

## Мониторинг в континууме семи звезд по программе SETI на РАТАН-600

Н. Н. Бурсов<sup>1</sup>, М. Г. Мингалиев<sup>1</sup>, Л. Н. Филиппова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167, Россия

<sup>2</sup> Научно-культурный центр SETI, г. Москва

Представлены результаты мониторинга 7-ми солнцеподобных звезд: HD 38230, HD 41330, HD 50692, HD 71148, HD 75732, HD 89744 и HD 159222 по программе SETI на радиотелескопе РАТАН-600. Наблюдения проводились с помощью радиометров сплошного спектра (в континууме) в течение 1996-2003 гг.

Описана их методика и способ обработки данных на основных частотах радиометрического комплекса высокой чувствительности в диапазоне 0.5–30 ГГц. Получены верхние пределы потока излучения от звезд на 5 частотах в диапазоне 2–22 ГГц.

**RATAN-600 MONITORING OF SEVEN STARS UNDER THE SETI PROGRAM IN THE CONTINUUM**, by N.N.Bursov, M.G.Mingaliev, L.N.Filippova. Results of monitoring of 7 solar-like stars HD 38230, HD 41330, HD 50692, HD 71148, HD 75732, HD 89744 and HD 159222 under the SETI program with the radio telescope RATAN-600 are presented. Observations were carried out with continuum radiometers during 1996-2003.

Their methods and processing of data at basic frequencies of the highly sensitive radiometric complex in the range of 0.5-30 GHz are described. Upper limits of radiation fluxes from the stars at 5 frequencies in the range of 2-22 GHz have been obtained.

### 1. Введение

В течение последних 10 лет на РАТАН-600 регулярно проводился поиск радиосигналов внеземных цивилизаций.

Ранее были опубликованы результаты обработки для 9 SETI-звезд из этих наблюдений (Бурсов и др., 2002). В данной работе представлены результаты мониторинга еще 7 звезд (HD 38230, HD 41330, HD 50692, HD 71148, HD 75732, HD 89744 и HD 159222), который проводился с помощью радиометров сплошного спектра в 1996-2003 гг. Интерес к звездам, включенным в программы SETI, в настоящее время повышают первые межзвездные радиопослания в адрес гипотетических внеземных цивилизаций, отправляемые с Земли, начиная с 1999 года (Зайцев и др., 2003) Такие события, а также новые подобные проекты ставят задачу поиска критериев для выбора перспективных звезд-адресатов, в основу которых могут быть положены данные мониторинга звезд-кандидатов SETI. Несмотря на продолжающиеся открытия у звезд экзопланет (с октября 1995 года по май 2004 у 107 звезд обнаружены 122 планеты юпитерианских масс (Комбис, 2003), пока еще нет чув-

ствительных астрофизических методов, наземных или космических, чтобы открывать внесолнечные планеты земного типа и анализировать их орбитальные и другие характеристики с точки зрения пригодности для существования жизни. Именно поэтому для мониторинга на РАТАН-600 отбирались звезды, в основном солнечного типа, отобранные по определенным критериям, предложенным в (Содерблом, 1986), относящиеся к объектам “пристального внимания” для SETI.

Следует отметить, что по данным обработки эпизодических наблюдений, уже привычным стал вывод об отсутствии вблизи звезд-кандидатов для SETI источников радиоизлучения, превышающих уровень шумов. Однако это не доказывает отсутствия цивилизации, в том числе и технологической, с которой земная цивилизация, возможно, просто не пересекается во временном “окне радиоконтакта” вообще и в данном спектральном диапазоне в частности.

В табл. 1 представлены некоторые данные о SETI-звездах (SIMBAD).

