

Межзвёздные радиопослания

Участники:

Александр Леонидович Зайцев – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института радиотехники и электроники РАН, в 1995 году Международный астрономический союз присвоил имя Zajtsev астероиду номер 6075

Лилия Николаевна Филиппова – астроном, сотрудник Научно-культурного Центра SETI, научный консультант Первого детского радиопослания внеземным цивилизациям

Обзор темы

Желание высказаться, как правило, бескорыстное, мессианское стремление поведать людям о самом насущном - есть исконное и неотъемлемое человеческое качество. Перед лицом других миров это желание приписывается уже некоей высокоразвитой Цивилизации, но все равно, и Цивилизация не есть что-то безликое, любая цивилизация суть сообщество индивидуумов, где, опять же, творческое «меньшинство» выступает с инициативой Посланий к другим мирам.

Карл Гаусс, мечтая заявить Другим о наличии на Земле разумных существ, предлагал прорубить в сибирской тайге гигантские просеки в виде «пифагоровых штанов», чтобы их можно было заметить с Марса. Австрийский астроном 18 века Джозеф фон Литтров предлагал выкопать в Сахаре гигантский кольцевой канал, наполнить его морской водой, поверх налить слой керосина и поджечь в ясную ночь – это огненное кольцо можно было бы наблюдать с других планет Солнечной системы. Константин Эдуардович Циолковский 26 ноября 1896 года в газете «Калужский Вестник» № 68 в статье «Может ли когда-нибудь Земля заявить жителям других планет о существовании на ней живых существ?» предлагал, в частности, «...установить на весенней чёрной пахоте ряд щитов площадью в одну квадратную версту, окрашенных яркой белой краской», «...щиты убеждают марситов в нашем умении считать. Для этого щиты заставляют сверкнуть раз, потом 2, 3 и т. д., оставляя между каждой группой сверканий промежуток секунд в десять».

Сейчас желание заявить о себе Другим цивилизациям гораздо более предметно и обосновано – в 1995 году открыта первая экзопланета, к настоящему времени их уже обнаружено свыше ста, мощные радиолокаторы, используемые в астрономии для исследования планет и астероидов, «видны» практически всюду в нашей Галактике.

Теория межзвёздных радиопосланий (МРП) призвана ответить на ряд «простых», а, по сути, весьма сложных и «нечётких» вопросов междисциплинарного характера – насколько понимаемо Другими субъектами то, что мы собираемся передавать, какова должна быть структура и содержание наших МРП, как грамотно выбрать адресаты наших Посланий, оптимальные длина волны и время передачи и др.

Всего с Земли было передано 4 межзвёздных радиопослания. Первое – 16 ноября 1974 года из Аресибо, Пуэрто-Рико, с помощью самого мощного в мире радиолокатора, использующего неподвижную антенну диаметром 305 метров. Три остальных – «Cosmic Call», «Детское радиопослание» и «Cosmic Call 2» отправлены нами, соответственно, в 1999, 2001 и 2003 годах из Евпатории, где расположен самый мощный вне США радиолокатор, основу которого составляет

70-метровая полноповоротная антенна и передатчик с непрерывной мощностью 150 киловатт.

В будущем предполагается разработать и воплотить ряд проектов, где планируется использовать как опыт предыдущего опыта, так и некоторые новые идеи и предложения.

Из статьи А. Л. Зайцева "Радиовещание для внеземных цивилизаций":

Мне всегда казалось, что если все во Вселенной будут заняты лишь поисками сигналов иных цивилизаций, то такие поиски лишены смысла, поскольку искать нечего. Надо чтобы хоть кто-то занимался ещё и целенаправленным излучением разумных сигналов. Второй момент, вызывающий некоторое недоумение, связан с потребительским подходом к радиовещанию для внеземных цивилизаций (ВЦ). "Зачем передавать сообщения, если "они" на него ответят в лучшем случае лишь через многие десятилетия?" - примерно так звучат наиболее часто выдвигаемые возражения.

Почти гамлетовский вопрос "Излучать или не излучать?" представляется нам несколько надуманным. Отчасти его возникновение можно попытаться объяснить тем, что исходит он, в основном, от тех учёных и специалистов, которые заняты, как им представляется, прямо противоположным делом - проблемой SETI. Однако противоречие здесь чисто кажущееся, а противопоставление проблем поиска ВЦ и радиовещания для ВЦ методологически ничем не оправданно, поскольку обе эти задачи могут плодотворно дополнять друг друга, примерно так же, как это имеет место в астрономии Солнечной системы при взаимодействии пассивных наблюдательных и активных радиолокационных методов.

