

Звезды-адресаты первых межзвездных радиопосланий землян. Критический обзор

В. В. Леушин^{1,2}, В. А. Марсаков², Л. Н. Филиппова³

¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167, Россия

² Ростовский государственный университет, Ростов-на-Дону

³ Научно-культурный центр SETI, Москва

Предположение о существовании технологических внеземных цивилизаций, с которыми человечество способно установить радиоконтакт, обращает наше пристальное внимание к звездам из солнечного окружения. Некоторые объекты уже стали адресатами первых межзвездных радиопосланий с Земли: “Cosmic Call 1999”, “Здравствуй, Галактика! 2001” и “Cosmic Call 2003”. Критический обзор этих звезд проведен на основе оценок их параметров по следующим критериям: 1) местонахождение звезды на диаграмме ГР на “эпоху” отправки сигналов; 2) эволюция звезды и ее “космогонического окружения” в период “до прибытия сигналов землян” с точки зрения сохранения обитаемой планеты; 3) возраст звезды и ее металличность, достаточные для формирования планет в “экосфере” звезды и эволюции гипотетически зародившейся жизни до уровня технически развитой цивилизации; 4) наличие у звезд экзопланет и оценка их влияния на существование планеты в экосфере; 5) “достоинства и недостатки” красных карликов и звезд в двойных системах в качестве адресатов для межзвездных радиопосланий.

ADDRESSEE-STARS OF THE FIRST INTERSTELLAR RADIO MESSAGES OF EARTHIAN. CRITICAL REVIEW, by V.V.Leushin, V.A.Marsakov, L.N.Filippova. An assumption that there exist technological extra-terrestrial civilizations to which mankind can get into contact by radio attracts our careful attention to stars in the vicinity of the Sun. Some stars already became addressees of the first interstellar radio messages from the Earth: “Cosmic Call 1999”, “Hello, Galaxy! 2001” and “Cosmic Call 2003”. A critical review of these stars is made on a basis of estimations of their parameters by the following criteria: 1) location of a star in the Hertzsprung-Russel diagram at the “epoch” of signal sending; 2) evolution of a star and its “cosmogonic environment” in the period “before arrival of signals from earthians” from the viewpoint of preserving an inhabited planet; 3) star age and metallicity sufficient for forming planets in the star “ecosphere” and for evolution of a hypothetic engendered life to the level of a technically developed civilization; 4) presence of exo-planets and estimation of their influence on existence of a planet in ecosphere; 5) “advantages and disadvantages” of red dwarfs and stars in binary systems as addressees for interstellar radio messages

1. Введение

С 1999 года Евпаторийский планетный радиолокатор (ЕПР) Национального Центра управления и испытания космических систем Украины участвует в отправке к звездам первых целенаправленных радиопосланий землян, адресованных внеземным цивилизациям. В сеансах межзвездного радиовещания используется передатчик, созданный для радиолокационных исследований Солнечной системы на волне 6 см (5.01 ГГц) мощностью до 150 кВт, установленный на 70-метровой

параболической антенне. До середины 2005 года к 14 звездам из окружения Солнца в радиусе 70 световых лет от Солнца были отправлены 2 радиопослания в рамках американских проектов “Cosmic Call 1999” и “Cosmic Call 2003”, и первое детское радиопослание в рамках Московского открытого проекта “Здравствуй, Галактика! 2001—Hello, Galaxy! 2001” (Зайцев, 1999; Зайцев, 2003; Гиндилис, 2002). Предположение о существовании технологических внеземных цивилизаций (ВЦ), с которыми человечество гипотетически способно установить радиоконтакт, привле-

кает внимание прежде всего к звездам из солнечного окружения, именно к ним и были отправлены первые межзвездные радиопослания с Земли. Насколько оправданы надежды авторов осуществленных проектов МЕТИ (The Message to Extraterrestrial Intelligence) на разумность избранных миров покажет будущее, однако анализ выбранных звезд как возможных зон обитания ВЦ в свете современных астрономических представлений кажется необходимым.

Критерии выбора звезд (Филиппова, 2001) для МЕТИ “Здравствуй, Галактика! 2001” задавались намеренно более жесткие, чем предложенные Содербломом (1986) для программы SETI и рассмотренные Доулом (1974) с точки зрения вероятности существования обитаемых планет в экосферах у звезд. Поиск внеземных цивилизаций исходно ориентирован на более широкий класс астрономических объектов и соответственно использует более широкий диапазон электромагнитных волн. Первые радиопослания землян адресованы гипотетическим внеземным цивилизациям звезд из ближайшего солнечного окружения, предположительно проводящим поиск радиопосланий в диапазоне частот земного передатчика ЕПР.

