

## ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

УДК 621.396.94

### ПЕРВОЕ МУЗЫКАЛЬНОЕ РАДИОПОСЛАНИЕ К ЗВЕЗДАМ

© 2008 г. А. Л. Зайцев

Поступила в редакцию 03.04.2008 г.

Изложены основы спектрального подхода к синтезу межзвездных радиопосланий (МРП) и история радиопередачи “1-й Терменвокс-концерт для других цивилизаций”. Показана научная несостоятельность радиопередачи “NASA Beatles Transmission”. Рассмотрен вариант прямого синтеза аналоговых МРП.

#### ВВЕДЕНИЕ

В 1972 г. в сборнике “Населенный Космос” была опубликована статья В.А. Котельникова “Радиосвязь с внеземными цивилизациями” [1], где он, в частности, писал: “Расчет показывает, что цивилизацию уровня земной на межпланетных расстояниях мы можем обнаружить по радиоизлучению всевозможных радиоустройств, без посылки ей специальных радиосигналов. Но мы ее не можем обнаружить уже с ближайшей звезды.

Таким образом, чтобы находящаяся около некоторой звезды цивилизация могла быть нами обнаружена в радиодиапазоне, у нее должны работать для каких-либо нужд (пока непонятно для каких) существенно более мощные, чем на Земле, радиопередатчики, или она должна излучать сигналы, специально предназначенные для того, чтобы дать о себе знать”.

Два года спустя Франк Дрейк с коллегами из Корнельского университета, США, сконструировали такой “специальный радиосигнал” и отправили его 16 ноября 1974 г. в космос из Аресибо на волне 12.6 см, используя передатчик с непрерывной мощностью около 500 кВт и зеркальную антенну диаметром 305 м. Адресатом радиопослания являлось шаровое звездное скопление М13, находящееся от нас на расстоянии около 24 тысяч световых лет. Радиопослание было цифровым, содержало 1679 двоичных символов, которые были переданы со скоростью 10 бит/с в режиме частотной манипуляции с девиацией 10 Гц. Эта первая радиопередача широко известна в мире под названием “Arecibo Message” (“Аресибское послание”) и многократно описана [2].

Первое же музыкальное радиопослание к звездам, разработанное и отправленное нами в августе-сентябре 2001 г. из Евпаторийского Центра дальней космической связи к шести окрестным звездам солнечного типа, известно гораздо хуже, особенно на Западе. Это стало очевидно после необычайно бурной реакции в мире на недавнюю, в ночь с 4 на 5 февраля 2008 г., отправку в космос специалистами НАСА песни группы Битлз

“Across the Universe” [3], которую они посвятили своему двойному юбилею – 50-летию запуска первого американского спутника “Explorer 1” и 50-летию НАСА. Практически все СМИ, сначала зарубежные, а следом и отечественные, как электронные, так и бумажные, дружно приветствовали эту американскую инициативу и заявляли об историческом событии, когда “впервые в мире музыка была отправлена в Космос”. Поисковая система Google на словосочетание “NASA Beatles 2008” выдавала тогда до двух миллионов ссылок! Но, как уже было сказано выше, первыми музыку в космос отправили мы. Изложению методологии и реализации этого музыкального радиопослания (МРП) к звездам, получившего название “1-й Терменвокс-концерт для внеземных цивилизаций”, и посвящена в основном данная статья.

#### 1. СПЕКТРАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ РАДИОСИГНАЛОВ ДРУГИМ ЦИВИЛИЗАЦИЯМ

Известное суждение о принципиальной непостижимости посланий других цивилизаций (и, как следствие, заключение о бессмысленности передачи в космос своих собственных сообщений), высказанное, в частности, Б. Пановкиным [2], и тезис об универсальном характере музыки, воспринимаемом любым носителем интеллекта, наиболее образно сформулированный немецким поэтом XIX в. Б. Ауэрбахом: “Музыка – единственный всемирный язык, его не надо переводить, на нем душа говорит с душой”, не противоречат друг другу, если постулировать неполноту традиционных представлений о языке межцивилизационного общения как о системе чисто логических построений.