Во время подготовки евпаторийского эксперимента "Cosmic Call 1999" нам было интересно выяснить мнение американских учёных и специалистов, занимающихся проблемой SETI. Классик SETI, директор SETI Institute Ф. Дрейк, инициатор послания из Аресибо, на наш вопрос о том, известны ли ему какие-нибудь новые проекты радиовещания для ВЦ, ответил: "I know of no others", и не счёл нужным указывать на нежелательность продолжения космических радиопередач, аналогичных Arecibo Message и говорить об опасениях, связанных с возможностью быть обнаруженными более мощной агрессивной цивилизацией. Уместно также процитировать здесь еще одно высказывание Дрейка по поводу необоснованности запретов на передачу межзвёздных радиопосланий из-за «ВЦ-боязни»: «It's too late to worry about giving ourselves away. The deed is done. And repeated daily with every television transmission, every military radar signal, every spacecraft command . . . I think that hostile tribes bent on war, be they terrestrial or extraterrestrial, destroy themselves with their own weapons, before they have any notion of how to attempt interstellar travel» («Уже поздно беспокоиться о внешней безопасности. Дело сделано. И ежедневно продолжается с каждой телепередачей, зондирующим сигналом военного радара, командой на космический аппарат... Я думаю, агрессивные племена, склонные к войне, земные или внеземные, взаимно уничтожат друг друга своим собственным оружием, до того как у них появятся какие-либо понятия о том, как осуществить межзвёздное путешествие»).

Заместитель директора SETI Institute С. Шостак ответил более определённо "If people want to broadcast into space, who am I to say no?" ("Если люди хотят вести радиовещание на космос, то кто я такой, чтобы говорить нет?"). А наиболее, на наш взгляд, радикально по поводу страхов обнаружить себя высказался исполнительный директор SETI League П. Шуч: "I am not an adherent of such isolationist (read that paranoid) philosophy" ("Я не являюсь приверженцем этой

изоляциялистской (читай параноидальной) философии"). С. Остро и К. Саган, размышляя над парадоксом Ферми, анализируют взаимосвязь между продолжительностью существования той или иной цивилизации и наличием у неё мощных радиолокационных средств разведки опасных космических объектов, аналогичных планетным и астероидным радиолокаторам в Аресибо, Голдстоуне и Евпатории, которые видны на галактических расстояниях. Они не исключают, что "молчание Вселенной" может быть связано с преобладанием развития по изоляционистскому пути, уходом в самозерцание, и как следствие, с незащищенностью от астероидной опасности, которая, к тому же, существенно выше в тех планетных системах, где нет планет-гигантов, выполняющих роль "чистильщиков".

По материалам доклада А. Л. Зайцева на конференции "Джордано Бруно и современность" (февраль 2000, ГАИШ, Москва) «Язык радиопосланий другим цивилизациям»:

Известное суждение о принципиальной непостижимости посланий других цивилизаций (и, как следствие, заключение о бессмысленности передачи в космос своих собственных сообщений), высказанное в свое время Б. Н. Пановкиным и тезис В. А. Лефевра об "универсальном, воспринимаемом любым носителем интеллекта, характере музыки" не противоречат друг другу, если постулировать неполноту традиционных представлений о языке межцивилизационного общения как о системе чисто логических построений. В попытке обоснования этого постулата, ниже, исходя из нашего опыта радиофизических исследований астероидов и атмосфер планет с помощью монохроматических сигналов, а также недавней радиопередачи Eupatoria Message, предлагаются: (а) классификация языка радиопосланий, (б) "максимально понятные" сигналы для радиопросвещения Галактики и передачи эмоций субъекта, (с) программа будущих радиопередач к другим цивилизациям.

В теперешний, "эвристический" период SETI, размышляя о языке радиопосланий к другим цивилизациям, мы, двигаясь, как правило, интуитивно и повинаясь, в основном, лишь чувству "соразмерности", можем опираться пока на опыт только нашей цивилизации, выбирая из хаоса фантазий лишь то, что соответствует реальным финансовым и техническим возможностям. Реальность же такова, что подавляющее большинство приемников, применявшихся в прошлом, используемых сейчас и планируемых в будущем для поисков радиосигналов других цивилизаций, представляют собой устройства параллельного (до миллиарда и более каналов) спектрального анализа в базе гармонических функций синус-косинус. В терминах радиотехники это означает, что они являются оптимальными приемниками отрезков монохроматических колебаний длительностью $1/df$, где df - выбранное спектральное разрешение, в терминах физики эти приемники можно назвать еще анализаторами энергии фотонов. Естественно предположить, что и наш язык радиопосланий, как представляется, также должен, по возможности, иметь ясную спектральную основу.

В принципе, возможны три типа поведения спектра излучаемого нами и принимаемого "ими" сигнала – либо его частота постоянна во времени, либо хаотически скачет, принимая два или несколько фиксированных состояний, либо плавно дрейфует вверх и вниз по оси абсцисс, отображая некую гладкую и непрерывную функцию времени. Смысл излучения монохроматического колебания с постоянной частотой состоит в том, что такое колебание оптимально для обнаружения описанным выше приемником. Поэтому этот сигнал наиболее рационально излучать в начале послания в качестве своеобразного позывного.

Кроме того, именно такой сигнал "с нулевой информацией" может быть воспринят даже теми, кто, по мнению некоторых земных исследователей, не в состоянии ничего понять в наших информативных посланиях, имея гипотетический, абсолютно "иной" разум. Здесь можно говорить об использовании своеобразного "языка природы", - если "они" в состоянии познавать окружающий их (и нас) мир и его физические закономерности, то смогут понять и наш сигнал, не содержащий при излучении никакой, в общепринятом, земном, смысле, семантической информации. Под действием межзвездной среды и других возможных факторов такой сигнал постепенно "обрастает" физической информацией в процессе распространения радиоволн в Галактике. В космической радиофизике такой метод, с высокой эффективностью применяемый для исследования атмосфер планет, солнечной короны и межпланетной плазмы, называется радиопросвечиванием.