К самым далеким звездам-адресатам радиопослания придут всего через 70 лет, по космической шкале времени — “в одно мгновение”. Не обсуждая малую вероятность обнаружения земных эпизодических радиопосланий, в самом оптимистическом варианте нужно предположить, что внеземная цивилизация-адресат пребывает в настоящий момент в “окне радиоконтакта” (по терминологии С.Лема).

Продолжительность пребывания цивилизации в таком состоянии неизвестна, но по некоторым довольно оптимистическим прогнозам она должна составлять от нескольких сотен до нескольких тысяч лет после изобретения радиовещания. Даже если допустить, что “окно радиоконтакта” продолжается миллионы лет, то и в этом случае шансы быть обнаруженными зависят от “пересечения во времени” цивилизаций, способных и желающих вступить в контакт.

Для выбора звезд-адресатов использовались критерии, опирающиеся на известную пока в единственном экземпляре шкалу развития жизни и человечества на Земле:

1. Звезда должна принадлежать к главной последовательности (V) и иметь постоянную светимость (L_*), допускающую наличие “экосферы” звезды (“пояса жизни”); для светимости таких звезд был принят интервал $0.6L_{\odot} < L_* < 2.1L_{\odot}$, соответствующий спектральным классам от F7V до G8V.

2. Возраст звезды t_* с момента попадания на главную последовательность был ограничен интервалом: $4 \text{ млрд.лет} \div 7 \text{ млрд.лет}$.

3. Из рассмотрения исключались высокоскоростные звезды со скоростями относительно центра Солнца, превышающими 50 км с^{-1} . Эти объекты, как правило, имеют низкое содержание металлов, что практически исключает возможность возникновения жизни земного типа. Не исключено также, что они получили большие скорости в результате какого-либо взрывного воздействия. Например, так называемые “голубые бегуны” возникают в результате взрыва сверхновой в кратной звездной системе (эффект пращи).

4. Среди звезд с экзопланетами выделялись системы, с эксцентриситетами орбит, проходящих через экосферу или в относительной близости от нее, не превышающими 0.2. Таким образом, исключались возможные разрушительные воздействия на гипотетически существующие в экосфере земноподобные планеты.

5. Предпочтение отдавалось одиночным звездам. Тем не менее не исключались из рассмотрения и некоторые близкие визуально-двойные с расстоянием между компонентами, превышающими диаметр Солнечной системы.

6. Звезды-адресаты должны располагаться в пределах ~ 70 световых лет от Солнца. Критерий ориентирован на мощность передающей системы Евпаторийского РТ-70 и предположения о приемниках ВЦ (Зайцев, 1999).

7. При анализе параметров кандидата в звезды-адресаты принималась во внимание его близость к выделенным областям и направлениям — эклиптике, центру или антицентру Галактики, а также к направлениям на выдающиеся астрономические объекты нашей Галактики.

8. Звезды-адресаты должны быть доступны наблюдениям на широтах пункта отправки радиопослания с РТ-70 из Евпатории ($\varphi \approx +45^\circ$), и Москвы ($\varphi \approx +56^\circ$).

На момент отправки радиопосланий выбранные звезды отвечали перечисленным критериям, однако к настоящему времени появились работы, выявившие несоответствие некоторых параметров звезд-адресатов заданным критериям (Доул, 1974; Ибашияма и Аримото, 2002).

Первое в истории радиопослание было отправлено с Земли 16 ноября 1974 года в адрес гипотетических обитателей шарового звездного скопления М13. Скопление содержит более 100 тысяч звезд, удалено от Солнечной системы на 22200 световых

лет и находится в созвездии Геркулеса. Радиопередача для ВЦ была проведена под руководством Ф. Дрейка из обсерватории Аресибо с помощью крупнейшей в мире неподвижной антенны диаметром 305 м и передатчика 450 кВт, работавшего на волне 12.6 см.

M 13 (NGC 6205) — одно из старейших галактических скоплений, возраст его равен возрасту самой Галактики. Металличность его характерна для самых старых скоплений, $[Fe/H] = -1.54$. Содержание α -элементов ($[\alpha/Fe] = 0.3$) свидетельствует, что все его звезды образовались еще до начала взрывов сверхновых типа Ia в массивном газовом облаке — протоскоплении, к которому оно относится. Теоретически, конечно, возможно, что обогащенное тяжелыми элементами выброшенное проэволюционировавшими звездами вещество собралось в центре скопления, и там (невидимые для нас) существуют образовавшиеся из него более молодые звезды с солнечным химсоставом. Однако есть основания в этом сомневаться. Действительно, период обращения вокруг галактического центра у этого скопления ≈ 500 млн. лет. Следовательно, примерно каждые 250 млн. лет оно испытывает гидродинамический удар при пересечении плоскости галактического диска. При этом весь газ и даже часть звезд с неизбежностью теряется. Например, скопление ω Сеп: тщательные наблюдения и теоретические расчеты Леона (2000) показывают, что во время последнего пересечения плоскости Галактики оно потеряло почти 1% своих звезд. Кроме того, вряд ли у звезд по крайней мере этого шарового скопления могут быть малые планеты, поскольку центральная плотность в нем очень большая ($\lg \rho \approx 4$). При столь малых расстояниях между звездами их взаимные сближения вряд ли оставят на комфортной орбите какую-либо планету, даже если она и сформируется.