Кроме того, при синтезе МРП необходимо понимать, что наши неведомые адресаты, о которых нам пока ничего не известно и о которых мы можем сделать лишь одно-единственное предположение, а именно то, что они разумны, сначала будут иметь дело с физическим явлением и лишь потом с информацией. Сначала их приемная система обнаружит радиосигнал, и лишь затем вста-

нет вопрос о выделении полученной информации и осмыслении принятого сообщения. Поэтому, конструируя МРП, в первую очередь, необходимо заботиться о том, чтобы наши радиосигналы легко обнаруживались, имея максимальную открытость – здесь понятие “открытость” вводится как антоним термина “скрытность”. Данное направление синтеза сигналов можно назвать антикриптографией. Ниже излагается один из возможных вариантов такого синтеза, основанный на спектральном представлении [4].

Спектральный подход является универсальным инструментом как астрономических наблюдений, так и поиска сигналов других цивилизаций (SETI). Кроме того, спектральное представление имеет ясный физический смысл, – спектрометр находит распределение фотонов по энергиям, на языке человеческих сенсоров это цвет и тон. Исходя из постулата об идентичности физических законов в нашей части Вселенной, вполне допустимо предположить, что спектрометрия используется также и теми, пока неизвестными нам, субъектами иных цивилизаций, кто уже знает радио и проводит свои собственные программы SETI.

Предположим также, что для того, чтобы ИМ было легче воспринять нашу спектральную информацию, лучше, если она будет сосредоточена в максимально узкой полосе и представлять собой однозначную функцию времени. Вторым, не менее важным аргументом использования однозначного спектрального представления является факт концентрации радиоизлучения в пределах одного частотного диапазона, что облегчает ИМ поиски передаваемых нами радиосигналов.


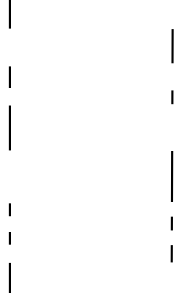
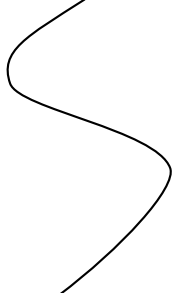
Проанализируем три мыслимых типа однозначных функций – константа, дискретная и непрерывная частотные зависимости. Излучение постоянной, максимально узкой спектральной линии может быть использовано для информации о “неизвестном” знании. Иными словами, если с Земли будем излучать квазимонохроматический радиосигнал с медленным частотным дрейфом, компенсирующим доплеровское смещение, связанное с вращением Земли и ее движением вокруг Солнца, с таким расчетом, чтобы имитировать радиоизлучение из барицентра, то ОНИ определенно поймут, каким именно был зондирующий сигнал, и попытаются извлечь из принятого сигнала полезную радиофизическую информацию. В первую очередь, это будут сведения о вековом ходе радиальной скорости и об эффектах распространения радиоволн в межзвездной среде. Подобный метод, называемый радиопросвечиванием, эффективно используется сейчас в радиофизических исследованиях Солнечной системы [5]. Здесь же предлагается распространить его на радиопросвечивание Галактики.

Точность оценки частоты, а следовательно, и лучевой скорости даже для существующих наземных систем оказывается весьма высокой. Так, например, если на расстоянии 70-ти световых лет от евпаторийской антенны и передатчика 6-см диапазона расположены антенна и приемник, аналогичные евпаторийским, то отношение сигнал/шум в фильтре шириной 0.1 Гц составит 16 дБ. Ошибка оценки доплеровского смещения частоты в этом случае будет не более 0.015 Гц, а точность измерения лучевой скорости – 0.9 мм/с. Если же прием евпаторийских сигналов ТАМ производится антенной типа Аресибо, то ошибка единичного измерения на 10-секундном интервале составит всего 0.2 мм/с. Понятно, что возможности неизмеримо более мощных, создаваемых сейчас и проектируемых в будущем, радиолокационных телескопов, в том числе и космического базирования, могут быть значительно выше. Кроме частоты, возможны также оценки и других измеряемых параметров принимаемых радиосигналов – поляризации, амплитудных и фазовых вариаций и флуктуаций.