Единственное, о чем "они" должны будут догадаться, так это о том, что мы действительно излучаем монохроматическое, немодулированное колебание. Для этого сам сигнал не должен содержать никакой "местной" информации - влияния земной атмосферы, доплеровского дрейфа, связанного с вращением Земли и движением по орбите вокруг Солнца.

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 расположены антенна и приемник, аналогичные евпаторийским, то отношение сигнал/шум в фильтре шириной 0.1 Гц составит 16 дБ. Ошибка оценки доплеровской частоты в этом случае составит не более 0,015 Гц, а точность измерения лучевой скорости - 0,9 мм/сек. Если же прием евпаторийских сигналов производится "там" антенной типа Аресибо, то ошибка единичного измерения на 10-секундном интервале составит всего 0,2 мм/сек. Понятно, что возможности неизмеримо более мощной космической радиосистемы, типа той, что представлена выше, будут значительно шире. Кроме частотных, 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. В математике доказано, что наиболее экономной и рациональной является система счисления по основанию $e = 2,71828\dots$. Поэтому естественно предположить использование двоичной или троичной системы. Все предыдущие радиопослания - Аресибское 1974 года и Евпаторийские 1962 и 1999 годов, представляли собой бинарные логические конструкции. Логическим является и язык космической связи Линкос, разработанный Фройденталем. Концепция и содержание вышеупомянутых радиопосланий неоднократно описаны в книгах и Интернете, поэтому будем считать их известными читателям. Отметим лишь, что авторы радиопосланий молчаливо предполагали, что "другие" тоже умеют логически мыслить. На экранах "их" приемников переданные нами послания, будучи принятыми, выглядят одинаково, - узкая спектральная линия вдруг начинает хаотически скакать по оси частот, принимая два устойчивых состояния: это то, что здесь, на Земле, называется "двоичное представление информации". Мы почему-то уверены (а что еще остается делать) в том, что там смогут: (1) обнаружить наш сигнал, (2) выделить из него двоичный поток, (3) догадаться отобразить этот поток в виде произведения двух простых чисел $23*73$ (Аресибо) или $127*127$ (Евпатория-99), (4) воспринять получившиеся двоичные образы, (5) шаг за шагом

проанализировать эти изображения, и, наконец, (б) правильно понять, что именно мы хотели им сказать. Возможно, что так оно и будет. Во всяком случае, очень хочется в это верить.

Аналогичным образом можно предположить наличие у "них" также и эмоциональной сферы. Устоявшееся земное мнение «Искусство - язык, который понятен всем» вселяет надежду быть понятыми действительно всюду. Остается придумать, как преобразовать субъективные переживания в электромагнитные волны. Здесь может быть предложен прямой путь, основанный на использовании терменвокса, первого в истории музыки бесконтактного музыкального инструмента, изобретенного Львом Сергеевичем Терменом в 1918 году в Москве и впервые продемонстрированного им в 1920 году А. Ф. Иоффе и другим сотрудникам Физико-технического Рентгенологического Института в Петрограде. Терменвокс представляет собой высокочастотный автогенератор, частота которого управляется движением руки музыканта, приближающим или удаляющим ее от специальной антенны. Центральная частота автогенератора (около 100 килогерц) лежит выше границы слухового восприятия (не более 16 килогерц), поэтому для преобразования генерируемой частоты в звуковую область, из частоты управляемого автогенератора вычитается частота второго, опорного, генератора. Разностная частота позволяет исполнителю установить обратную связь для контроля рождаемых мелодий, а слушателям - наслаждаться музыкой.

С технической точки зрения терменвокс также органически вписывается в радиопередающую систему, - действительно, колебания высокочастотного управляемого автогенератора, основы терменвокса, о чем шла речь выше, для того, чтобы они могли быть услышаны, 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. Но поскольку в паузах между музыкальными произведениями передается немодулированное монохроматическое колебание на центральной частоте, то путем интерполяции текущая частота легко восстанавливается и внутри самих произведений.

Еще одно немаловажное преимущество терменвокса состоит в том, что сам он генерирует квазигармонические колебания, максимально сконцентрированные в узком диапазоне основного тона, с малым уровнем обертонов, а переключения (переходы) с одной частоты (ноты) к другой 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.

По аналогии с тем, как на 23-х страницах Евпаторийского радиопослания 1999 года для "них" последовательно излагалась сумма земных знаний, восходящая от элементарных понятий числа, математических операций, физических констант к постепенно все более сложным научным понятиям, первый терменвокс-концерт для других цивилизаций тоже мог бы представлять

собой своеобразную энциклопедию чувств и включать в свою программу последовательность музыкальных произведений, от элементарных до все более и более сложных и многоплановых.