2. Список звезд для радиопосланий

При анализе звезд, избранных в качестве целей первых межзвездных радиопосланий, нас прежде всего интересуют следующие их параметры и свойства:

- местонахождение на диаграмме ГР в “эпоху” отправки сигналов; скорость эволюции звезды и ее космогонического окружения в период до прибытия сигналов землян в плане отсутствия возможных катаклизмов, губительных для планеты или ее обитателей;
- возраст и металличность, которые должны быть достаточными для формирования планет в “экосфере” и для достижения гипотетически зародившейся жизнью уровня технически развитой цивилизации (сравнимого или превосходящего земной);

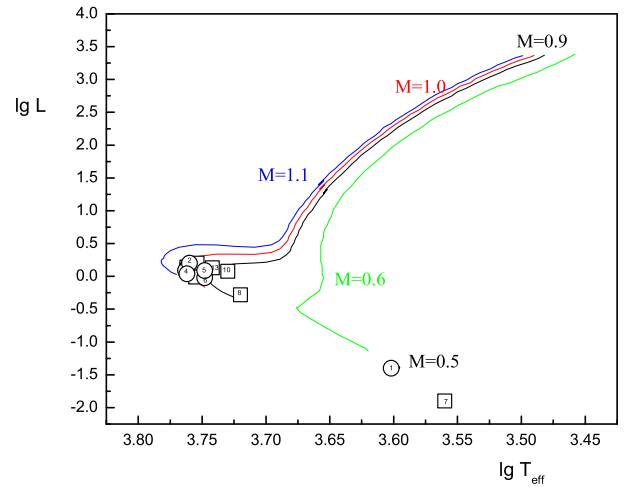


Рис. 1: Эволюционные треки звезд различных масс (массы в массах Солнца) и нормального химического состава ($z = 0.19$). Одиночные звезды-адресаты — кружки, кратные — квадраты, номера соответствуют табл.1.

дившейся жизнью уровня технически развитой цивилизации (сравнимого или превосходящего земной);

- наличие экзопланет и их возможное влияние на существование планеты в экосфере;
- оценка данных о возможной кратности системы.

Сведения о звездах-адресатах радиопосланий приведены в табл. 1. Звезды разделены на две группы — одиночные и кратные и упорядочены в соответствии с ростом расстояния.

Практически все данные доступны из каталогов SIMBAD. В основном мы использовали работы Ибашияма и Аримото (2002); Нордстрем и др. (2004); Доманже и Ниса (2002); Содерхельма (1999); Фурманна (1998); Борковой и Марсакова (2005); Марсакова и Шевелева (1995).

Жирным шрифтом в табл.1 выделены системы с экзопланетами.

Все эти звезды представлены на рис. 1 вместе с теоретическими эволюционными треками звезд солнечного состава ($[Fe/H] = 0, z = 0.19$) и разных масс (Жирарди и др., 2000). В табл. 2 приведены времена достижения характерных точек на этих треках.

Как видно из табл. 1, звезда с массой $0.5 M_{\odot}$ за 23 миллиарда лет не сойдет с линии нулевого возраста, звезда в $0.6 M_{\odot}$ достигнет светимости Солнца только в стадии красного гиганта через 76 миллиардов лет после рождения. Звезда в $0.9 M_{\odot}$

