 84 показывает сложную структуру на масштабах суб-миллисекунд дуги. Выделяется яркое пятно сверху (Север) — это ядро галактики, а также деталь снизу (Юг) — она движется с суб-световой скоростью по искривленной траектории. Изображение демонстрирует суб-структуру этих областей с уникальной детализацией. Впервые ясно проявился контр-джет (выброс на Север) на масштабах суб-парсеков. Джет и контр-джет разрешены поперек, угловое разрешение карты составляет примерно 50 микросекунд дуги или 500 радиусов Шварцшильда. Можно видеть уярчение к краям для джета и контр-джета, это важный уникальный результат для понимания природы выброса. На Юге в конце джета выделяется пятно, его компактность указывает на высочайшую яркость — совершенно неожиданно для суб-релятивистского объекта, наблюдаемого под большим углом к выбросу.

## Зондирование межзвездной плазмы радиоимпульсами пульсаров и “межзвездный интерферометр”

Изучение пульсаров с помощью радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами позволяет не только получать новую информацию о самих пульсарах, но и использовать их как инструмент для изучения структуры межзвездной среды, заполняющей пространство между нами и исследуемыми пульсарами.

Пульсар В1933+16 наблюдался 1 августа 2013 года в течение полутора часов одновременно в двух диапазонах длин волн. На 92 см наблюдения происходили совместно с системой апертурного синтеза в Вестерборке (WSRT) и 25-м антенной американской решетки телескопов VLBA (Санта-Крус), а на 18 см работала 300-м антенна в Аресибо, 32-м антенна в Торунь и 32-м телескоп Российской системы КВАЗАР в Светлом. Это был первый научный эксперимент, в котором участвовал в качестве станции приема информации 45-м телескоп обсерватории НРАО в Грин Бэнке.

Пульсар В1933+16 находится в спиральном рукаве Стрельца на удалении от 3 до 10 кпк; наиболее вероятное расстояние до пульсара оценивается в 3.7 кпк. Направление на пульсар проходит вдоль этого спирального рукава, что создает условия для изучения сложной структуры неоднородностей плазмы на луче зрения.

Прежде всего, мы измерили диаметр кружка рассеяния по поведению амплитуды интерференционного отклика при прогрессивном удалении космического радиотелескопа от Земли на волне 92 см. Такие измерения стали традиционными для наземно-космического интерферометра Радиоастрон. Рисунок 2 иллюстрирует эту методику. Диаметр кружка рассеяния изменяется прямо пропорционально квадрату длины волны наблюдений; на волне 92 см он получился равным 17 тысячным долям угловой секунды (mas). На волне 18 см ожидаемое значение составит всего 0.7 mas. Такая величина может быть измерена на максимальных базах интерферометра Радиоастрон, но в ходе наблюдений 1 августа такие базы не были реализованы.

Рассеяние радиоволн на неоднородностях межзвездной плазмы вызывает интерференцию лучей, что приводит в действие так называемый “межзвездный интерферометр” с эффективной базой, равной расстоянию между крайними рассеянными лучами, которое составляет величины в несколько астрономических единиц. На рисунке 3 приведена интерферограмма (диаграмма запаздывание-частота интерференции), полученная для данного пульсара в нашем сеансе на одном самом большом телескопе в Аресибо. На диаграмме видны некоторые структуры, отражающие интерференцию рассеянных лучей. Эти структуры имеют форму параболических дуг, причем каждая дуга соответствует некоторому тонкому рассеивающему экрану, а кривизна каждой дуги однозначно связана с положением такого экрана на луче зрения. Светлые тонкие параболы на рисунке — это результат нашей аппроксимации для двух дуг, а соответствующие эффективные экраны должны находиться от нас на расстояниях в 0.25 и 0.73 от расстояния до самого пульсара. Если сопоставить эти величины с наблюдаемыми неоднородностями межзвездного вещества в данном направлении, можно уточнить и само расстояние до пульсара.

## Наблюдения мазера в области звездообразования W49N с рекордным угловым разрешением

27 апреля 2015 были проведены новые наблюдения одного из наиболее удаленных источников мазерного излучения в линии водяного пара в Галактике — области звездообразования W49 N, находящейся на расстоянии около 36 тысяч световых лет в спиральном рукаве Персея. Совместно с космическим телескопом в эксперименте принимали участие несколько наземных телескопов, сигнал на наземно-космической базе был обнаружен с двумя наиболее чувствительными наземными антеннами из принявших участие в наблюдениях: 100-м телескопе в Эффельсберге (Германия) и 43 метровом телескопе в Йебесе (Испания). Проекция базы интерферометра во время наблюдений достигала  $\sim 9.7$  диаметров Земли, угловое разрешение составляло рекордные для наблюдений мазеров водяного пара  $\sim 23$  микросекунды дуги. Эти наблюдения позволят получить оценки яркостных температур и размеров наиболее компактных деталей мазерных источников.