Естественно, что на языке эмоций земляне могут вещать для других цивилизаций не только с помощью терменвокса. Но пока именно терменвокс представляется нам наиболее естественным выразителем специфики внутреннего мира человека, как в художественном аспекте, так и с точки зрения возможностей технического воплощения. Поразительный факт, - оказывается, что в последние годы жизни Лев Термен, работая механиком 6-го разряда (по советским законам только рабочим сохранялась пенсия) на кафедре акустики физфака МГУ, создавал терменвокс, управляемый не руками, а движением глаз и мимикой исполнителя. Термен писал: "Исполнитель не должен быть обременен чисто механической работой. Он должен управлять звуками, а не добывать их". Этот факт в еще большей степени соответствует представлению о терменвоксе как об уникальном выразителе психофизиологического состояния человека.

Поводя итог и пытаясь классифицировать передаваемые сообщения (здесь не рассматривались космические религиозные проповеди, их влияние на традиционные земные религии, равно как и способы передачи таких проповедей с Земли в космос), можно сказать, что сейчас мы смогли различить, по крайней мере, четыре типа радиопосланий к другим цивилизациям:

- зондирующие радиосигналы (язык природы),
- сумма накопленных знаний (язык логики),
- мир субъективных эмоций (язык искусства).

Отчетливо понимая некоторую условность предлагаемой классификации, мы, тем не менее, считаем, что наряду с традиционными логическими построениями, будущие программы радиопередач могли бы включать в себя также сеансы радиопросвещения Галактики зондирующими сигналами с "нулевой информацией" и индивидуальные эмоциональные послания.

Из статьи А. Л. Зайцева «Одномерное радиопослание «незрячим» абонентам»:

По материалам заявки от 4.07.2000 в Национальный астрокосмический и ионосферный центр США, Аресибо, Пуэрто-Рико. (One-Dimensional Radio Message for "Blind" Aliens. Arcsibo Proposal, No. Zaitsev000704074140 on 2000 Jul 04.)

«Я думаю, что глубже всего в понимании мира музыка и те настроения, которые переживаются при творчестве»

Академик В. И. Вернадский. Дневник. 1932.

Два предыдущих радиопослания другим цивилизациям, Аресибо-1974 и Евпатория-1999, имели чисто логическую основу и представляли собой манипулирующие частоту несущего колебания потоки двоичной информации, ориентированной на "зрячего" абонента, поскольку восприятие сути этих посланий возможно лишь после строчной развертки выделенных символов в кадры двумерного изображения. Однако, вполне естественно предположить, что более понимаемыми Другими, пока неведомыми нам, цивилизациями являются простейшие одномерные послания и что музыка есть наиболее универсальное для понимания средство выражения интеллектуальной деятельности землян, одноканальное по своей сути, как ориентированное не на визуальное, а на слуховое восприятие. В свою очередь, терменвокс, бесконтактный электромузыкальный инструмент, представляется нам источником оптимального, в радиофизическом смысле, сигнала, так как он генерирует узкополосное квазисинусоидальное колебание с частотной модуляцией, описываемой гладкой

однозначной функцией, и с непрерывной фазой, которая не рвётся при перестройке частоты, что облегчает процесс обнаружения и выделения такого сигнала из шума. Поэтому предлагается подготовить Первый терменвокс-концерт для других цивилизаций и передать его в космос непосредственно или в записи из Аресибо или Евпатории. Наиболее подходящей целью при передаче из Евпатории является обнаруженная в 1996 году планета, обращающаяся вокруг звезды 47 Uma (склонение +40 градусов) из созвездия Большой Медведицы. При излучении из Аресибо также, по-видимому, целесообразно выбирать из списка экзопланет, лежащих внутри окна по склонению от -2-х до +38-ми градусов неподвижной аресибской антенны. Известный виртуоз и композитор Лидия Кавина готова исполнить на терменвоксе Концерт, составленный из классических и современных, в том числе и её собственных, произведений. Для излучения в космос сигнал терменвокса необходимо перенести вверх по частоте в сантиметровый диапазон радиопередатчика путем однополосной модуляции.

Научное и техническое обоснование проекта. Джордано Бруно (1548 - 1600), отстаивавший идеи бесконечности Вселенной и множественности обитаемых миров, был обвинён инквизицией в ереси и сожжён в Риме, на Площади цветов, с кляпом во рту. Современный кляп – это предвзятое толкование Статьи 8 Декларации Международной академии астронавтики о принципах деятельности после обнаружения внеземного разума: "Никакой ответ на сигнал или другие очевидные проявления внеземного разума не должен быть послан без соответствующих международных консультаций. Процедура таких консультаций будет предметом отдельного соглашения, декларации или договора". Но дело в том, что эта Декларация регламентирует лишь будущие радиопослания как реакцию на сигналы, достоверно принятые от вполне определённой внеземной цивилизации, здесь же предлагается сегодняшняя радиопередача к предполагаемым братьям по разуму, и до того неопределённого времени, как от "них" будут получены гипотетические сообщения.

Всего с Земли к предполагаемым носителям космического разума было отправлено четыре Послания – два материальных, на борту американских космических кораблей Пионер 10, 11 и Вояджер 1, 2, и два эфирных – с помощью антенн и передатчиков планетных радиолокаторов в Аресибо и Евпатории (*Сведения на момент написания статьи. Сейчас отправлено уже 4 радиопослания. АЛЗ*). Оба радиопослания были логическими и представляли собой сигналы с частотной манипуляцией несущего колебания двоичным потоком информации, последующее осмысление которой возможно лишь при безошибочном выделении этого потока "в целом", догадке, что этот поток есть произведение двух простых чисел и что необходима его строчная развертка и, наконец, при наличии у абонента сенсорных органов типа нашего зрения, способных к параллельному восприятию двумерных образов.