Таблица 1: Звезды-адресаты первых межзвездных радиопосланий

N п/п HD	Звезда	d, пк	T_{eff} , °K	L/L_{\odot}	M/M_{\odot}	Sp	V	B-V 10^9 yr	Age km c^{-1}	Vr	[Fe/H]	прим.
Одиночные												
1. 245409	Ori	11.4	4000	0.04	0.50	K7	8.82	1.38	?	18 ÷ 23	?	SB?
2. 95128	47 UMa	14.1	5750	1.58	1.02	G0V-G1V	5.01	0.62	8.7	12.6	+0.01	var?, 2 pl
3. 193664	Dra	16.7	5780	1.10	0.95	G3V	5.92	0.59	10.0	-4 ÷ -6	-0.19	SB?
4. 50692	37 Gem	17.0	5790	1.23	0.96	G0V	5.72	0.56	9.5	- 11.3	-0.21	
5. 76151	Hya	17.1	5598	0.95	0.92	G2V	5.99	0.65	10.6	28	-0.01	
6. 126053	Vir	17.6	5598	0.81	0.84	G1V	6.26	0.64	14.4	-4 ÷ -22	-0.37	SB?
Кратные												
7. HIP4872	Cas	8.8	3630	0.01	< 0.5	M1.5	9.56	1.50	?	-5.1	?	VB
8. 75732	55 Cnc	12.5	5250	0.52	0.90	G8V+M3.5	5.96	0.86	5.0	26.6	+0.40	VB,4 pl
9. 10307	And	12.6	5780	1.38	1.01	G1.V	4.96	0.62	7.8	4.0	+0.00	SB, VB
10. 190360	Cyg	15.9	5370	1.20	0.90	G6IV+M6V	5.72	0.73	14.0	-43 ÷ -46	+0.24	VB,2 pl
11. 190406	15 Sge	17.7	5780	1.26	0.98	G3V	5.78	0.60	8.8	4.8	-0.08	VB
12. 197076	Del	21.0	5688	0.98	0.91	G5V	6.44	0.61	11.4	-36 ÷ -38	-0.20	VB
13. 178428	Sge	21.0	5520	1.35	0.97	G5V	6.07	0.71	13.2	14.4	+0.09	SB
14. 186408	16 Cyg	21.0	5675	1.58	1.02	G1.5V	5.96	0.65	10.4	26 ÷ 28	+0.06	VB, pl near 16CygB
	SUN		5780	1.00	1.00	G2V	-26.74	0.62	5.0		0.00	8 pl

достигает светимости Солнца одновременно с максимумом температуры через 13.4 миллиарда лет после рождения, а звезда в $1.1 M_{\odot}$ уже через 6 миллиардов лет подойдет к стадии исчерпания водорода в ядре. Таким образом, незначительное изменение массы существенно меняет времена эволюционных перемен. И хотя все звезды, за исключением двух, при близости своих характеристик к солнечным группируются на диаграмме температура-светимость в одном месте, времена их жизни существенно различаются.

Возраст является одним из самых ненадежно определяемых звездных параметров. Проще всего он оценивается по положению звезды на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. При этом желательно использовать наиболее современные теоретические модели внутреннего строения и атмосфер звезд. Основная неопределенность получаемой оценки при верности теоретических моделей связаны с ошибками значений эффективной температуры и абсолютной величины. Наиболее надежно температуры определяются по высокодисперсным спектрам, а абсолютные величины – по тригонометрическим параллаксам. В табл. 3 приведены некоторые параметры звезд-адресатов, из каталога Борковой и Марсакова (2005). Точность определения температуры в среднем составляет $\varepsilon(T_{eff}) \approx 70\%$, а параллаксы $\sim 20\%$. Величины расхождений в температуре видны из сопоставления данных табл.1 и табл.3, где они оценены разными методами. Эти ошибки особенно страшны для холодных звезд, т. е. поздние спектрального класса F5. Такие ошибки для звезд поздние класса F5 могут приводить к неопределенности оценки возраста в (3 – 5) млрд. лет и даже больше.

Однако можно использовать и другие более эффективные методы определения возраста, в частности – кинематические. Существует несколько кинематических критериев для установления принадлежности звезды к подсистеме тонкого диска Галактики. Самый простой – “критическая” величина остаточной скорости звезды относительно локального центроида Солнца. Для объектов диска: $V_{res} \leq 85 \text{ км с}^{-1}$ (Марсаков, Боркова, 2005). Но нам важно, чтобы звезда была моложе самых старых звезд тонкого диска, с возрастом около ≈ 9 млрд. лет (Фурманн, 1998), поэтому для посланий отбирались более медленные звезды со скоростями $\leq 50 \text{ км с}^{-1}$. Как видно из табл. 3, только одна звезда (HD 190360) не удовлетворяет этому условию. У нее аномально большая для звезд тонкого диска вертикальная составляющая скорости и очень малая скорость обращения вокруг центра Галактики. А максимальное удаление точек орбиты от галактической плоскости вообще 1 кпк! Так что эта звезда, похоже, много старше Солнца.

Еще у одной звезды (HD 190406) остаточная скорость больше 50 км с^{-1} . Но у нее все три компоненты лишь слегка превышают норму, а полная скорость получилась большой. Возможно, что по кинематическому возрасту эта звезда все же проходит в кандидаты для радиопосланий. У всех остальных звезд скорости вращения $\geq 200 \text{ км с}^{-1}$, а вертикальные компоненты достаточно малы и удовлетворяют избранному возрастному диапазону. Есть и другие индикаторы возраста – химические. Известно, что содержание тяжелых элементов в целом увеличивается с уменьшением возраста звезд. У искомым звезд металличность должна быть близка к солнечной. Точно так же солнечным должно быть и относительное содержание α -элементов. Из табл. 3 видно, что все звезды удовлетворяют обоим химическим показателям. Подозрительна только звезда HD 126053, у нее большой дефицит тяжелых элементов, да и Z_{max} у нее великовата. Впрочем, на наш взгляд, этого недостаточно для исключения звезды из списка адресатов.