А на рис.1,2 приведены типичные кривые прохождения («кривые блеска») через диаграмму телескопа РАТАН-600 для 2-х SETI-звезд на разных

Таблица 1: SETI-ЗВЕЗДЫ ИЗ НАБЛЮДЕНИЙ НА РАТАН-600

Имя звезды	$Sp$	$m_{vis}$	$L/L_{\odot}$	$Vr$ ( $km/s$ )	$D$ ( $pc$ )	Age ( $Gyr$ )
HD 38230	K0V	7.36	0.42	-30.9	20.6	9
HD 41330(Z)	G0V	6.12	2.17	-11.8	26.4	7
HD 50692(Z)	G0V	5.76	1.29	-11.3	17.3	5
HD 71148	G5V	6.30	1.25	-33.8	21.8	5
HD 75732(P)	G8V	5.95	0.57	+26.6	12.5	9
HD 89744(P)	F7V	5.74	6.67	-6.5	39	7
HD 159222	G5V	6.56	1.16	-52.1	23.7	6

Примечания:

$Z$  — звезды из SETI-программы “Зодиак” (Филиппова, 1990);

$P$  — звезды, у которых обнаружены планеты;

(см. комментарии к звездам), в сравнении с оценками, приведенными D.Soderblom;

$Sp$  — спектр;  $m_{vis}$  — видимая зв. величина;  $L$  — светимость в  $L_{\odot}$ ;

$Vr$  — лучевая скорость;  $D$  — расстояние в парсеках;

Age — оценка возраста в млрд. лет (Содерблом, 1986).

Таблица 2: Чувствительность радиотелескопа РАТАН-600 по плотности потока в зависимости от частоты наблюдений

Частота (ГГц)	0.96	2.3	3.9	7.7	11.2	21.7	30.0
$\Delta S$ (мЯн)	25	15	5	8	10	20	20

частотах.

По вычисленным значениям были определены по таблицам С.Доула (1974) размеры экосфер для всех звезд таблицы (при ширине “пояса жизни” Солнечной системы в настоящее время от 0.88 до 1.26 а.е.).

## 2. Наблюдения

В наблюдениях на РАТАН-600 использовался штатный комплекс радиометров сплошного спектра, размещенных в кабине облучателя N1 в режиме прохождения источника через неподвижную диаграмму направленности радиотелескопа (ДН), как правило, раз в сутки.

Мониторинг проводился в диапазоне частот от 0.6 до 21.7 ГГц. Приемники на частотах 3.9, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц охлаждались криогенными системами замкнутого цикла до 15–20 К. В неохлаждаемых радиометрах (0.96 и 2.3 ГГц) использовались малошумящие транзисторные усилители. Наблюдения проводились как в течение специально выделенных для SETI сетов, так и в периоды выпол-

нения других идущих на телескопе исследовательских программ.

В табл. 2 приведены чувствительности, достигнутые (при оптимальном сглаживании и в отсутствие помех) в одиночном прохождении источника через ДН при времени интегрирования сигнала 1 сек.

Наблюдения проводились в основном на Северном секторе РАТАН-600. При одном наблюдении в сутки регистрировался поток от источника на четырех-шести основных частотах одновременно. С добавлением подканалов общее количество частотных каналов достигало более 30.

Текущая калибровка по плотности потока осуществлялась с использованием выборок опорных источников со степенным распределением энергии в спектре.

## 3. Обработка

Обработка полученных записей наблюдений выполнена с помощью стандартных пакетов обработки (*FADPS* и сценариев на командном языке *shell*