Выбор в качестве цели при излучении из Евпатории планеты у звезды 47 Uma из созвездия Большой Медведицы связан с несколькими факторами. Сама звезда очень похожа на наше Солнце по возрасту и спектральному типу, а расстояние до неё чуть более 13 парсек. Соответствующие расчёты показывают, что при наличии таких же антенн и приёмников, какие сейчас есть или строятся на Земле, узкополосные сигналы от наземных планетных радиолокаторов "там" будут уверенно обнаружены. Второй довод в пользу этой экзопланеты заключается в том, что в отличие от "горячих Юпитеров", она значительно удалена от своей звезды (на 2.11 АЕ) и имеет почти круговую орбиту ($e = 0.096$), поэтому внутри "пояса жизни" там возможно наличие планеты земного типа, существующей в таких же "тепличных" условиях, что и наша Земля, - малых возмущений от планеты-гиганта и защиты от внешнего астероидно-кометного

облака. В Таблице приведены некоторые параметры самой звезды 47 Uta и её экзопланеты, которые могут представлять интерес и понадобится при реализации проекта.

Напомним, что, в отличие от наблюдений, при излучении необходимо вводить абберационную поправку на собственное движение светила РМ, то есть наводить антенну с упреждением, равным удвоенному произведению РМ на запаздывание. При этом текущую разность координат звезды и планеты можно не учитывать, поскольку угловые размеры планетной орбиты много меньше ширины диаграммы направленности антенны.

ЗВЕЗДА	
Расстояние, LY	43.36
Спектральный тип	G0V
Возраст, Gy	5 - 7
Видимая величина	B = 5.66, V = 5.10
Прямое восхождение (2000), h, m, s	10 59 29.296
Склонение (2000), deg, m, s	+40 25 46.09
Собственное движение по ПВ, msec/yr	-315.92
Собственное движение по Скл, msec/yr	55.15
ПВ для излучения, h, m, s	10 59 15.598
Скл для излучения, deg, m, s	+40 25 48.48
ПЛАНЕТА	
Масса * $\sin i$	2.40 <i>Mj</i>
Большая полуось, AU	2.11
Орбитальный период, d	1082.02±7.2
Эксцентриситет	0.096±0.036

Наиболее естественной нам представляется однополосная (ОБП) модуляция несущего колебания сигналом терменвокса, так как простой перенос вверх по частоте (суммирование) с земной точки зрения - самая простая арифметическая операция. Кроме того, при ОБП модуляции энергия концентрируется в максимально узкой полосе частот, что облегчает обнаружение переданного сигнала. А поскольку в паузах между отдельными музыкальными произведениями будет излучаться номинальное значение частоты, несущая восстанавливается путем интерполяции. Кстати, проблема восстановления несущей здесь не так существенна, - абонент по своему усмотрению произведёт установку уровня постоянной составляющей с таким расчётом, чтобы разностная частота попадала в диапазон его "слухового" восприятия.

Предлагаемое здесь одномерное радиопослание другим цивилизациям имеет, по нашему мнению, больше шансов быть обнаруженным и правильно воспринятым, чем известные Аресибское и Евпаторийское радиопослания. В отличие от логических посланий, где предметом передачи с Земли являются, скорее всего, известные "там" базовые принципы математики, физики, астрономии и других точных наук (сорокалетней, в случае 47 Uta, давности), эмоциональные послания есть уникальная и нестареющая информация именно о землянах и в целом о нашей цивилизации. Существенно, что при использовании языка музыки и терменвокса для её генерации, творческий процесс создания радиопосланий становится более доступным для тех, кто желал бы обратиться к "Другим".

Резюмируя, перечислим характерные черты данного проекта:

1. Передаваемое сообщение ориентировано на восприятие одноканальными органами чувств, аналогичными слуху, в отличие от

предыдущих посланий, предполагающих наличие способности к "визуальному"(параллельному) восприятию изображений.

2. Передаваемая информация представляется в аналоговой форме.

3. Использование языка музыки, как универсального средства самовыражения и, предположительно, межцивилизационного общения.

4. Использование терменвокса, бесконтактного музыкального инструмента, в качестве источника наиболее оптимального сигнала.

5. Перенос сигналов терменвокса на несущую частоту путём модуляции с одной боковой полосой.

6. Высокая помехоустойчивость передаваемого сообщения, позволяющая воспринимать даже его фрагменты, в отличие от предыдущих посланий, где необходим безошибочный приём всех символов.

7. Передаваемая информация уникальна, как уникально индивидуальное интеллектуальное творчество и заведомо неизвестна абоненту.

8. Относительная доступность творческого процесса составления музыкальных посланий, позволяющая приобщить к нему желающих.

9. В качестве адресата впервые выбрана звезда с планетой-гигантом, обращающейся по почти круговой орбите за "поясом жизни".»