Согласно табл. 1, изохронный возраст слишком велик, возможно у звезд HD 178428, HD 186408, HD 190360. Особенно это касается HD 190360 звезда плохо удовлетворяет всем критериям. У звезд HD 178428 и HD 186408 изохронные возрасты все же в пределах неопределенности попадают в нужный диапазон.

Звезда HD 50692 не вошла в табл. 3 и содержания магния для нее неизвестно, но согласно данным из каталога Нордстрема и др. (2004) все ее кинематические параметры и металличность с большим запасом удовлетворяют всем необходимым условиям. Это действительно очень подходящий кандидат. Что касается звезд HD 245409 и HIP 4872, то это очень поздние звезды. Изохронные возрасты для них невозможно определить с достаточной точностью. Вероятно, данные по хромосферной активности или, например, содержанию радиоактивного тория позволяют оценить возраст лучше. Из-за наличия в спектрах низкотемпературных звезд большого количества молекулярных полос их химический состав определяется с большими ошибками. Скорости у обсуждаемых выше звезд небольшие, и по-видимому, это молодые звезды с солнечным химическим составом, но из-за низких светимостей размеры их экосфер ничтожны.

3. Одиночные звезды

Ниже приводится описание параметров каждой из звезд из табл. 1 по порядку.

1. HD 245409 (адресат послания “Cosmic Call

Таблица 2: Время (в миллиардах лет) достижения звездой соответствующих точек на эволюционном треке.

	M/M_{\odot}	0.5	0.6	0.9	1.0	1.1
Характеристика точки на эволюционном треке						
Линия нулевого возраста	$0 \div 23.555$	0	0	0	0	0
Достижение величины светимости Солнца ($L/L=1$)			76.200	13.422	5.10	0
Максимум температуры (1-я точка поворота)			70.937	13.442	7.307	3.959
Исчерпание водорода в ядре ($X_c=0$)			71.119	15.332	9.789	6.358
Точка поворота к красным субгигантам			74.138	17.131	11.356	7.799

Таблица 3: Пространственные параметры звезд-адресатов из каталога Борковой и Марсакова (2005)

HD	[Mg/Fe] dex	[Fe/H] dex	Teff град	M_V зв.вел	d пк	W км с ⁻¹	Θ км с ⁻¹	V_{res} км с ⁻¹	Z_{max} кпк
10307	0.06	+0.00	5860	4.45	12.6	-2	203	32	0.06
75732	0.09	+0.33	5355	5.47	12.5	-8	215	26	0.01
76151	0.05	+0.04	5757	4.85	17.1	-11	214	30	0.04
95128	0.05	-0.01	5865	4.29	14.1	1	231	19	0.10
126053	0.13	-0.36	5677	5.02	17.6	-40	219	46	0.47
178428	0.05	+0.12	5673	4.47	21.0	-19	231	43	0.14
186408	0.04	+0.05	5750	4.32	21.6	0	204	34	0.08
190360	0.07	+0.20	5549	4.72	15.9	-64	189	64	0.98
190406	0.00	-0.01	5937	4.56	17.7	9	214	56	0.22
193664	0.05	-0.19	5782	4.69	16.7	-21	229	34	0.18
197076	0.07	-0.17	5821	4.82	21.0	16	219	40	0.32

2003”) — близкая (11.4 пк) одиночная звезда в созвездии Ориона, с избыточной UV-эмиссией и хромосферной активностью. Одна из двух звезд из табл. 1, достаточно сильно отличающихся от Солнца. Попадает на эволюционный трек с $M = 0.5M_{\odot}$ (см. рис.1). Оцениваемый отсюда возраст находится в интервале от 0 до 25 миллиардов лет.

С другой стороны, наблюдаемая хромосферная активность (Гизис и др., 2002) указывает на сравнительную молодость звезды. Сведений о металличности нет. Обнаруженные вариации лучевой скорости могут свидетельствовать о кратности звезды. Из за низкой по сравнению с Солнцем температуры спектр ее излучения смещен в красную сторону ($\lambda_{max} = 7950\text{\AA}$). Если цивилизация и существует, то для нас она темнокрасная.

2. **47 UMa** (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001” и “Cosmic Call 2003”) — почти полный ана-

лог Солнца, но очень небольшой избыток массы в $0.02M_{\odot}$ обусловил существенное увеличение светимости и более позднюю стадию эволюции. Звезда уже достигла максимума температуры и в течение примерно 2 миллиардов лет будет, сохраняя свою светимость, двигаться по диаграмме ГР вправо, снижая температуру поверхности.