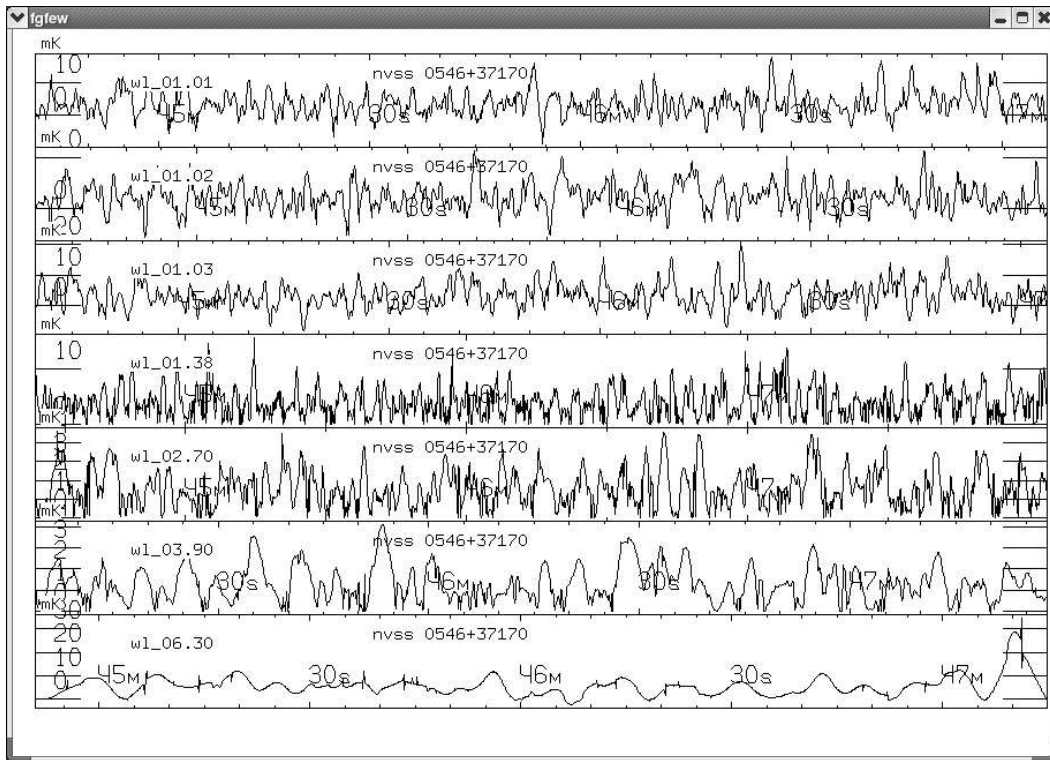


Рис. 1: Кривые прохождения звезды HD 38230 за период времени 9-15 ноября 2003 г. на частотах 4.8, 7.7, 11.2, 21.7 и 30.0 ГГц.