Из статьи Л. Н. Филипповой «Выбор звёзд-адресатов для первого детского радиопослания внеземным цивилизациям»:

В основу выбора звезд-адресатов для целенаправленных радиопосланий с Земли технологическим внеземным цивилизациям были заложены критерии, предложенные для SETI (поиска внеземных цивилизаций) американскими учеными Д. Содербломом и С. Доулом. Эти критерии задавали ограничения на массы и светимости звезд главной последовательности, спектральные классы, лучевые скорости звезд, удаленность от Солнца (не более 25 парсек) и, в совокупности, ориентировались на возможность существования цивилизаций на гипотетических планетах "в зонах жизни" у солнцеподобных звезд, возраст которых превышал 3 млрд. лет.

Дополнительно задавалось условие, чтобы звезды были доступными как для наведения передающей антенны в Евпатории (РТ-70) так и для наблюдений на небе на широте Москвы.

Перечислим критерии, намеренно более жесткие, чем для программ SETI, в плане ограничений возрастов звезд, спектральных классов, светимостей и лучевых скоростей, которыми мы руководствовались при окончательном выборе звезд-адресатов:

1) **Звезда должна принадлежать к главной последовательности (V) и иметь постоянную светимость (L^*), допускающую наличие "экосферы" звезды ("пояса жизни"). Были априорно приняты ограничения на светимости звезд: $0.6 L_{\text{sun}} < L^* < 2.1 L_{\text{sun}}$, что вместе соответствует спектральным классам звезд-кандидатов от F7V - F8V до G8V.**

По Доулу, у звезд меньших светимостей границы экосфер сужаются от ширины 0.26 а.е., вплоть до исчезновения у красных карликов, что сильно уменьшает вероятность формирования планет с благоприятными условиями именно в этих узких поясах.

Спектральный класс Солнца G2V. Звезды отбирались приблизительно солнечного типа - "солнцеподобные", т.к. по мнению специалистов звезды "первого поколения" (субкарлики) имеют низкое содержание тяжелых элементов и могут быть не в состоянии сформировать твердые землеподобные планеты.

2) **Возраст звезды T^* (время прожитой жизни на главной последовательности) был априорно ограничен: ~ 4 млрд. лет $\ll T^* \ll 7$ млрд.**

лет (из двух разных оценок возраста звезды разных авторов предпочтение отдавалось оценке, попадающей в эти границы. Для звезд младше **Солнца (5 млрд. лет)** предпочтение отдавалось звездам с оценкой **возраста не меньше возраста Земли (4.6 млрд.лет)**).

Таким образом, мы допускаем возможность общего "окна радиоконтакта" с цивилизацией идущей ускоренным путем эволюции у звезды моложе нашего Солнца на 1 миллиард лет, но не на 2, как в программах SETI.

С другой стороны, мы вполне допускаем, что старт к разуму на обитаемых планетах, может начаться и значительно позднее, чем это произошло на Земле. А звезды таких обитаемых миров могут быть старше нашего Солнца, скажем на 1 - 2 млрд. лет (т. е. на планетах у звезд, проживших на главной последовательности 5,5 – 6,5 млрд. лет). Тогда к достижению звездой возраста, превышающего 7 млрд. лет, эти цивилизации, в случае технологического пути развития, все равно обгонят уровень нашей на сотни миллионов лет и более. Вряд ли подобные и еще более древние ("старшие") цивилизации будут продолжать пребывать в "окне радиоконтакта"... Поэтому верхняя граница возраста звезд была априорно ограничена в 7 миллиардов лет. Конечно, это весьма уязвимые рассуждения, но за них пока примеры "возрастов" Солнца, Земли и нашей цивилизации.

3) Из рассмотрения исключались высокоскоростные звезды, имеющие лучевые скорости выше **50 км/сек.**

Критерий на ограничение лучевых скоростей звезд, исключаящий из рассмотрения звезды с пространственными скоростями 65 км/сек, был предложен Д. Содербломом..., в которой обосновывается составленный им список 63 звезд северного неба для SETI. Автор отмечает, что "жестких критериев металличности не применялось. Но высокоскоростные звезды были исключены, поскольку они, как правило, имеют низкое содержание металлов". Напомним, что металлами в астрофизике принято считать элементы с атомной массой, большей чем у гелия. А царство живого на планетах в "поясе жизни звезды" - это сложнейшие сцепления тяжелых элементов. Мы ввели еще более жесткое ограничение на лучевые скорости, исключив из рассмотрения звезды с лучевыми скоростями более 50 км/сек. В пользу этого решения - пример нашего Солнца и статистика звезд с обнаруженными экзопланетами. В "Extra-solar Planets Catalog", на 11 марта 2002 года приведен список 69 звезд с подтвержденными экзопланетами. Поскольку данные этого каталога ежемесячно обновляются, можно говорить лишь о "текущем проценте" звезд с экзопланетами, имеющих лучевые скорости менее 50 км/сек. Таковых звезд в каталоге 91.5 %, причем, у преобладающего большинства звезд уже из этого числа (у 93%) лучевые скорости меньше 40 км/сек. Скорость движения Солнца со свитой планет, из которых одна обитаемая, относительно окружающих звезд до 6m равна 19.5 км/сек и оно летит в направлении созвездия Геркулеса.