У 47 UMa обнаружены две планеты: 47 UMa b имеет массу 2.54 масс Юпитера, находится на расстоянии 2.09 астрономических единиц и вращается с периодом в 1089.0 дней, 47 UMa c имеет массу 0.76 масс Юпитера, расстояние 3.65 а. е. и период 2594.0 дней. Эксцентриситеты орбит соответствуют критериям выбора (0.06 для 47 UMa b и 0.1 для UMa c). По светимости 47 UMa превосходит Солнце в 1.6 раз, что отодвигает границы пояса экосферы от ~ 1 до 2 а. е., приближая внешнюю границу к массивной экзопланете 47 UMa b. Не исключе-

но, что в планетной системе 47 UMa обе планеты гиганты мигрируют с периферии к самой звезде, что уменьшает вероятность существования в ее экосфере земноподобной планеты.

3. HD 193664 (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001”) — звезда в созвездии Дракона, как и предыдущая достигла эволюционной стадии с максимумом температуры, совпадающим с солнечным. Поскольку масса звезды на $0.05M_{\odot}$ меньше солнечной, а стадия ее эволюции более поздняя, то возраст должен быть существенно больше солнечного (около 10 миллиардов лет). Из-за близости светимости к солнечной ($1.05 \div 1.10$) экосфера достаточно велика, что допускает существование обитаемого мира. По критериям выбора (и если ее точный возраст не превышает 7 Gyr) звезда HD 193664 имеет первый приоритет звезды-адресата для METI.

4. 37 Gem (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001”) входит в список “близэклиптикальных” звезд для SETI (Филиппова, 1990), почти полный аналог HD 193664, но по эволюционному статусу и массе чуть ближе к Солнцу. Звезда почти достигла максимума температуры и после незначительного повышения светимости за время $3 \div 4$ миллиарда лет начнет двигаться к ветви гигантов. Экосфера звезды простирается от 0.95 до 1.4 а.е. Согласно данным из каталога Боркова и Марсакова (2005), ее кинематические параметры и металличность с большим запасом удовлетворяют всем необходимым условиям. При отсутствии на данном этапе знаний о местах обитания внеземных цивилизаций, выбор ее для первых METI вполне оправдан.

5. HD 76151 (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001”) — звезда в созвездии Гидры, аналог двух предыдущих звезд с чуть меньшей массой. Для достижения точки поворота на эволюционном треке, где она сейчас находится, ей требуется больше времени, чем двум предыдущим звездам. Вероятно, оценка возраста в 10.6 миллиардов лет может быть даже занижена и ее возраст может быть на уровне 11-12 миллиардов лет. Звезда является источником инфракрасной и ультрафиолетовой эмиссии, а также источником рентгеновского излучения, что является свидетельством нестабильности в системе. Таким образом, по ряду характеристик, несмотря на близость к Солнцу по спектру и светимости, HD 76151 не является звездой первого приоритета в качестве адресата.

6. HD 126053 (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001”) — звезда в созвездии Девы. Из всех звезд, представляющих здесь компактную группу, близкую по параметрам к Солнцу, звезда имеет наименьшую массу в $0.84M_{\odot}$ и наименьшую металличность $[Fe/H] = -0.37$, то есть

содержит тяжелых элементов в 2.34 раза меньше, чем Солнце. Оценка возраста звезды дает самую большую величину в 14.4 миллиарда лет, что близко к возрасту нашей Вселенной (около 14 миллиардов лет). Возможно, возраст сильно переоценен из-за того, что звезда может быть кратной, о вероятности чего может свидетельствовать наблюдаемая переменность лучевых скоростей ($-4.0 \div -22.0 \text{ км с}^{-1}$).

4. Кратные звезды

7. GJ 49 (адресат послания “Cosmic Call 2003”) — самая близкая и самая маломассивная из всех рассматриваемых звезд, входящая в кратную систему в созвездии Кассиопеи. Второй компонент системы — GL 51 является красным вспыхивающим карликом M5, ультрафиолетовым и рентгеновским источником. Отсутствие достоверных данных по массе (однако несомненно, что масса звезды GJ 49 меньше $0.5M_{\odot}$) не позволяет точно оценить ее возраст. Тем не менее создается впечатление, что звезда лежит на линии нулевого возраста, что для звезды такой массы может означать возраст от нуля до десятков миллиардов лет. С нашей точки зрения, экосфера около этой звезды мало приспособлена для ВЦ земного типа и представляет холодный темнокрасный мир с очень малой продолжительностью местного года.

