

Бронекаталог
СУХОПУТНЫЕ
КРЕЙСЕРА ЯПОНИИ

Экология и энергетика
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА
РОССИИ И УКРАИНЫ

Бронетехника
БРОНТЕХНИКА
ПОДНЕБЕСНОЙ

Боевые корабли
ПОСЛЕДНИЙ
КРЕЙСЕР

ВНИМАНИЕ! Уважаемый читатель, с сентября начал работу новый сайт журнала — www.naukatehnika.com



№ 1 (116), 2016
январь

НАУКА@ ТЕХНИКА

12+

Science & Technology

ТЕЛЕСКОП РАЗМЕРОМ БОЛЬШЕ ЗЕМЛИ ПОМОЖЕТ НАЙТИ ВХОД В «КРОТОВУЮ НОРУ»

(См. стр. 4)



С Новым 2016 годом!



Галина Рыжко



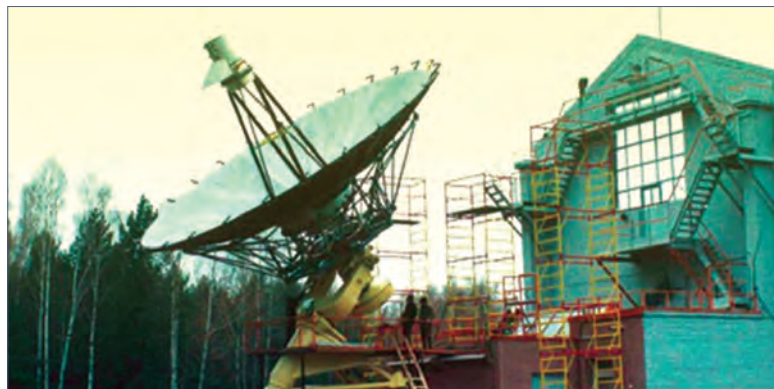
ПРОЕКТ «РАДИОАСТРОН»

В наше время обоснованно считают, что запускать новый масштабный проект астрофизических исследований имеет смысл только в том случае, если новые инструменты наблюдения будут превосходить уже существующие по какому-либо параметру как минимум в 10 раз. Иначе игра не стоит свеч. Приятно сознавать, что начавший активную научную работу в 2011 году российский (главным образом) проект «Радиоастрон» с избытком отвечает этим требованиям. Он позволил получить угловое разрешение, которое превышает ранее доступное в десятки раз.

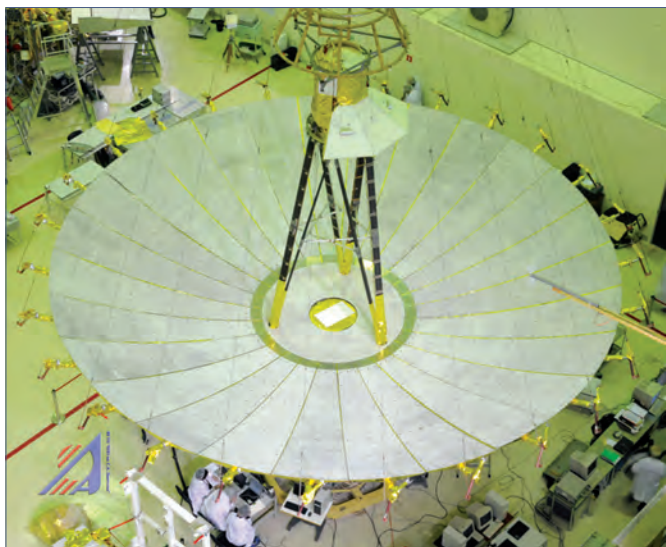
Угловое разрешение — это минимальный угол между объектами, который может различить оптическая система, т. е. минимальное расстояние (в градусах), позволяющее прибору распознать объекты как два разных. Чем меньше это расстояние, тем выше угловое разрешение. Этот момент важно понять и запомнить, многих он сбивает с толку. Высокое разрешение позволяет рассмотреть всяческие структурные подробности. Самый простой пример: в телескоп с низким разрешением можно увидеть просто звезду — светящуюся точку.

Однако если угловое разрешение увеличивать, то не исключено, что мы разглядим там же систему из двух или трех звезд, которые раньше сливались в одну.