4) Для звезд с экзопланетами предпочтения отдавались тем из них, у **которых эксцентриситеты орбиты**, проходящей внутри расчетной экосферы (по Доулу) или в относительной близости от нее, не превышали **0.2**, чтобы исключались разрушительные воздействия на гипотетически существующие земноподобные планеты в зоне экосферы. В основу анализа выбора для радиопосланий звезд с экзопланетами был положен "Extra-solar Planets Catalog", поддерживаемый в Интернете Дж. Шнейдером. Ко времени отправки Первого детского радиопослания были открыты 66 экзопланеты у 58 звезд, ко времени написания этой статьи (март 2002 г.) добавились открытия еще у 11 звезд, и таким образом, уже известны 77 экзопланет у 69 звезд. Из их числа в список звезд-адресатов по независимым предложениям была включена звезда номер 47 из

созвездия Большой Медведицы, у которой в настоящее время обнаружены 2 экзопланеты с эксцентриситетами в пределах данного критерия.

5) **Предпочтение отдавалось выбору одиночных звезд.** Однако, не исключались из рассмотрения и некоторые из близких визуально-двойных звезд, разделение компонент в которых больше нашей Солнечной системы. Например, в список звезд-адресатов была включена HD 197076, звездные компоненты которой разделяют 2500 астрономических единиц.

6) **Звезды-адресаты должны быть относительно близкими,** в пределах расчетной достижимости земного информационного сигнала антенн инопланетной цивилизации, подобных антенне РТ-70. Это требование ограничивает радиус выбора звезд до ~ 70 , максимум 100 световых лет (т.е. до 21.5, максимум, до 30.7 парсек). Опираясь на приведенные цифры расчетов А.Л.Зайцева в статье "Радиовещание для внеземных цивилизаций", и с учетом, что радиопослание носит информационный характер, выбор звезд для Первого детского радиопослания был ограничен числом 7 звезд и радиусом в пределах 70 световых лет. Однако, в расширенный список звезд кандидатов, распределенных по 4 приоритетам, включены несколько звезд до расстояния 30.7 парсек.

Следует отметить, что за принятым пределом ограничения по расстоянию ~ 70 световых лет (21.5 парсек), число привлекательных звезд (по остальным критериям) в качестве кандидатов на возможность существования около них гипотетических внеземных цивилизаций значительно возрастает. А современные методы позволяют уже обнаруживать экзопланеты у звезд на расстояниях до 78 парсек. Например, у звезды HD 4203 удаленной на 252,6 световых года (77,5 парсек) на расстоянии 1,09 а.е. (практически, удаленности Земли от Солнца!) обнаружена экзопланета с массой всего лишь в 1.6 раз большей массы Юпитера (!).

7) При анализе данных кандидата в звезды-адресаты **принималось во внимание близость звезды к выделенным земной астрономией замечательным направлениям: к эклиптике, в центр или антицентр Галактики, проекция или близость звезды-адресата (или Солнца оттуда) на замечательные объекты Галактики.**

8) Задавалось условие: **звезды адресаты должны быть доступны наблюдениям** на широтах как пункта отправки радиопослания с РТ-70 из Евпатории ($\varphi = \sim 45^\circ$), так и Москвы ($\varphi = \sim 56^\circ$).

Из интервью А.Л. Зайцева «Астроном обращается к другим цивилизациям» для Интернет-портала космических новостей "Space Daily" (Astronomer Speaks Up For ET, <http://www.spacedaily.com/news/seti-02b.html>)

Пока одни учёные тщательно продумывают, как отвечать на будущие послания внеземных цивилизаций, другие не ждут сигналов к началу разговора. Отправление посланий с Земли в космос, возвещающих о нашем существовании, есть нечто довольно редкое и дискуссионное. Цифровая информация была отправлена в космос с радиолокационных телескопов, а четыре космических аппарата покидают Солнечную систему, неся на борту послания для всякого, кто их обнаружит. Официальная позиция Института SETI в США, а также астрономов, занимающихся SETI, состоит в том, чтобы хранить молчание и пассивно прослушивать космос. Но конструктор посланий д-р Доуг Вэкоч заметил в своём недавнем интервью в SpaceDaily (Doug Vakoch's And Lands Beyond Beyond, August 23, 2002), что такая политика не является юридически обязательной для всех.

Русский профессор Александр Зайцев как раз астроном с другой позицией. В 1999 году он руководил отправкой послания с одного из наиболее мощных в

мире передатчика дальней космической связи, а в 2001 году он был научным руководителем разработки и реализации проекта, известного как Детское радиопослание (Teen Age Message, или ТАМ, в английской транскрипции).

Коллектив, возглавлявшийся профессором Зайцевым, использовал подход к созданию посланий, сильно напоминающий приём, который был впервые применен в классическом Аресибском послании 1974 года, где цифровой сигнал был сконструирован для сложения в кадры двоичного изображения, включавшие в себя описания молекулы ДНК и Солнечной системы, фигуру человека и др. Двое канадских учёных, Айвен Дайтил и Стефани Думэс, разработали текст 23-страничного наглядного послания, которое было отправлено к четырём звёздам в 1999 году.

Другой подход был использован в проекте Детского радиопослания (ДРП) 2001 года, где содержалась музыка, исполнявшаяся на электромузыкальном инструменте терменвоксе (наиболее известном по его появлению в песне "Good Vibration" группы "Beach Boys"). Юные создатели ДРП включили также в его состав двоичные пиктограммы, изображающие людей и окружающий нас мир.

