

## Наблюдения SETI-объектов на радиointерферометрической сети АКЦ ФИАН

А. А. Чуприков<sup>1</sup>, Л. Н. Филиппова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Астрокосмический Центр ФИАН, 117997, Москва, Профсоюзная 84/32

<sup>2</sup> Научно-культурный Центр SETI, Москва, В-234, Университетский проспект 13, ГАИШ МГУ

Мы представляем результаты первого в истории наблюдения SETI-объектов РСДБ-методом. Предполагалось обнаружить радиосигнал в виде корреляционных лепестков, выполнить процедуру фазовой и амплитудной калибровки функции видности и построить радиоизображения SETI-звезд, которые позволили бы, по крайней мере, оценить линейные размеры области, из которой был принят сигнал. Регулярные наблюдения SETI-объектов РСДБ-методом, в принципе, могли бы позволить отследить изменения структуры источника во времени и получить более точные данные о том, можно ли считать происхождение сигнала искусственным.

**OBSERVATIONS OF SETI OBJECTS WITH THE ASTRO SPACE CENTER LOW FREQUENCY VLBI NETWORK**, by A.Chuprikov, L.Filippova. We present results of data processing of first VLBI observations of SETI objects. We propose to find the radio signal as the correlation function fringes and to calibrate this signal with ordinary VLBI methods. Then, it could be possible, to reconstruct the radio images of SETI-objects. Such images could be useful to value, at least, the linear sizes of radiating regions of objects observed. The periodical VLBI observations of SETI-objects could allow to reveal the changes in their structure and to answer the question if the signal received is natural.

### 1. Список звезд, выбранных для SETI-наблюдений

К настоящему времени (май 2006 г.) известно 162 звезды, имеющие 188 планет, в число которых входит 18 планетных систем. Каталог (Interactive Extra-solar Planets Catalog) имеется в Интернете по адресу: <http://exoplanet.eu/catalog.php>

Для наших наблюдений были выбраны звезды, которые обладают следующими свойствами:

- находятся на небольших расстояниях от Солнца (в пределах 20 парсек);
- имеют светимости и спектральные классы такие, что, теоретически, размеры их экосфер должны быть несколько больше, чем у Солнца;
- звезды Upsilon And и 47 UMa имеют планеты;
- оценка возраста звезд составляет от 3 до 9 миллиардов лет;
- звезды находятся вблизи эклиптики.

В табл.1 указаны координаты трех SETI-объектов, которые наблюдались в ходе эксперимента *INTAS98.5*.

В основу выбора звезд для SETI-наблюдений вблизи эклиптики была положена гипотеза (Filip-

pova, Strel'nitskij, 1988) о том, что из энергетических и экологических соображений внеземные цивилизации должны вести передачи *остронаправленными пучками* как в оптическом, так и в радиодиапазоне. Таким образом, шансы обнаружить сигналы близких внеземных цивилизаций возрастают с приближением звезд этих внеземных цивилизаций к эклиптике и к моменту противостояния Солнцу. Расписание эксперимента *INTAS98.5* позволяло провести наблюдения такой близэклиптической солнцеподобной звезды (37 Gem) *за месяц*

Таблица 1: SETI-звезды, включенные в программу наблюдений эксперимента *INTAS98.5*

Источник	Прямое восхождение (2000)	Склонение (2000)
Upsilon And (HR 458)	01:36:47.80	+41:24:20.00
37 Gem	06:55:18.75	+25:22:31.10
47 UMa	10:59:29.30	+40:25:46.09

до ее противостояния Солнцу.

Отметим, что звезды 47 UMa и 37 Gem включены в список звезд-адресатов, к которым в 2001 и в 2003 гг. были отправлены первые межзвездные послания с Земли с помощью планетного локатора ЕПР-70, расположенного в Евпатории.