Угловое разрешение определяется отношением длины волны к диаметру входного зрачка оптической системы. В случае применения единичного радиотелескопа — это диаметр его зеркала. Самый большой из ныне существующих телескопов РАТАН-600 принадлежит Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук и расположен в Карачаево-Черкесии на высоте 970 м над уровнем моря. Диаметр зеркала — 576 м. Вторым по размеру зеркала (305 м) является телескоп обсерватории Арисибо, в США (Пуэрто-Рико). В основном первая десятка укомплектована телескопами с диаметром зеркала 70–100 м. Китай грозит в скором времени ввести в эксплуатацию радиотелескоп с 500-метровым зеркалом. Мировая научная общественность подумывает о строительстве телескопа, диаметр зеркала которого достигнет 1 км, но подобный грандиозный проект не под силу никому в отдельности. Он требует объединенных усилий нескольких крупных держав. Еще неизвестно, состоится ли это. Однако уже в 50-х годах XX века советские астрономы предложили принципиально иной способ значительно улучшить угловое разрешение — радиоинтерферометрию. Суть идеи в том, чтобы объединить несколько телескопов в одну систему — интерферометр и на основе общих данных получить единое изображение. В этом случае компонентом формулы является не диаметр зеркала, а расстояние между телескопами, т. е. угловое разрешение можно увеличить весьма существенно. Следом пришла идея радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ). Предполагалось объединить радиосигналы телескопов, которые находятся в разных городах и даже на разных континентах.



Испытания космического радиотелескопа по астрономическим объектам



Тут речь шла уже не о лишней сотне метров, а о сотнях и тысячах километров.

Первые радиоинтерферометры были применены для отслеживания советских автоматических станций серии «Луна», однако это еще не была полноценная РСДБ. Составляющие систему телескопы находились сравнительно недалеко друг от друга и были соединены кабелем. В РСДБ управление элементами интерферометра производится независимо, без непосредственной коммутационной линии связи. Запись данных осуществляется на носители информации с последующей корреляционной обработкой на специализированном вычислительном оборудовании — корреляторе. В полной мере идея РСДБ была впервые реализована в 1967 году в США и Канаде. В 1970-х годах практически все крупные радиотелескопы мира получили возможность объединяться в единую глобальную сеть. Однако нет предела совершенству. В 1979–1980 годах в Советском Союзе был начат амбициозный проект, цель которого — создание «радиотелескопа много больше Земли». Проект заключается в том, чтобы вывести крупный космический радиотелескоп (КРТ) на околоземную орбиту и включить его в единую систему с наземными радиотелескопами. Радиоинтерферометр «Земля-космос» мог бы иметь базу 350 тыс. км, что позволило бы улучшить угловое разрешение не менее чем в 30 раз.

Увы, к началу 90-х осуществить проект не успели, а потом, как все мы помним, начался длительный период упадка и разрухи. К счастью, от идеи не отказались окончательно, и во второй половине нулевых проект «Радиоастрон» был реанимирован, хотя и потребовал масштабной доработки.

Запуск космического аппарата «Спектр-Р», несущего на борту телескоп «Радиоастрон» с десятиметровым зеркалом, запланировали на 2011 год. Основой аппарата послужила разработанная в НПО им. Лавочкина платформа «Навигатор». В последние годы она весьма популярна среди исследователей космоса и задействована во многих проектах.

Орбиту спутника «Спектр-Р» намеренно рассчитали так, чтобы она испытывала на себе значительное влияние Луны. Средний орбитальный период станции составляет 9,5 дня (изменения периода — от 7 до 10 дней), половина большой оси 189 тыс. км, наклонение орбиты 51 градус. Радиус перигея (ближайшей к Земле точки орбиты) — от 10 до 70 тыс. км, апогея — от 310 до 390 тыс. км. Складное зеркало телескопа состоит из центрально-

го трехметрового диска и 27 углепластиковых лепестков, которым предстояло раскрыться в космосе. Сложная изменчивая орбита позволяла обеспечить наилучшие условия наблюдения для наибольшего числа объектов.

При работе радиоинтерферометра очень важно снабдить поступающие сигналы максимально точными метками времени. С этой целью в проекте «Радиоастрон» были задействованы высокоточные водородные атомные часы. Данный прибор был разработан, изготовлен и испытан в 2007 году нижегородским предприятием «Время Ч».

Важнейшей частью проекта «Радиоастрон» являются наземные станции слежения (НСС). В их задачу входит:

1. Наведение антенны НСС на КА и слежение за ним в течение сеанса связи.
2. Прием с борта КА потока научных и служебных данных и регистрация их на магнитных носителях.
3. Передача на борт КА фазостабильного опорного сигнала, синхронизированного Н-мазером НСС.
4. Прием когерентно преобразованного на борту КА ответного сигнала, измерение текущей частоты остаточного доплеровского сдвига и текущей разности фаз ответного и запросного сигнала и их регистрацию с привязкой к текущему времени.
5. Прием внешних данных, необходимых для работы НСС и выдача потребителям информации о состоянии НСС.