Николай Кардашев (nkardash@asc.rssi.ru)

Юрий Ковалев (yuk@asc.rssi.ru)

Проект РадиоАстрон осуществляется Астрокосмическим центром Физического института им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук и Научно-производственным объединением им. С.А. Лавочкина по контракту с Российским космическим агентством совместно с многими научно-техническими организациями в России и других странах.

Для подписки / отписки на рассылку данного информационного сообщения используйте ссылку:

<http://asc-lebedev.ru/index2.php?engdep=22>

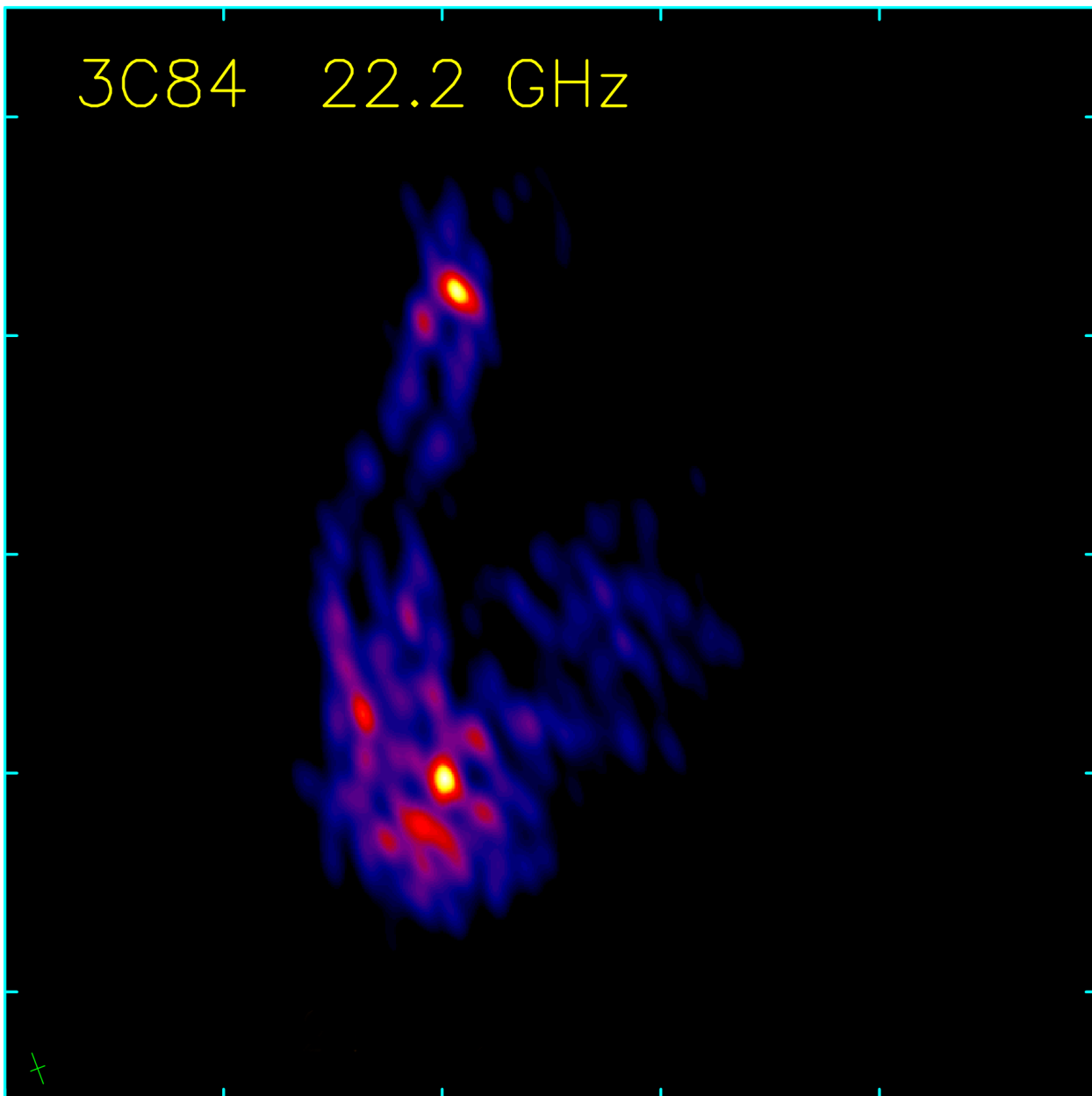


Рис. 1: Карта близкой галактики 3C 84, полученная в полной интенсивности на 22 ГГц на наземно-космическом интерферометре РадиоАстрон с экстремальным разрешением. Диаграмма направленности интерферометра указана в левом нижнем углу с размерами  $150 \times 70 \mu\text{as}$ . Пик излучения находится на уровне  $1 \text{ Ян/луч}$ . Видимое изображение с Севера на Юг (сверху вниз) занимает в проекции размер в 1.2 парсека.

