



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың  
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2014» атты  
IX халықаралық ғылыми конференциясы

IX Международная научная конференция  
студентов и молодых ученых  
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2014»

The IX International Scientific Conference for  
students and young scholars  
«SCIENCE AND EDUCATION-2014»

2014 жыл 11 сәуір  
11 апреля 2014 года  
April 11, 2014



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«Ғылым және білім - 2014»  
атты IX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
IX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2014»**

**PROCEEDINGS  
of the IX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2014»**

**2014 жыл 11 сәуір**

**Астана**

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**  
**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2014» атты студенттер мен жас ғалымдардың IX Халықаралық ғылыми конференциясы = IX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014» = The IX International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2014».  
– Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2014. – 5831 стр.  
(қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-610-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**

ISBN 978-9965-31-610-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық  
университеті, 2014

Табылдиева М.М.

магистрант гр. МГео - 12 ЕНУ имени Л.Н. Гумилева

*meruert\_tabyldievaa@inbox.ru*

Научный руководитель - Кусаинова Г. Д.

**Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами** (РСДБ, [англ. VeryLongBaselineInterferometry, VLBI](#)) — вид [интерферометрии](#), используемый в [радиоастрономии](#), при котором приёмные элементы [интерферометра](#) ([телескопы](#)) располагаются не ближе, чем на континентальных расстояниях друг от друга. При этом управление элементами РСДБ [интерферометра](#) производится независимо, без непосредственной коммутационной линии связи, в отличие от обычного [радиоинтерферометра](#). Запись данных осуществляется на [носители информации](#) с последующей [корреляционной обработкой](#) на специализированном вычислительном оборудовании [1].

История создания и развития РСДБ непосредственно связаны с освоением космического пространства. Начался этап бурного развития и становления радиоастрономии. Для определения траекторий «Лунников» радиоастрономы ФИАН в конце 1950-х создают радиоинтерферометр.

РСДБ-метод был реализован в 1967 году учеными США и независимо Канады. В конце 1968 года были начаты работы по вводу в действие РТ-22КрАО на длине волны 3 см.

С 1970-х годов практически все крупные радиотелескопы мира объединяются в единую глобальную сеть. Успехи метода РСДБ в астрофизике заложили фундамент развития прикладных направлений на принципиально новой основе, в том числе прецизионной астрометрии. Первый в мире РСДБ эксперимент с внеатмосферным радиотелескопом был проведен в 1979 году на станции Салют-6 с 10-метровой антенной радиотелескопа КРТ-10 и РТ-70 в Евпатории (Наука и жизнь, 1982, №3, А.Козлов, инж. – Гигант смотрит во Вселенную).

EVN была образована в 1980 году консорциумом из пяти основных европейских радиоастрономических институтов (Европейский консорциум по РСДБ). С 1980 года EVN и Консорциум составляли 9 институтов с 12 радиотелескопами в 8 странах Западной Европы, а также связанных с ней институтов с телескопами в Польше, России, Украине, Китае и Южной Африке. Предложения о включении в сеть дополнительных телескопов в Испании и Италии находятся на стадии рассмотрения, и, кроме того, с EVN могут быть связаны с 7-элементным интерферометром в [обсерватории Джодрелл Банк](#) в Великобритании и с американским интерферометром [VeryLongBaselineArray](#) для создания «глобальной сети». В 1993 был создан Объединенный институт для РСДБ в Европе ([JIVE](#)).

С 2004 года начались работы по проекту [EXPRaS](#), соединения EVN телескопов между собой международной волоконно-оптической сетью, для реализации технологии, известной как [электронная РСДБ](#) (англ., e-VLBI). Проект [EXPRaS](#) предназначен для подключения телескопов через свои национальные исследовательские сети и общеевропейскую научно-исследовательскую сеть [GÉANT2](#), и проведения первых астрономических экспериментов с использованием этой новой технологии. Это позволит учёным воспользоваться возможностями e-VLBI для проведения последующих наблюдений таких кратковременных астрономических событий, как вспышки двойных рентгеновских систем ([микроквazarов](#)), взрывы [сверхновых](#) и [гамма-всплески](#).

Цели проекта [EXPRaS](#) - соединить волоконно-оптическими линиями связи до 16 самых чувствительных телескопов в мире на шести континентах с Центром обработки данных EVN, расположенном в институте [JIVE](#). Конкретные мероприятия включают в себя

обеспечение подключения "последней мили" и модернизации существующих линий связи с телескопами, обновление коррелятора для обработки до 16 потоков данных со скоростью до 1 Гбит/с каждый в режиме реального времени и исследования возможностей реализации распределённых вычислений для замены централизованного процессора обработки. В ноябре 2009 года в EVN вступили три обсерватории Российской РСДБ сети "Квазар" ([Светлое](#), [Зеленчукская](#) и [Бадары](#)), в качестве постоянно участвующих станций [2].