8. 55 Cnc (адресат послания “Cosmic Call 2003”) — очень интересная система с четырьмя открытыми планетами и, вероятно, с самым малым возрастом. Находится в начале эволюции на главной последовательности, возможный возраст около 5 миллиардов лет, такой же, как у Солнца, хотя возможно на 1-2 миллиарда лет меньше. Примечательно и самое большое значение металличности $[Fe/H] = +0.40$, что означает, что в системе в 2.5 раза больше тяжелых элементов, чем в Солнечной системе. Ниже приведены известные характеристики планет системы:

Название	Масса в массах Юпитера	Рас-ние, а.е.	Период, дни	Эксц-тет
55 Cnc b	0.784	0.115	14.67	0.0197
55 Cnc c	0.217	0.240	43.93	0.440
55 Cnc d	3.92	5.257	4517.40	0.327
55 Cnc e	0.045	0.038	2.81	0.174

Таким образом, существование ВЦ кажется здесь нереальным из-за динамической нестабильности.

9. HD 10307 (адресат послания “Cosmic Call 2003”) — кратная система в созвездии Андромеды. Звезда — почти полный аналог Солнца по параметрам, однако, небольшой избыток массы и, вероятно, большее время жизни привели к более продвинутой стадии эволюции. Звезда находится в точке поворота эволюционного трека и начинает двигаться в область гигантов. Металл-

личность равна солнечной. Второй компонент — красный карлик очень малой массы ($M = 0.28M_{\odot}$) удален от главного компонента на 7.7 а.е. и имеет период обращения 19.5 лет. Появление разумной жизни на гипотетической планете в системе спектрально-двойной звезды с близким красным карликом представляется проблематичным.

10. HD 190360 (адресат послания “Cosmic Call 1999”) — двойная звезда в созвездии Лебедя. Находится в наиболее продвинутой стадии эволюции. Возраст около 14 миллиардов лет. В то же время большое значение металличности, равное +0.24, показывающее почти вдвое повышенное содержание тяжелых элементов вступает в противоречие с большим возрастом. Спутник — красный карлик M 4.5 со светимостью в 0.048 светимости Солнца. Это широкая звездная пара с разделением в 3000 AU. В системе открыты 2 планеты. Ближайшая имеет массу 0.057 массы Юпитера и находится на круговой орбите на расстоянии 0.128 а.е. от звезды, вторая планета с массой 1.5 массы Юпитера обращается по вытянутой орбите ($e = 0.36$) с большой полуосью в 3.92 а.е. Тем не менее существование земноподобной планеты на стабильной орбите в экосфере главного компонента этой близкой двойной звезды, удаленной от Солнца на 16 парсек, вполне возможно. Однако наличие планет у звезды не гарантирует их обитаемости.

11. 15 Sge (адресат послания “Cosmic Call 1999”) — звездная система, главным компонентом которой является переменная звезда спектрального класса G1V. Она является источником рентгеновского и ультрафиолетового излучения. Компаньоном 15 Sge является удаленный от нее на 14 а.е. коричневый карлик с массой в 55-78 масс Юпитера. 15 Sge очень близка по параметрам к Солнцу, но по оценкам возраста существенно старше Солнца, хотя до точки поворота в область гигантов требуется еще 1-2 миллиарда лет. В то же время здесь возможна оценка возраста звезды в пределах 1-3 млрд. лет. Через 3 года после отправки сигнала к звезде в 1999 году был открыт ее компаньон — коричневый карлик, что вместе с противоречивыми данными о возрасте и со свидетельствами о переменности блеска и наличии рентгеновского излучения зачеркивают надежды отправителей межзвездного радиопослания, давших этой звезде первый приоритет звезды-адресата.

12. HD 197076 (адресат послания “Hello, Galaxy! 2001”) — система в созвездии Дельфина. На диаграмме ГР находится там же, где сосредоточены почти все рассматриваемые звезды. Возраст довольно большой — 11.4 миллиарда лет. Эта оценка возраста косвенно подтверждается и сравнительно малой металличностью $[Fe/H] = -0.20$. По некоторым оценкам ее возраст находится в пределах 5 — 5.7 миллиардов лет, что сопоставимо с возрастом Солнца, находящегося на ГП 5 млрд. лет. В систему HD 197076 входит красный карлик спектрального класса M 2.5, удаленный от главного компонента спектрального класса G5V на 2500 астрономических единиц. В сравнении с Солнечной системой, это в 63 раза дальше планеты Плутон.

13. HD 178428 (адресат послания “Cosmic Call 1999”) — система в созвездии Стрелы. Хотя масса звез-

ды близка к массе Солнца, звезда на диаграмме ГР попадает на трек с массой $0.9M_{\odot}$, что дает очень большой возраст — 13.2 миллиардов лет. Возможно, спектральная двойственность звезды не позволяет точно оценить светимость и температуру звезды и, следовательно, ее возраст, что приводит к указанному выше противоречию. Второй компонент системы имеет тот же спектральный класс и всего на 0.86 звездной величины слабее главного компонента.