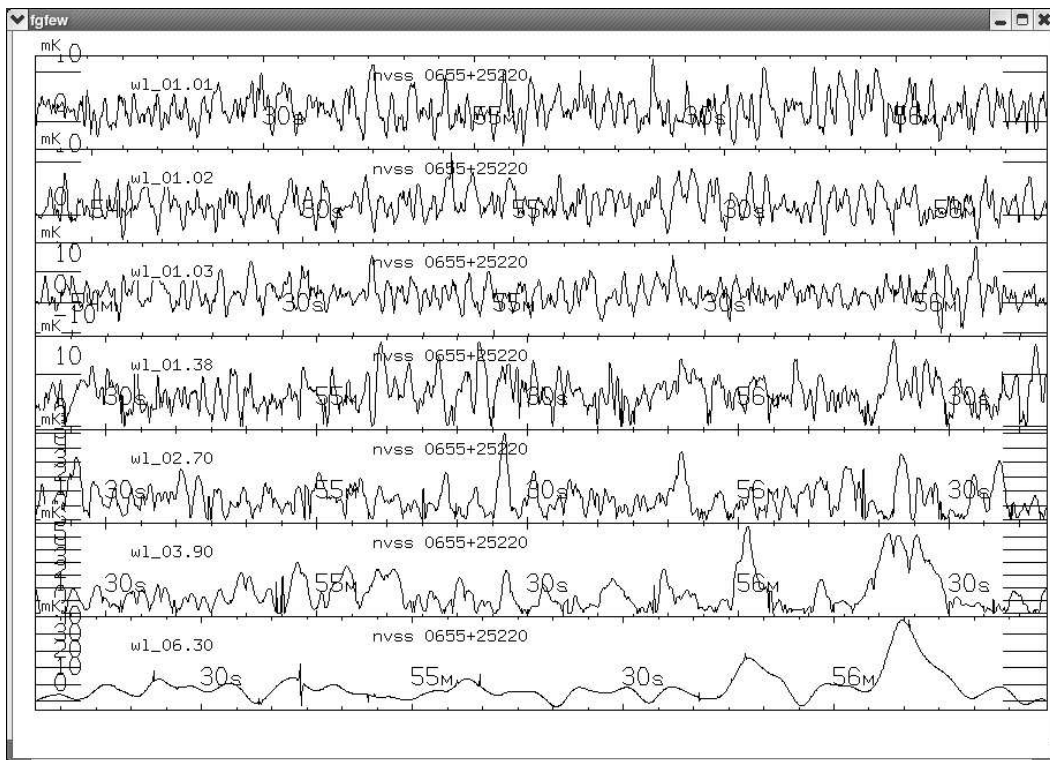


Рис. 2: Кривые прохождения звезды HD 50692 за период времени 9-15 ноября 2003 г. на частотах 4.8, 7.7, 11.2, 21.7 и 30.0 ГГц.

в *OS Linux*.

Обработка включала первичную редукцию данных (учет и исправление служебных параметров файлов наблюдений, коррекцию записей с искажениями от индустриальных, атмосферных, аппаратурных и т.п. помех). В дальнейшем записи уплотнялись до величины собственного интервала ДН и осреднялись. Максимальный выигрыш сигнал/шум получался за счет многократного прохождение одной и той же области неба с SETI-звездой через ДН радиотелескопа.

Оценка плотности потока по шумовой составляющей — порядка 10 мЯн для частот наблюдений 3.9–11.2 ГГц и порядка 15–30 мЯн для частот 2.3 и 21.7 ГГц.

Анализ полученных кривых прохождения выборки звезд, их сопоставление с результатами других наблюдений по этой же программе, если они проводились, показал отсутствие значимого превышения потока над шумами.

Этот вывод справедлив для всех частот, использованных в наблюдениях.

#### 4. Заключение

На РАТАН-600 за последние годы накоплен значительный материал по многочастотным наблюдениям 38 SETI-звезд. Особенно много данных получено для звезд, случайно попавших в глубокие обзоры «Зенит» — HD9826, HD89744, HD109358.

Накопление сигнала (с временем экспозиции до 6 часов) в широком диапазоне частот 0.96 ÷ 21.7, позволило достигнуть рекордной чувствительности по потоку — лучше 1 мЯн!

Основной вывод после обработки второй выборки из 7 SETI-звезд: значимый сигнал не обнаружен (аналогичный результат был получен ранее для 9 SETI-звезд (см. Бурсов и др., 2002). Основная причина, как мы полагаем, в том, что излучение от гипотетических ВЦ вряд ли продолжитель-

но по времени, а незнание полосы и частотного распределения сигнала делает их регистрацию маловероятной. С другой стороны, слишком малая область неба обзревается в радиодиапазоне вообще и на РАТАН-600 в частности.

Чувствительность, достигнутая в глубоких обзорах «Зенит» — сотни микрокряных, уже достаточна, чтобы зафиксировать излучение от некоторых ближайших звезд. Можно ожидать возможные вариации в интегральном потоке системы «звезда-планета» как результат жизнедеятельности гипотетической цивилизации. Их обнаружение — дело будущего.

Одновременно с текущей задачей — наблюдение SETI-звезд на радиотелескопе — значительный интерес представляет просмотр всего архива данных на РАТАН-600. Существует возможность исследовать:

- SETI-звезды, случайно попавшие в различные программы наблюдений более чем за 20 лет работы радиотелескопа
- различные классы паразитных сигналов (помех), которые могут иметь внеземное техногенное происхождение;
- случаи однократной регистрации сигналов неясной природы, которые также могут иметь внеземное искусственное происхождение.