Второй тип поведения спектра излучаемых (и принимаемых) сигналов, когда их частота скачет, принимая два или несколько фиксированных значений, предполагает использование языка логики, когда каждому из этих фиксированных значений соответствует определенное логическое состояние. Известно, что наиболее экономной и рациональной является система счисления по основанию  $e = 2.72\dots$ . Поэтому естественно предположить использование двоичной или троичной системы. Все четыре предыдущих межзвездных радиопослания, отправленные в 1974 г. из Аресибо и в 1999, 2001 и 2003 годах из Евпатории, представляли собой бинарные логические конструкции. Логическим является и язык космической связи Линкос, разработанный Г. Фройдендалем, [1]. Концепция и содержание названных выше радиопосланий неоднократно описаны (см., например, [2 и 6], а также в Интернете, список интернет-публикаций по теме статьи приведен в Приложении).

Третий тип нашего спектрального поведения заключается в демонстрации непрерывной функции на индикаторах ИХ SETI приемников. Допустимо следующее предположение – непрерывные функции могут быть использованы для информации об иной, нежели логическая, сфере интеллектуальной деятельности, а именно о нашем эмоциональном мире. При этом наиболее известным, просто реализуемым и универсальным для понимания средством выражения эмоций является музыка. Известны два основных типа источников музыки, первый тип производит затухающие колебания, – это пианино, гитара, барабан, второй тип – автоколебания (скрипка, орган, пение, терменвокс). Легко понять, что именно второй тип адекватен непрерывным зондирующим сигналам,

**Таблица 1.** Спектральный подход к синтезу межзвездных радиопосланий

Параметр	Три типа однозначной частотной функции		
Тип	1. Константа	2. Дискретная	3. Непрерывная
Авторы (“Здесь”)	Радиоинженеры	Ученые	Композиторы, художники, зодчие
Язык	“Природы”	“Логики”	“Эмоций”
Информация	Отсутствует	Цифровая	Аналоговая
Сонограмма излучаемого радиосигнала			
Анализ (“Там”)	Астрофизический	Лингвистический	Искусствоведческий

используемым как у нас, так и в США в планетной и астероидной радиолокации и при выдаче команд на борт автоматических межпланетных станций.

В свою очередь, терменвокс как средство выражения эмоций субъекта, ориентированное на передачу радиопосланий в космос, по целому ряду причин представляется нам совершенно уникальным инструментом [9]. Косвенно эта убежденность подкрепляется еще и тем обстоятельством, что многие создатели кино- и телефильмов о космосе и жизни в других мирах вполне осознанно или чисто интуитивно прибегают именно к терменвоксу для музыкального сопровождения.

С технической точки зрения терменвокс также органично вписывается в радиопередающую систему, – действительно, колебания высокочастотного управляемого автогенератора, основы терменвокса, для того чтобы они могли быть услышаны, смешиваются с частотой опорного генератора и переносятся вниз по частоте, в область звуковых частот. Аналогичным образом, для радиоизлучения, эти колебания тоже могут переноситься, но уже вверх по частоте, в область СВЧ-колебаний, усиливаться в мощном передатчике, поступать в антенну и отправляться в космос. Также естественно осуществляется переход к светомузыке, путем переноса колебаний управляемого автогенератора в оптический диапазон. При этом, независимо от того, к какому участку электромагнитного спектра чувствительны сенсорные органы “других” слушателей или зрителей, общий принцип восприятия терменвокса остается одним и тем же. В терминах радиотехники такая операция, когда подлежащий радиопередаче информационный сигнал просто переносится по спектру в

другой диапазон, называется однополосной модуляцией с подавлением несущей. А поскольку в паузах между музыкальными произведениями передается немодулированная несущая, то путем интерполяции текущая частота легко восстанавливается и внутри самих произведений.