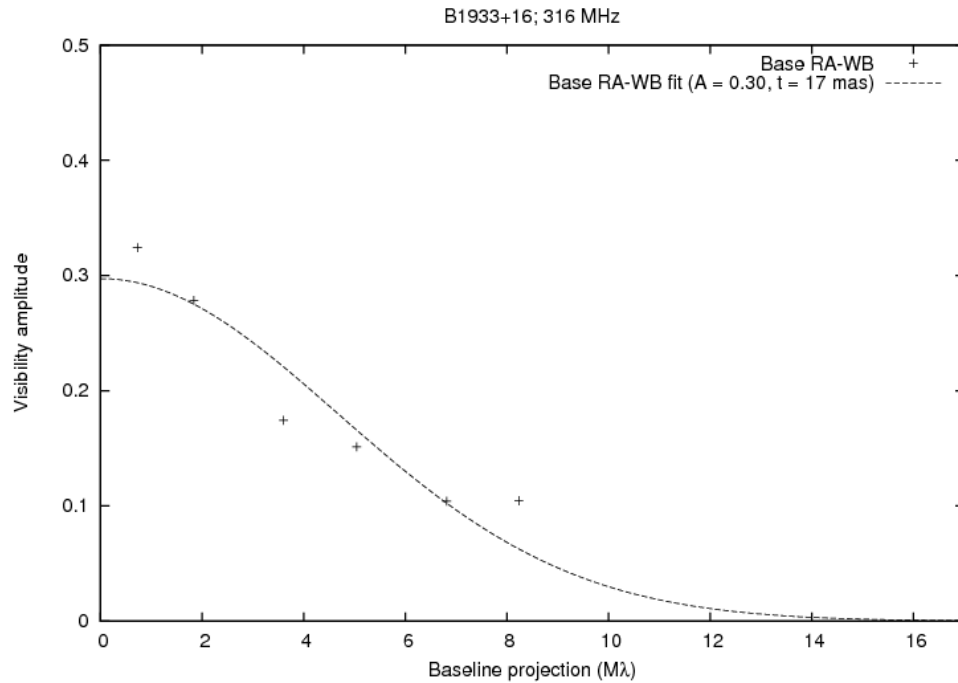


Рис. 2: Зависимость амплитуды интерференционного отклика наземно-космического интерферометра от величины проекции базы между радиотелескопом в Вестерборке и космическим радиотелескопом. Пунктирная линия, проведенная через измеренные значения, соответствует круглому диску рассеяния с диаметром 17 тысячных долей угловой секунды.

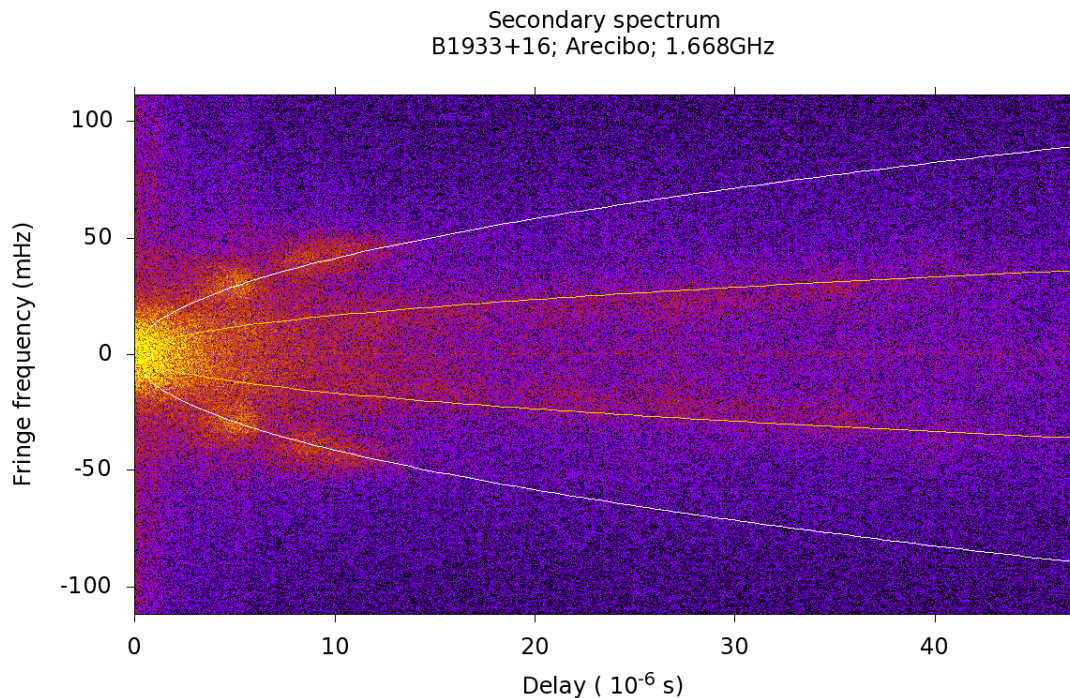


Рис. 3: Вторичный спектр, полученный для пульсара B1933+16 по данным, зарегистрированным на радиотелескопе в Аресибо на длине волны 18 см. Уярчения, имеющие форму параболических дуг, вызваны интерференцией рассеянных лучей на двух тонких экранах, расположенных на расстояниях 0.27 и 0.73 полного расстояния от наблюдателя до пульсара. Пунктирные белые линии показывают теоретические аппроксимирующие функции.