#### Список литературы

- Бурсов Н.Н., Мингалиев М.Г., Филиппова Л.Н., 2002, <http://www.astronet.ru:8101/db/msg/1177390>
- Доул С., 1974, Наука. с. 1 – 150
- Зайцев А., Браастад Р., Encounter Т., 2003, Вестник НКЦ SETI, **22**, **23**  
<http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/23/1.1.html>
- Комбис (Combes F.), 2003, <http://www.obspm.fr/encycl/cataloge.html>
- Содерблом (Soderblom D.R.), 1986, ICARUS, **67**, 184
- Филиппова Л.Н., 1990, Астрон.циркуляр, **1544**, 37  
<http://simbad.u-strasbg.fr/sim-fid.pl>

## Приложение

Таблица 3: Общий список SETI-звезд наблюдавшихся на РАТАН-600 в континууме, с 1994 г.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	HD 1388	J0017-1327	00:17:58.87	-13:27:20.3	
2.	HD 9826	J0136+4124	01:36:47.84	+41:24:19.6	$\nu$ And, F8V, 3 пл.
3.	HD 10307	J0141+4236	01:41:47.14	+42:36:48.1	BS 483
4.	HD 20630	J0319+0322	03:19:21.7	+03:22:12.7	
5.	HD 21809	J0332+3803	03:32:19.80	+38:03:43.6	
6.	HD 32923	J0507+1838	05:07:27.0	+18:38:42	104 Tau
7.	HD 34411	J0519+4005	05:19:08.47	+40:05:56.5	$\lambda$ Aur
8.	HD 38230	J0546+3717	05:46:01.88	+37:17:04.7	
9.	HD 41330	J0606+3523	06:06:08.53	+35:23:15.8	BS 2141
10.	HD 48682	J0646+4334	06:46:44.33	+43:34:38.7	$\psi$ 5 Aur
11.	HD 50692	J0655+2522	06:55:18.66	+25:22:32.5	37 Gem, G0V, METI-*
12.	HD 71148	J0827+4539	08:27:36.78	+45:39:10.7	
13.	HD 75732	J0852+2819	08:52:35.81	+28:19:50.9	55 Cnc, G8V, 2 пл.
14.	HD 84117	J0942-2354	09:42:14.41	-23:54:56.0	BS 3862
15.	HD 84737	J0948+4601	09:48:35.37	+46:01:15.6	15 LMi
16.	HD 89744	J1022+4113	10:22:10.56	+41:13:46.3	1 пл.
17.	HD 95128	J1059+4025	10:59:27.97	+40:25:48.9	47 UMa, G1V, 2 пл., METI-*
18.	HD 97334	J1112+3548	11:12:32.35	+35:48:50.6	BS 4345
19.	HD 101177	J1138+4506	11:38:44.90	+45:06:30.3	BS 4486
20.	HD 102870	J1150+0145	11:50:41.71	+01:45:52.9	$\beta$ Vir
21.	HD 103095	J1152+3743	11:52:58.76	+37:43:07.2	
22.	HD 106116	J1212-0305	12:12:28.84	-03:05:04.1	
23.	HD 109358	J1233+4121	12:33:44.54	+41:21:26.9	$\beta$ CVn, G0V
24.	HD 114710	J1311+2752	13:11:52.39	+27:52:41.4	$\beta$ Com
25.	HD 115383	J1316+0925	13:16:46.5	+09:25:27	e Vir
26.	HD 122742	J1403+1047	14:03:32.35	+10:47:12.4	
27.	HD 126053	J1423+0114	14:23:15.28	+01:14:29.6	G1V, METI-*
28.	HD 143761	J1601+3318	16:01:02.66	+33:18:12.6	$\rho$ CrB, G0V, 1 пл.
29.	HD 159222	J1732+3416	17:32:00.99	+34:16:16.1	
30.	HD 165567	J1804+4005	18:04:43.19	+40:05:03.0	
31.	HD 172310	J1838+2855	18:38:16.10	+28:55:31.5	
32.	HD 172051	J1838-2103	18:38:53.4	-21:03:06.7	
33.	HD 176377	J1858+3010	18:58:51.00	+30:10:50.3	
34.	HD 181655	J1919+3719	19:19:38.99	+37:19:49.9	
35.	HD 182488	J1923+3313	19:23:34.01	+33:13:19.0	
36.	HD 186408	J1941+5031	19:41:48.95	+50:31:30.2	16Cyg A, G1Vb, METI-*
37.	HD 196850	J2038+3838	20:38:40.19	+38:38:06.3	2 пл.
38.	HD 222368	J2339+0537	23:39:57.04	+05:37:34.6	$\iota$ Psc, F7V