Еще одно немаловажное преимущество терменвокса состоит в том, что сам этот инструмент генерирует квазигармонические колебания, максимально сконцентрированные в узком диапазоне основного тона, с очень малым уровнем обертонов, а переключения (переходы) с одной частоты (ноты) на другую происходят не скачкообразно, как в большинстве других музыкальных инструментов, а плавно и без разрывов фазы, что также концентрирует текущий спектр. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность обнаружения такого узкополосного сигнала на фоне космических шумов и помех.

Данная классификация представлена в табл. 1. В соответствии с тремя типами однозначной частотной функции – “константа”, “дискретная”, “непрерывная” – радиопослание имеет трехзвенную структуру и последовательно использует три языка – “язык природы”, “язык логики”, “язык эмоций”. Здесь уместно провести аналогию с триединой структурой нашего мышления, где мы различаем три компонента – интуитивное, логическое и эмоциональное.

Первая часть радиопослания конструируется радиоинженерами и представляет собой зондирующее колебание, например, простейшее монохроматическое или с периодической линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), в которое введена доплеровская поправка за движение передатчика, причем с таким расчетом, чтобы удаленный на-

блюдатель видел бы нас все время на постоянной частоте. Такие параметры зондирующего колебания, как длина волны и момент начала модуляции могут выбираться исходя из общегалактических констант и событий [11]. При наличии *интуиции* ОНИ определенно смогут понять, каким именно был исходный зондирующий сигнал.

Вторая часть – дискретная частотная манипуляция, цифровой поток данных, отражение наших *логических построений* – алгоритмов, теорий, накопленных знаний о себе самих и о мире вокруг нас.

Третья часть создается людьми искусства – композиторами, художниками, зодчими и представляет собой аналоговые вариации частоты, отображающие наш *эмоциональный мир* и наши художественные образы. Простейший пример – классические музыкальные мелодии.

В строке “Анализ” – наши представления о том, как будут исследоваться сигналы “Там”, на приемной стороне (или “Здесь”, в случае успеха земных поисков). Первая часть подвергается астрофизическому анализу с целью выявления эффектов межзвездной среды и диагностики канала связи. Вторая часть анализируется искусствоведами, третья – лингвистами и другими учеными.

Номер сеанса	1	2	3	4	5	6
Дата, 2001	29.08	03.09	03.09	03.09	04.09	04.09
Звезда-адресат	HD197076	HD50692	HD95128	HD126053	HD76151	HD193664

В записи на аудиокассете были переданы следующие семь мелодий:

1. Е. Шашина. Романс “Выхожу один я на дорогу”.
2. Л.-В. Бетховен. Фрагмент финала 9-й симфонии.
3. А. Вивальди. “Времена года. Март”. Аллегро.
4. Ш.-К. Сен-Санс. “Лебедь”.
5. С.С. Рахманинов. “Вокализ”.
6. Дж. Гершвин. “Лето”.
7. Русская народная песня “Калинка-малинка”.

Исполнители – Лидия Кавина, Яна Аксёнова и Антон Керченко из Московского терменцентра.

На рисунке приведены сонограммы 40-секундных фрагментов трех прозвучавших в Концерте произведений: “Финал 9-й Симфонии” Бетховена, “Лебедь” Сен-Санса и “Лето” Гершвина.