## 2. Информация о звездах Ups And, 47 UMa и 37 Gem

### HR 458 (Ups And, HD 9826)

- Спектральный класс F8V
- Светимость 3.66 солнечных
- Масса 1.28 солнечных
- Возраст 3.3 миллиарда лет
- Расстояние 13.5 парсек
- Лучевая скорость  $-28.3$  км/сек
- Известны 3 планеты

### 37 Gem (HD 50692)

- Спектральный класс G0V
- Светимость 1.29 солнечных
- Масса 0.96 солнечных
- Возраст 4.6 – 5.5 миллиарда лет
- Расстояние 17.3 парсек
- Лучевая скорость  $-11.3$  км/сек
- Возможно, имеются планеты

### 47 UMa (HD 95128)

- Спектральный класс G1V
- Светимость 1.57 солнечных
- Масса 1.03 солнечных
- Возраст 5 – 9 миллиардов лет
- Расстояние 14.1 парсек
- Лучевая скорость  $+12.6$  км/сек
- Известны 2 планеты

## 3. Описание эксперимента

Сеанс наблюдений был проведен с 30 ноября по 3 декабря 1998 года. Считалось, что L-диапазон (длина волны равна 18 сантиметрам) является приемлемым для SETI-эксперимента, поскольку он близок к диапазону линии нейтрального водорода (21 сантиметр).

Отметим, что наблюдение SETI-объектов не являлось главной задачей эксперимента INTAS98.5. Его главной целью было тестирование создаваемой тогда низкочастотной РСДБ-сети. Предполагалось, что эта сеть будет использована для поддержки проекта “Радиоастрон” в качестве земного плеча наземно-космического интерферометра, использующего антенну, размещенную на спутнике (Kardashev, 1997). В программу наблюдений вошло 25 объектов, представляющих

интерес для кого-либо из участников эксперимента. Большая часть полученных данных обработана и опубликована (Белоусов, 2000; Likhachev et al., 2000; Molotov et al., 1999, 2001, 2002; Chuprikov et al., 2003). SETI-звезды были включены в эти наблюдения лишь в качестве дополнения.

В наблюдениях участвовали следующие радиотелескопы:

- Антенна РТ-32 в Светлом (Санкт-Петербург, Россия)
- Антенна РТ-22 в Пуцино (Москва, Россия)
- Антенна РТ-43 в Грин Бэнке (Западная Вирджиния, США)
- Антенна РТ-300 в Аресибо (остров Пуэрто-Рико, США)
- Антенна РТ-26 в Хартрао (Хартбистонк, ЮАР)
- Антенна РТ-64 в Медвежьих Озерах (Москва, Россия)

При этом:

• Объект HR 458 (Ups And) удалось пронаблюдать лишь в течение 20 минут 30 ноября с 22:00 по 22:20 UT на всех антеннах, кроме Аресибо

• Объект 47 UMa наблюдался дважды:  
1 декабря с 05:35 по 06:35 UT  
3 декабря с 02:35 по 03:05 UT  
на всех антеннах, кроме Аресибо

• Объект 37 Gem наблюдался четырежды:  
30 ноября с 21:35 по 21:55 UT  
1 декабря с 01:35 по 02:05 UT  
1 декабря с 02:45 по 03:05 UT  
2 декабря с 22:10 по 22:30 UT  
на всех антеннах, кроме Аресибо

Кроме того, объект 37 Gem специально наблюдался на базе “Грин Бэнк – Аресибо”  
2 декабря с 06:30 по 07:55 UT

## 4. Полученные результаты

Использовался канадский коррелятор (Dominion Radio Astrophysical Observatory, Penticton, British Columbia, Canada), разработанный и созданный в этой обсерватории для поддержки японского проекта наземно-космической интерферометрии “VLBI Space Orbital Program” (VSOP). В его выходном FITS-файле были записаны сигналы в 4-х частотных полосах. Каждая из них имела ширину 2 МГц и 32 частотных канала.

Анализ этой информации показал, что корреляция имеется только в одной из четырех полос (1664.99 – 1666.99 МГц).

Известный квазар 1156+295 (4C+29.45), имеющий плотность потока 1.7 Ян на волне 18 см, ис-