14. 16 Cyg (адресат послания “Cosmic Call 1999”) — звезда с массой больше солнечной имеет температуру меньше, чем на Солнце, а светимость в 1.58 больше. Это указывает, что звезда прошла точку поворота на эволюционном треке и движется в область гигантов. Однако, создается впечатление, что величина возраста (10.4 миллиарда лет) может быть завышенной, и реальный возраст звезды около 5 — 6 миллиардов лет, а то и меньше. Входит в визуальную двойную систему ADS 12815 с расстоянием между компонентами в 850 а.е. У второго компонента системы 16 Cyg B обнаружены планета с массой 1.68 масс Юпитера, на расстоянии в 1.68 а.е., с периодом 799.5 дня и очень вытянутой орбитой ($e = 0.69$).

5. Заключение

Таким образом, рассмотрение параметров звезд — адресатов межзвездных радиопосланий позволяет сделать некоторые выводы:

1. Большинство обсуждаемых звезд (12 из 14) близки по своим параметрам к Солнцу и могут иметь планеты с цивилизацией нашего типа.
2. Оценки возраста свидетельствуют, что эти системы в основном на 3 — 10 миллиардов лет старше Солнца, и, таким образом, если бы время возникновения и эволюции цивилизаций на обсуждаемых системах было бы сравнимо с временем развития нашей цивилизации, мы бы имели дело с более старыми ВЦ.
3. Периоды, связанные с эволюционными изменениями, относительной стабильности по температуре и энергии проходящей через так называемые экосферы здесь также достаточно продолжительны.
4. С другой стороны, большинство рассматриваемых звезд входит в кратные системы, 8 из 14 достоверно кратные, для еще 3-х из оставшихся кратность вполне вероятна. Движения по орбитам с большими эксцентриситетами и эволюция параметров орбит, которая может происходить в таких системах, могут приводить к нестабильностям на сравнительно коротких промежутках времени от десятков до сотен тысяч лет. Эти нестабильности могут оказаться несовместимыми с биологической жизнью земного типа.

Список литературы

- Боркова Т.В., Марсаков В.А., 2005, Астрон. журн., **82**, 453
 Гзис и др. (Gizis J.E., Reid I.N., Hawley S.L.), 2002, AJ, 123, 3356

- Гиндилис Л.М., 2002, Сигнал отправлен: первое детское радиопослание внеземным цивилизациям. "Земля и Вселенная", № 5, 82-96
- Доманже и Нис (Domnanget J., Nys O.), 2002, Catalog of Components of Double Multiple Stars (CCCM, I/274)
- Доул (Доул.С.)б 1974, Планеты для людей. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.
- Жирарди и др. (Girardi L., Bressan A., Bertelli G., Chiosi C.), 2000, A&AS, **141**, 371
- Зайцев А.Л., 1999, Радиовещание для внеземных цивилизаций. Информационный бюллетень SETI. Издание Научно-культурного центра SETI Москва. № 15, 31-47. <http://www.cplire.ru/win/ra&sr/article1.html>
- Зайцев А.Л., 2003, Синтез и передача межзвездного радиопослания "Cosmic Call 2003". Вестник SETI Издание Научно-культурного центра SETI. Москва. № 5/22-6/23, 4-11. <http://www.cplire.ru/rus/ra&sr/index.html>
- Ибашима и Аримото (Ibasiyama A., Arimoto N.), 2002, A&A, **394**, 927
- Леон и др. (Leon et al.), 2000, A&A, **359**, 907
- Марсаков В. А., Боркова Т. В., 2005, Письма в Астрон. журн., **31**, 577
- Марсаков, Шевелев (Marsakov V.A., Shevelev Yu.G.), 1995, Bull. Inf. CDS **47**, 13
- Нордстрем и др. (Nordstroem B., Mayor M., Andersen J., et al.), 2004, A&A, **418**, 989
- Содерблом (Soderblom D.R.), 1986, "A short list" of SETI candidates.- Icarus. 67, p.184-186
- Содерхельм (Soederhjelm S.), 1999, A&A, **341**, 121
- Филиппова Л.Н. 2001, Выбор звезд-адресатов для первого детского радиопослания внеземным цивилизациям. Московский открытый проект "Здравствуй, Галактика!" Труды школы-семинара. Евпатория, август- сентябрь. Выпуск 1. 2-е изд., 130-153. <http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/phil.html>
- Филиппова (Filippova L.N.), 1990, Astr. Tsirk., **1544**, 37
- Фурманн (Fuhrmann K.), 1998, A&A, **338**, 161