Оценим преимущества предложенного здесь аналогового метода передачи музыки, сравнив его с традиционным цифровым. Длительность каждой элементарной частотной посылки  $T$ , а следовательно, и максимальная скорость передачи сообщений  $1/T$  необходимые для достижения

## 2. ИСТОРИЯ 1-ГО ТЕРМЕНВОКС-КОНЦЕРТА ДЛЯ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

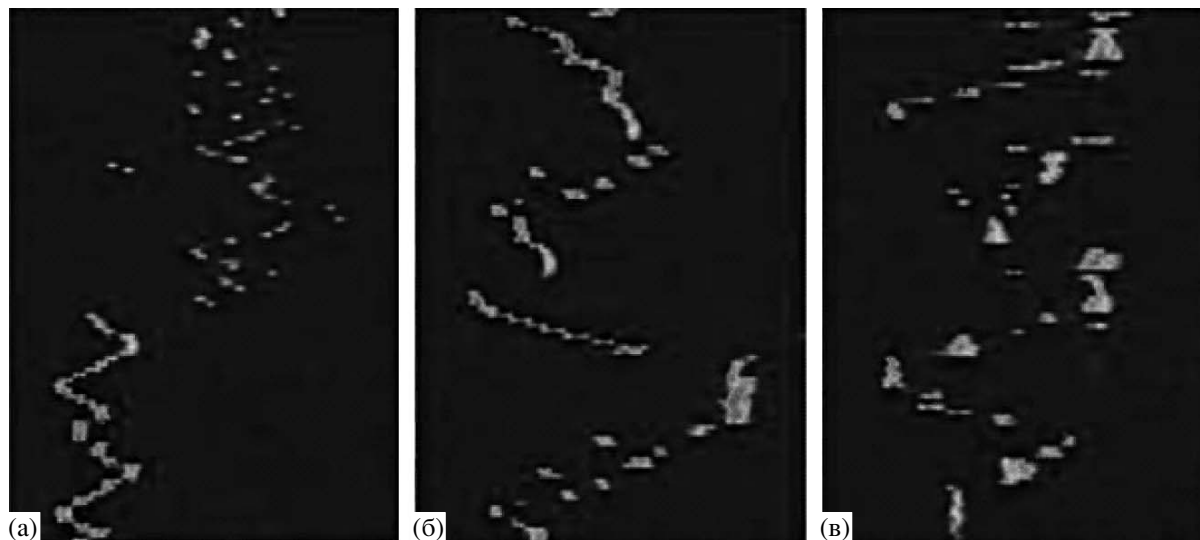
4 июля 2000 года через Интернет в NAIC (Национальный радиоастрономический и ионосферный центр, США) нами была подана заявка, в которой предлагалось подготовить и передать из Аресибо первое музыкальное радиопослание. Основу его составляли бы мелодии, исполненные на терменвоксе [7, 10]. Заявка была воспринята с большим интересом, но, к сожалению, Программный комитет ее отклонил. Вторая попытка, также безрезультатная, была предпринята нами в сентябре 2000 г. на 3-й Международной конференции по проблеме астероидной безопасности “Космическая защита Земли”, которая проходила в Евпатории.

И лишь третья попытка оказалась успешной. В сентябре-августе 2001 г. “1-й Терменвокс-концерт для других цивилизаций” шесть раз прозвучал в процессе передачи межзвездного радиопослания “Teen Age Message” (“Детское радиопослание 2001”) из Евпаторийского Центра дальней космической связи [12]. Некоторые параметры шести сеансов приведены ниже:

на приемной стороне заданного отношения сигнал/шум  $Q$ , могут быть определены с помощью следующего соотношения [8]:

$$T = QkT_s R^2 \lambda^2 / PS_t S_r, \quad (1)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $T_s$  – суммарная шумовая температура приемной системы,  $R$  – расстояние до внеземной цивилизации,  $\lambda$  – длина волны,  $P$  – средняя мощность излучения,  $S_t$  и  $S_r$  – эффективные площади передающей и приемной антенн. Предположим, что на приемном конце, на расстоянии 70-ти световых лет, ОНИ располагают антенной, идентичной антенной решетке SKA с эффективной площадью  $1 \text{ км}^2$  и несколько лучшей, чем это достижимо на Земле, приемной системой с  $T_s = 10 \text{ К}$ . Антенна SKA пока еще не построена на Земле, но ее планируется создать в ближайшее десятилетие. В результате расчета получаем, что передававшийся в аналоговом режиме 14-минутный Терменвокс-концерт, при цифровом способе занял бы почти 50 часов! Кроме того, и это не менее важно, требуются убедительные доводы, которые пока никем не приведены, обосновывающие “понимаемость” Другими нашего цифрового потока...