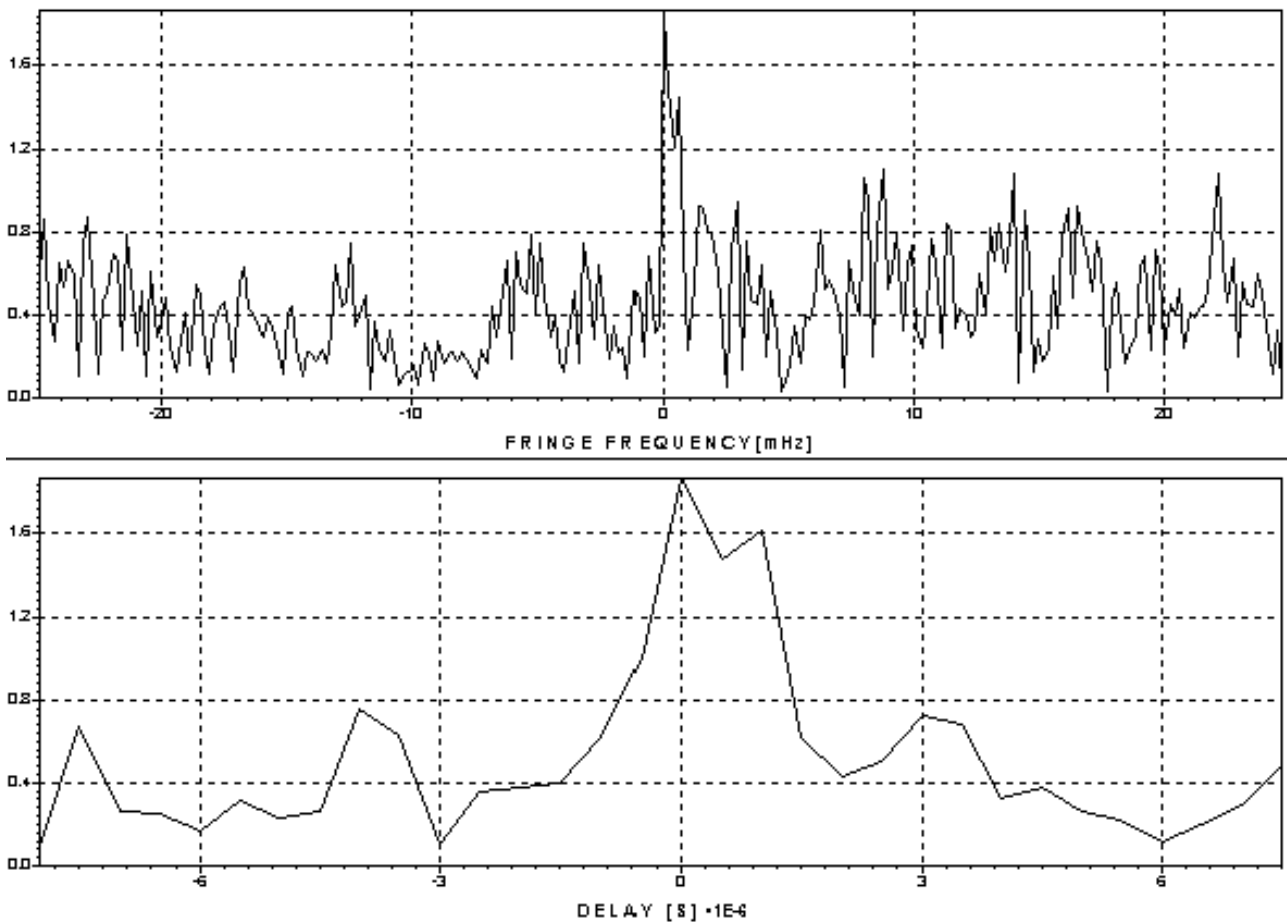


Рис. 1: Амплитуда функции корреляции в зависимости от частоты интерференции (верхний график) и от задержки (нижний график). Цена деления оси ординат 0.01 Янских.

пользовался в качестве первичного калибратора (как амплитудного, так и фазового).

С помощью метода опорной фазы удалось уточнить координаты для объекта 37 Gem (табл. 2), “привязав” его к хорошо известным координатам фазового калибратора.

Таблица 2: Координаты звезды 37 Gem

Координаты	Прямое восхождение (2000)	Склонение (2000)
Исходные	06:55:18.75	+25:22:31.10
Исправленные	06:55:18.67	+25:22:32.50

Для источников HR 458 (Ups And) и 47 UMa не удалось найти корреляцию ни на одной из имеющихся баз. Таким образом, можно утверждать, что если и имеется какой-либо сигнал от этих двух SETI-объектов, то плотность его потока не превышает 5 мЯн.