Основной наземной станцией слежения стала обсерватория в подмосковном Пушино с радиотелескопом РТ-22 с зеркалом с диаметром 100 м. Функцию станции слежения в Западном полушарии взяла на себя вторая по величине в США обсерватория Грин Бэнкс. Для управления аппаратом используются станции в Медвежьих Озерах (Подмосковье) и Уссурийске (Дальний Восток). Для реализации отдельных научных программ были привлечены практически все радиотелескопы мира, имеющие зеркало диаметром более 60 м.

В основном конечная обработка и интерпретация результатов научных исследований на космическом интерферометре производится в центре обработки Астрокосмического центра Физического института Академии наук (АКЦ ФИАН) в Москве, но задействованы также центры обработки других участников проекта. Операционная скорость кластера АКЦ позволяет принимать поток данных от десяти станций (включая КРТ Радиоастрон) с общей плотностью 2,56 Гбит/сек и, соответ-



29-е международное совещание по проекту «Радиоастрон» (осень 2008 года)



**Радиотелескоп в Аресибо (Пуэрто Рико)
с диаметром зеркала в 305 метров**

ственно, обрабатывать потоки от 45 интерферометров. Это происходит практически без снижения темпа поступающих в реальном времени данных наблюдений.

Проведенные в мае 2011 года комплексные испытания радиотелескопа и космической платформы «Навигатор» подтвердили их совместимость и соответствие параметров техническому заданию. Запуск произошел 18 июля 2011 года с космодрома Байконур ракетой-носителем «Зенит-2SLБ80» (КБ «Южное») с разгонным блоком «Фрегат-СБ» (НПО им. Лавочкина). Время отделения космического аппарата от разгонного блока было выбрано так, чтобы в этот момент он находился в зоне видимости станции в Медвежьих Озерах.

Выход на орбиту прошел без приключений, но когда 22 июля была отдана команда на раскрытие лепестков зеркала, начались неприятности. Был получен сигнал, что двигатель начал движение, потом что он его закончил, а вот подтверждения полного раскрытия антенны не пришло. Помимо всего прочего это означало, что зеркало нельзя зафиксировать. Предположили, что полного раскрытия лепестков не произошло из-за температурных перепадов, и решили попытаться повернуть аппарат так, чтобы Солнце прогрело его равномерно. Это помогло не сразу, и лепестки пришлось дополнительно прогреть. Но все хорошо, что хорошо кончается. Когда на следующее утро был подан повторный сигнал на раскрытие, все прошло как по маслу и зеркало удалось зафиксировать. В сентябре 2011 года в целом было завершено выполнение программы летных испытаний бортовых систем космической платформы «Навигатор», подтвердивших соответствие бортовых систем техническим требованиям. В ноябре была подтверждена стабильность характеристик КРТ при различных условиях освещенности Солнцем. В декабре проведена первая

серия интерферометрических наблюдений одного и того же источника на все более возрастающей наблюдательной базе (максимальная — 300 тыс. км). В январе 2012 года прошла серия наблюдений на базе, изменяющейся от 25 до 200 тыс. км.

Вот уже более четырех лет «Радиоастрон» работает в космосе, выполняя научные задачи. Одна из основных — исследование квазаров, которые, вероятно, являются активными ядрами галактик. Выяснилось, что раньше ученые существенно недооценивали яркость этих объектов. Появилась также возможность определить диаметр релятивистских струй, потоков вещества, вырывающихся из центра квазара, со скоростью, близкой к световой. На основании новых данных пришли к выводу, что модель, которую до этого использовали, требует серьезной доработки.

Изучение с помощью «Радиоастрона» пульсаров (нейтронных звезд диаметром около 10 км) привело к совершенно неожиданному результату. Теория межзвездной среды предсказывала,

что из-за рассеивания длинных волн межзвездной плазмой «Радиоастрон» сможет зафиксировать лишь очень малый радиосигнал или вообще не сможет зафиксировать ничего выше уровня своих шумов от пульсаров. Но в действительности приборы зарегистрировали очень яркие пики в излучении пульсаров. Уже есть гипотеза, что это результат фокусировки их радиоизлучения на турбулентных облаках межзвездной плазмы.

Дальний космос — не единственный достойный объект изучения. Высокоточное измерение орбиты «Радиоастрона» с использованием водородного стандарта частоты и времени на его борту позволяет построить высокоточную модель гравитационного поля Земли.