Сонограммы 40-секундных фрагментов трех произведений, прозвучавших в 1-м Терменвокс-концерте: “Финал 9-й Симфонии” Бетховена (а), “Лебедь” Сен-Санса (б), “Лето” Гершвина (в).

### 3. КРИТИКА РАДИОПЕРЕДАЧИ “NASA BEATLES TRANSMISSION”

Как можно заключить из пресс-релиза НАСА [3] и других официальных сообщений, передача

“NASA Beatles Transmission” осуществлялась с помощью 70-метровой антенны DSS-63, находящейся в селении Робледо под Мадридом (Испания), где расположена одна из трех американских станций слежения дальнего космоса. Использовался

**Таблица 2.** Принцип формирования когерентных музыкальных радиопосланий на примере мелодии песни “Подмосковные вечера” (первые 23 такта)

Номер такта	Частоты, Гц																
	233	247	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	494	523	554	587
1			■														
2						■											
3										■							
4						■											
5								■									
6								■									
7						■											
8					■												
9										■							
10										■							
11								■									
12								■									
13			■														
14			■														
15			■														
16			■														
17						■											
18										■							
19													■				
20													■				
21															■		
22															■		
23													■				

передатчик командной радиолнии “Земля–борт” 4.2-см диапазона со средней мощностью 18 кВт. В качестве адресата была выбрана Полярная звезда, находящаяся от нас на расстоянии 430 световых лет, планетная система которой, если и существует, то является, по современным представлениям, непригодной для зарождения там жизни. Передача велась со скоростью 128 кб/с. Аналогичные оценки, выполненные с помощью соотношения (1) при прежних допущениях о параметрах приемной системы, показывают, что скорость передачи превышена в 300 тысяч раз и что при передаче этой песни, длящейся 3.5 минуты, с допустимой скоростью, потребуется 750 суток непрерывного вещания!

Перечисленные факты, а именно использование кодирования и последующего сжатия (что делает практически невозможным восприятие послания теми, кто не знаком с земными информационными технологиями), неудачный выбор звезды-адресата и неоправданно высокая скорость передачи цифрового потока, с очевидностью приводят к выводу о научной несостоятельности радиопередачи “NASA Beatles Transmission” (NBT). Таким образом, NBT можно классифицировать как декоративную пиар-акцию, не обоснованную с научной точки зрения, которая, в отличие от первого музыкального радиопослания, отправленного из Евпатории в 2001 г., преследовала чисто рекламные цели, явившись, тем самым, профанацией идеи грамотного межзвездного радиовещания.

Однако можно отметить и один позитивный момент этого шоу – теперь мы знаем, что есть и другие, нежели Евпаторийская, станции дальней космической связи НАСА, которые не запрещается\* использовать для передачи межзвездных радиопосланий.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Говоря о перспективах аналоговых, в частности музыкальных радиопосланий к звездам, можно предложить более удобный, нежели терменвокс, инструмент. У терменвокса есть два существенных недостатка – крайне узкий круг исполнителей и некогерентность сигнала терменвокса с опорным стандартом частоты наземного радиоконтекста. Для генерации музыкальных сигналов, когерентных стандарту, можно использовать обычный синтезатор частот, лучше основанный на методах прямого цифрового синтеза, поскольку в нем не рвется фаза при переходе с одной частоты на другую. В качестве иллюстрации использования такого

синтезатора, в табл. 2 приведена частотная матрица, соответствующая первым 23-м тактам мелодии песни “Подмосковные вечера”. Частота 440 Гц соответствует ноте “ля” первой октавы.