К недостаткам РСДБ метода являются слабость сигнала и сложность его обработки. Источниками радиоизлучения служат квазары (рис.1) – наиболее удаленные от Земли астрономические объекты. Если известно направление на квазар, по разновременности поступления сигнала от квазара на две станции на Земле определяют длину базисной линии. Вследствие вращения Земли эта временная задержка изменяется вместе с изменением ориентировки базисной линии по отношению к поступающему сигналу. Наблюдаемая величина запаздывания сигнала может использоваться для высокоточного определения скорости вращения Земли. Другие геодинамические процессы, как, например, движение полюсов Земли и движение плит земной коры, существенно воздействуют на результаты длиннобазисной радиоинтерферометрии, изменяя ориентировку геоцентрической системы координат по отношению к инерциальному пространству, определяемому квазарами. Таким образом, РСДБ позволяет усовершенствовать геофизические модели этих процессов с помощью мониторинга (систематических измерений) длин базисных линий, соединяющих станции слежения. Например, если станции находятся на противоположных сторонах материка или океана, с помощью РСДБ выявляется движение континентальных плит (составляющее несколько сантиметров в год). Таким образом нашла подтверждение гипотеза тектоники плит. Для геодезии особенно важно то, что РСДБ позволяет очень жестко определить ориентировку опорной геодезической сети по отношению к небесной сфере. Однако необходимо учитывать погрешности, источниками которых являются движение полюсов, дрейф материков и изменения параметров вращения Земли.

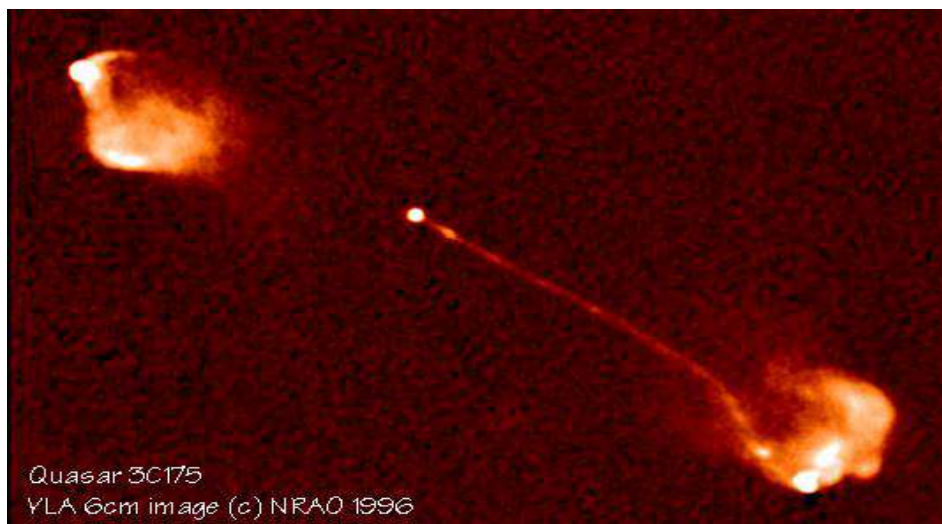


Рис.1 Квазары в космосе

400 лет назад Галилей сделал первый телескоп из трубы и двух стекол, и направил в небо. С годами исследовательские приборы усложнялись, они создавались на основе самых последних достижений в науке. Сейчас такие приборы, передового фронта науки о космосе: телескоп Hubble, телескоп-охотник за экзопланетами Kepler, рентгеновский телескоп Chandra, Curiosity на Марсе, Cassini на Сатурне. На Земле сюда стоит добавить телескопы VLT, ALMA. В этот ряд с полным правом может стать и российский космический радиотелескоп «Спектр-Р» и проект «Радиоастрон».

Радиотелескоп по принципу работы схож с обычным телескоп-рефлектором с параболическим зеркалом, только электромагнитные волны в другом диапазоне. Поэтому,

характеристики телескопов определяются практически одинаковым образом. Основная характеристика – разрешение. Разрешение фотокамер привычно указывать в пикселях. Однако разрешение телескопа появилось намного раньше, и выражается в его способности отделять на изображении одну точку от другой, а измеряется в угловых секундах или секундах дуги. Небосвод по окружности делится на 360 градусов, 1 градус на 60 минут, 1 минута на 60 секунд, далее идут десятые, сотые, тысячные доли и т.д. Разрешение человеческого глаза — 1 угловая минута, видимый диаметр Луны 30 минут, предельное разрешение наземных телескопов – примерно 1 секунда, разрешение телескопа Hubble — 0,05 секунды. Чем больше диаметр телескопа, тем выше его разрешение, тем дальше и детальней можно заглянуть. Диаметр Hubble – 2,4 метра уступает многим земным телескопам, но его преимущество в том, что он исключает искажающее влияние атмосферы.