**Радиотелескоп Эффельсберг (Германия).
Диаметр — 100 м**

Важной частью научной программы является изучение районов вблизи горизонта событий сверхмассивных черных дыр. В частности, космический телескоп был использован для наблюдения так называемой «тени черной дыры» в центре галактики M87 из созвездия Девы, которая находится в 16 мегапарсеках от Земли. Это сверхмассивная черная дыра, одна из самых больших, которые известны в настоящее время. Ее масса — 6,6 миллиарда солнечных масс. Понятно, что сама черная дыра не может быть видима, никакой материальный носитель информации, в том числе и свет, не может вырваться за горизонт событий. Но у границы горизонта должна быть «тень», некие изменения в поведении наблюдаемого излучения. Это то, о чем писал Стивен Хокинг:

«На горизонте событий лучи света должны всегда двигаться параллельно друг другу, т. е. поодаль друг от друга. Иначе говоря, горизонт событий (граница черной дыры) подобен краю тени — тени грядущей гибели. Если посмотреть на тень, создаваемую каким-нибудь очень удаленным источником, например Солнцем, то



Эллиптическая галактика M87

вы увидите, что на краю тени лучи света не приближаются друг к другу».

Ранее центральная часть галактики M87 не разрешалась при самых больших базах. С помощью интерферометра «Радиоастрон» данные удалось получить, теперь дело за интерпретацией. В проекте также были задействованы наземные телескопы Аресибо (США, 300 м) и Эффельсберг (Германия, 100 м).

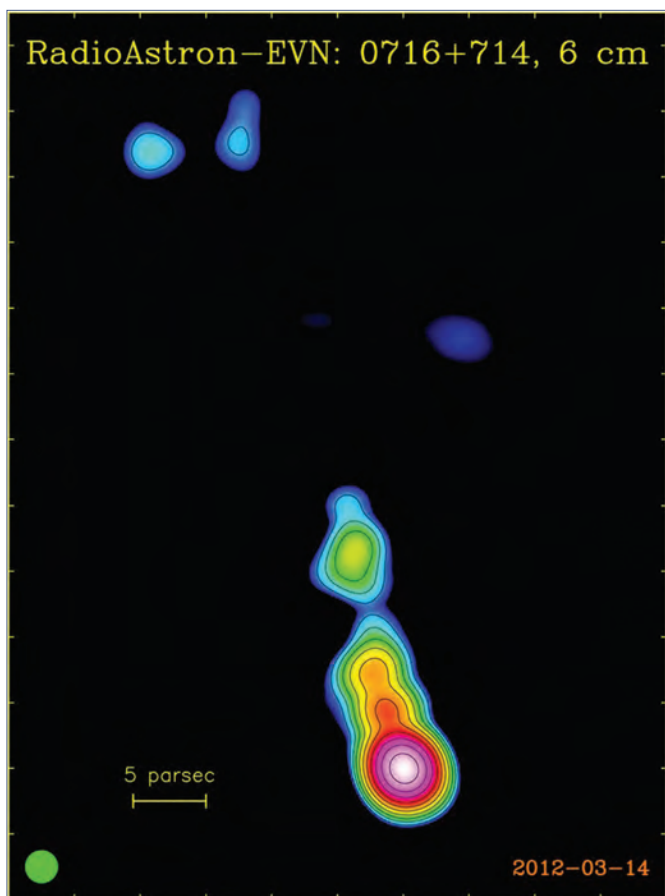
Возможность детального изучения черных дыр очень вдохновляет астрофизиков. Они питают надежду, что некоторые из них могут оказаться в действительности входом в кротовую нору — впервые смоделированный Эйнштейном и Розеном тоннель в пространстве, соединяющий нас с другой частью на-



Квazar



Крабовидная туманность,
в центре которой находится пульсар



Изображение квазара, полученное с «Радиоастрона»

шей Вселенной или даже с другой Вселенной и дающий гипотетическую возможность для межзвездных путешествий.

Как разъяснил директор АКЦ ФИАН академик Николай Семенович Кардашев: «Главным отличием «кротовой норы» от модели с черной дырой будет отсутствие горизонта событий. То есть вещество, попадающее в тоннель, не исчезает для внешнего наблюдателя. Оно может и утекать из нашей части Вселенной, и притекать к нам. Если тоннели будут открыты, то это необыкновенно расширит наши возможности исследования и даже освоения Вселенной. Как уже отмечалось, вход в «кротовую нору» имеет особенности. Наблюдая за объектом, падающим на планету или звезду, в момент соприкосновения с их поверхностями мы сможем наблюдать вспышку излучения и тем самым фиксировать данное явление. В случае черной дыры тот же самый объект, падающий на нее, просто исчезнет. Если же мы падаем внутрь входа в тоннель, то объект будет наблюдаться все время, но с переменным красным смещением. И наоборот, объекты, приходящие из другой Вселенной или другой части нашей Вселенной, тоже будут наблюдаться все время. Отсюда можно сделать прогноз. Если такие объекты существуют, то описанные эффекты должны быть обнаружены и исследованы. Объекты — кандидаты для подобных исследований имеются, и наблюдения могут быть проведены с помощью интерферометра «Радиоастрон».