В отличие от игры на терменвоксе, компоновка музыкальных радиопосланий с помощью таких частотно-временных матриц, управляющих работой синтезатора частот, вполне по силам практически всем, включая и тех, у кого нет слуха и кто не умеет играть ни на одном из музыкальных инструментов.

### ПРИЛОЖЕНИЕ. ИНТЕРНЕТ-ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ СТАТЬИ

- I. “Язык радиопосланий к другим цивилизациям”  
<http://www.cplire.ru/rus/ra&sr/article3/text.html>  
[http://science.mir-x.ru/article\\_read.asp?id = 1748](http://science.mir-x.ru/article_read.asp?id = 1748)  
<http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/19/articles/1.html>
- II. «One-Dimensional Radio Message for “Blind” Aliens»  
<http://www.cplire.ru/html/ra&sr/irm/1-D-rm.html>  
<http://www.orbit.zkm.de/?q = node/187>  
[http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/zait\\_eng.html](http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/zait_eng.html)
- III. «Одномерное радиопослание “незрячим” абонентам»  
<http://www.cplire.ru/rus/ra&sr/article4.html>  
<http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/17/articles/art1.html>
- IV. “Это нужно прежде всего нам, землянам...”  
<http://www.cplire.ru/rus/ra&sr/interview/index.html>
- V. “Design and Implementation of the 1st Theremin Concert for Aliens”  
<http://www.cplire.ru/html/ra&sr/irm/Theremin-concert.html>  
<http://www.olats.org/space/13avril/2002/space13Avr2002.html#AZaitsev>
- VI. “Сигнал отправлен...”  
<http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/20/articles/1.html>
- VII. “Messaging to Extra-Terrestrial Intelligence”  
<http://arxiv.org/abs/physics/0610031>
- VIII. “Interstellar Radio Message (IRM)”  
<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/I/IRM.html>

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Населенный Космос (Сб. статей) / Под ред. академика Б.П. Константинова. М.: Наука, 1972.

\* В 1969 г. Конгресс США принял “Закон о контактах с инопланетянами” № 14 CFR Part 1211, дающий право НАСА пресекать попытки установления контактов между гражданами США и инопланетянами. Сейчас, по-видимому, этот запрет снят, раз одна из антенн НАСА отправила песню группы Битлз “Сквозь Вселенную” к Полярной звезде.

2. *Гиндилис Л.М.* SETI: Поиски внеземного Разума. М.: Физматлит, 2004.
3. «NASA and The Beatles Celebrate Anniversaries by Beaming Song “Across The Universe” Into Deep Space». [http://www.nasa.gov/home/hgnews/2008/jan/HQ\\_08032\\_NASA\\_Beatles.html](http://www.nasa.gov/home/hgnews/2008/jan/HQ_08032_NASA_Beatles.html) 2002.
4. *Зайцев А.Л.* // Вестн. SETI. 2002. № 2/19. С. 73.
5. *Яковлев О.И.* Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998.
6. *Sagan C., Drake F.D., Druyan A. et al.* Murmurs of Earth. N.Y.: Ballantine Books, 1979.
7. Arecibo Proposal No. Zaitsev000704074140 on July 04, 2000.
8. *Зайцев А.Л.* // Информ. бюлл. НКЦ SETI. 1999. № 15. Р. 31.
9. *Термен Л.С.* // Радиотехника. 1972. Т. 27. № 9. С. 109.
10. *Зайцев А.Л.* // Информ. бюлл. SETI. 2001. № 17. С. 2.
11. *Маковецкий П.И.* Смотри в корень. Сборник любопытных задач и вопросов. 4-е изд. М.: Наука, 1979.
12. *Гиндилис Л.М., Гурьянов С.Е., Зайцев А.Л. и др.* // Вестн. SETI. 2002. № 3/20. С. 4.