Для звезды 37 Gem удалось получить покры-

тие ( $u, v$ )-плоскости, обеспечивающее разрешение, близкое к 0.006. Корреляция была обнаружена только на одной базе (“Грин Бэнк – Аресибо”). Как уже отмечалось, наблюдения объекта 37 Gem на данной базе проходили 2 декабря 1998 года с 06:30 по 07:55 UT. При этом корреляция является устойчивой в течение всего этого почти полуторачасового интервала времени, что позволяет исключить ее случайное происхождение (рис. 1). Амплитуда сигнала после калибровки составила примерно 20 мЯн, отношение сигнала к шуму равно 5–6 (рис. 1). При расстоянии до 37 Gem в 17.3 пк (см. выше) мощность сигнала составляет около 800 МВт. Эта величина близка к мощности типичного лазера и не является запредельной. Для сравнения, светимость Солнца в радиодиапазоне составляет  $10^{24}$  Вт. Кроме того, чернотельное излучение с потоком 20 мЯн в полосе частот шириной 2 МГц на расстоянии 17.3 пк должно иметь яркостную температуру около 400000 К. Это позволяет предположить, что обнаруженный сигнал имеет, по крайней мере, нетепловое происхождение.

## 5. Выводы

В РСДБ-эксперименте *INTAS98.5* с участием 6 телескопов, в том числе трех крупных (Аресибо, Грин Бэнк, Медвежьи Озера), для одного из трех SETI-объектов (звезды 37 Gem) на одной из баз (“Аресибо – Грин Бэнк”) удалось обнаружить наличие корреляции, что позволяет говорить о присутствии сигнала на уровне 20 мЯн в полосе частот 1665–1667 МГц.

Можно утверждать, что звезда 37 Gem является объектом первого приоритета для SETI (Д. Содерблом называет такие объекты “SETI Candidates”).

Необходимы длительные ряды наблюдений в различных диапазонах длин волн (в том числе оптическом) 37 Gem для того, чтобы сделать какие-либо окончательные выводы о наличии и природе обнаруженного сигнала.

В настоящий момент мы *не располагаем данными о том, что этот сигнал имеет искусственное происхождение.*

В связи с тем, что в АКЦ ФИАН в данный момент имеется собственный коррелятор РСДБ-данных, мы обратились в Dominion Radio Astrophysical Observatory (Пентиктон, Канада) с просьбой прислать нам ленты, записанные в ходе эксперимента *INTAS98.5*. В октябре 2005 года был получен положительный ответ. Таким образом, данные этих наблюдений в скором будущем будут заново обработаны на корреляторе АКЦ ФИАН, что позволит либо подтвердить, либо опровергнуть наличие сигнала искусственного происхождения от звезды 37 Gem.

## Список литературы

- Белоусов К.Г., et al., 2000, “Труды ФИАН им. П.Н. Лебедева”, **229**, 76
- Chuprikov A.A., Guirin I.A., 2003, in: Proc. of Joint Int. Conf. “New Geometry of Nature”, Kazan, Russia, Aug. 25 – Sept. 5 2003, **3**, 46
- Filippova L.N., Strelnitskij V.S., 1988, Astron. Circ., **1531**, 31
- Filippova L.N., Kardashev N.S., Likhachev S.F., Strelnitskij V.S., 1990, in: Proceed. Of 3d International Symp. On Bio-astronomy, Val Cenis, Savoie, France, 18–23 June 1990, **390**, 254
- Filippova L.N., 1990, Astron. Circ., **1544**, 37
- Kardashev N.S., 1997, Experimental Astronomy, **7**, Iss. 4, 329
- Likhachev S.F., et al., 2000, in: Proc. of the 5th European VLBI Network Symp., held at Chalmers Univ. of Technology, Gothenburg, Sweden, June 29–July 1, 2000, 251
- Molotov I., et al., 2001, in: Proc. of IAU Symposium No.205, held 15–18 August 2000 at Manchester, United Kingdom. Edited by R. T. Schilizzi, 420
- Molotov I., et al., in: Proc. of the 6th European VLBI Network Symposium, June 25th–28th 2002, Bonn, Germany, 19
- Molotov I., et al., 2002, in: ASP Conf. Proc., **278**, eds.: S. Stanimirovic, D. Altschuler, P. Goldsmith, and C. Salter, 507
- Molotov I. E., et al., 2002, in: Proc. of IAU Symp. 199, held 30 Nov – 4 Dec 1999, Pune, India, eds.: A. Pramesh Rao, G. Swarup, and Gopal-Krishna, 492
- Soderblom D.R., 1986, “Icarus”, **67**, 184