Радиотелескопы «видят» в радиодиапазоне, им не так мешает атмосфера, как другое физическое ограничение. Разрешение (дифракционный предел) определяется по формуле  $\varphi = \lambda/D$  (разрешение равно отношению длины волны к диаметру принимающего зеркала). Волны оптического диапазона очень короткие, поэтому небольшое зеркало уже значительно повышает зрительные возможности человека. Радиоволны длиннее на несколько порядков, поэтому, к примеру, на длине волны 3 см огромная 100 метровая тарелка радиотелескопа даст разрешение, как у человеческого глаза. Быстро осознав такой недостаток ученые стали использовать метод [интерферометрии](#). Интерферометрия — это получение сигнала с одного источника на два или больше принимающих приборов. При этом получаемое разрешение сигнала прямо пропорционально расстоянию между принимающими приборами. Наглядно принцип работы интерферометра можно представить на примере наших глаз: два «принимающих прибора» смотрят на один объект, и в мозге формируется одна картина. Интерферометрия используется, как в оптической астрономии (к примеру на [VLT](#)) так и в радио.

Для интерферометра очень важно точно свести или синхронизировать сигналы в один при помощи апертурного синтеза, чтобы получить ожидаемый результат повышенной точности.

Первые радиоинтерферометры были связаны кабелем, и работали синхронно, как единый механизм. Это упрощало работу, но накладывало ограничения на размер.

В 1965 году советские ученые Л. И. Матвеев, Н. С. Кардашев, Г. Б. Шоломицкий предложили использовать для сведения сигналов компьютер. То есть необходимость в кабеле отпала, и стало возможно использовать радиотелескопы даже на разных материках. Это позволило открыть новую веху в радиоастрономии – радиоинтерферометрию со сверхдлинными базами (РСДБ). «База» в интерферометре, это то же, что и «диаметр» в одиночной антенне/зеркале. Логичным пределом для такого метода изучения Вселенной стали размеры Земли.

Разрешающая способность такой условной «тарелки» с базой в 12 тыс. км превышает в 100 раз возможности Hubble.

Сравнивая оптические и радиотелескопы, следует понимать еще одну важную разницу. Радиотелескопы не получают «картинку». Они могут только получать информацию об интенсивности сигнала от того источника, куда направлена антенна. То есть фактически результат одного замера сигнала дает один единственный пиксель будущего изображения. Интенсивность радиоисточника (как впрочем и оптического) называется яркостью, и радиотелескопы занимаются замером яркости различных точек источника. Из данных яркости различных точек потом можно составить схематичное изображение, как это, например, делает матричный принтер.

Вернемся к радиоинтерферометрам. Уже с 70-х годов крупнейшие радиотелескопы мира стали работать в одной сети. Но достигнув предела в размерах Земли, ученые задумались о выходе в космос. Первый 10-метровый радиотелескоп установили в СССР на орбитальной станции Салют-6 в 1979 году. Хотя он не работал в режиме интерферометра в

том же году приняли решение о создании серии космических телескопов, первым из которых стал «Радиоастрон» (рис.2).



Рис.2 Радиоастрон

Несмотря на перспективы, которые обещало увеличение на порядки базы радиоинтерферометра, реализован проект 1979 года был только в 2011 году. До этого в роли интерферометра в 90-е годы слетал японский аппарат [HALCA](#), и повторять опыт они не намерены. Сейчас Китай собирается строить два таких телескопа.

«Радиоастрон» — это название всего проекта изучения Вселенной по методу радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, а сам аппарат называется «Спектр-Р».

Он несет на борту больше двух с половиной тонн научного оборудования и является, на сегодняшний день самой дальней самостоятельной космической экспедицией России. Если в ближайшей точке орбиты от Земли его отделяет 600 км, то в дальней – около 340 тыс. км. Напомню: до Луны 390 тыс. км.

Формально, взяв за основу дальнюю точку орбиты, можно говорить, что «Радиоастрон» обеспечивает размер условной «тарелки» в умопомрачительные 340 тыс. км. Ученые пользуются более короткими базами, которые считают в диаметрах Земли.

Антенна «Спектр-Р» имеет диаметр 10 м и сам факт запуска и успешного автоматического раскрытия такой конструкции является инженерным подвигом.

Радиотелескоп ведет наблюдения на четырех диапазонах волн: 92 см, 18, см, 6 см и 1,3 см. Разные диапазоны позволяют реализовать различные научные задачи.

Для того чтобы успешно работать в режиме интерферометра, «Радиоастрону» нужна пара на Земле. И сегодня все крупнейшие радиотелескопы мира участвуют в программе исследований[3].

*Список использованных источников:*

1. Томпсон Р., Моран Дж., Свенсон Дж. 9. Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами.
2. Официальный сайт РСДБ сети EVN, JIVE (Joint Institute for VLBI in Europe) – общеевропейский институт РСДБ.
3. <http://habrahabr.ru/>