Свои взгляды профессор Зайцев излагает в ответах на вопросы нашего австралийского корреспондента д-ра Мориса Джонса.

Вопрос: Институт SETI в Калифорнии проповедует политику ожидания Сигнала для последующего ответа. Вы же передавали до того, как какой-нибудь сигнал от инопланетян был получен. Что Вы думаете о политике Института SETI?

Ответ: В моей первой статье, посвященной METI (METI - сокращение от Messages for Extra Terrestrial Intelligence), опубликованной в 1999 году на русском языке, я задавал вопрос: а что, если все во Вселенной такие же "мудрые", как мы, земляне, и предпочитают стратегию "только подслушивания", то, как вообще обнаружить братьев по разуму? Ведь никто же не излучает! Может быть объяснение Парадокса Ферми ("Если Другие существуют, то почему мы их не можем обнаружить?") как раз и связано с тем, что всюду во Вселенной возобладала такая неальтруистическая позиция. Я считаю политику Института SETI не научно обоснованной, а сектантской.

Вопрос: Как выбираются звёзды для ваших радиопередач?

Ответ: Это очень интересный процесс. Во время подготовки проекта ДРП российские школьники и студенты проводили очень тщательный отбор среди соседних звёзд. Учитывались возраст звезды, её спектральный класс, возможное наличие планет. Анализировалось также присутствие каких-нибудь замечательных радиоастрономических объектов в направлении на Солнце, если смотреть с данной звезды. Это позволяет надеяться на наше случайное обнаружение при изучении ими этих интересных естественных радиоисточников.

Вопрос: Какие природные явления использовались для кодирования посланий? Есть ли наиболее предпочтительные виды модуляции сигнала?

Ответ: Источником радиоизлучения являлись 70-м антенна и передатчик Евпаторийского планетного радиолокатора (ЕПР), наиболее мощного в Старом Свете. Только радары в Аресибо, Пуэрто-Рико и Голдстоуне, Калифорния имеют большую дальность действия. Центральная частота ЕПР равна 5 ГГц, что соответствует длине волны 6 см. Это как раз одна треть от 18 см, замечательной космической радиолинии гидроксила. В свое время я обосновывал, что вариации частоты являются наиболее предпочтительной формой переноса аналоговой информации, а скачки частоты (частотная манипуляция) - цифровой информации.

Вопрос: Если вдруг завтра будет принят сигнал от внеземного субъекта, стали бы Вы отвечать? Какого рода посланием Вы бы откликнулись?

Ответ: Прежде всего, я бы сразу отправил "зеркальное" послание, ретранслирующее полученную информацию. Потом я бы отправил им ответы на

их вопросы, но это при условии, что процесс дешифровки их послания оказался нам по силам. Если же нет, я послал бы им наше собственное послание, где постарался объяснить, что их сигнал получен и попросил бы немного подождать с ответом на их вопросы до тех пор, пока мы их не осмыслим.

Вопрос: Доуг Вэкоч из Института SETI говорит о том, что отклик инопланетян придется ждать так долго, что к тому времени и человечество может исчезнуть. Вы, тем не менее, в своих посланиях просите инопланетян ответить. Как долго, по Вашему предположению, ждать ответного отклика?

Ответ: Ну, к подобному умозаключению могут самостоятельно придти миллионы грамотных людей, знающих размеры Вселенной. По мне, так основная цель нашего радиовещания - принести другим цивилизациям долгожданную весть "Вы не одни!" И если все во Вселенной будут следовать этой этической формуле, тогда есть надежда, что однажды и мы тоже получим такую весть. Причём вовсе не обязательно, что это будет ответ нашего корреспондента, скорее всего это будет кто-то третий.

Вопрос: Ваше мнение о том, удастся ли кому из инопланетян перехватить наши космические зонды и извлечь оттуда наши послания (например, содержимое диска "Вояджера")?

Ответ: Хочется на это надеяться! Но независимо от исхода, сам по себе процесс создания и отправления межзвёздных посланий является очень интересным и познавательным занятием.

Библиография

- Гиндилис Л.М., Пановкин Б.Н. Пионер SETI // Информационный бюллетень НКЦ SETI. 1997. № 12
- Гиндилис Л. М., Гурьянов С. Е., Зайцев А. Л. и др. Сигнал отправлен: 1-е Детское радиопослание внеземным цивилизациям // Вестник SETI. 2003. № 3/20
- Доул С. Планеты для людей. М., 1974
- Зайцев А. Л. Радиовещание для внеземных цивилизаций: Информационный бюллетень SETI. 1999. № 15
- Зайцев А. Л. Одномерное радиопослание «незрячим» абонентам // Информационный бюллетень SETI. 2001. № 17
- Зайцев А. Л. Модель межзвёздного радиовещания и структура посланий другим цивилизациям / Всероссийская астрономическая конференция: Тезисы докладов. СПб., 2001
- Зайцев А. Л. Язык радиопосланий другим цивилизациям // Вестник SETI. 2002. № 2/19
- Зайцев А. Л., Браастанд Р. Синтез и передача межзвёздного радиопослания Cosmic Call 2003 // Вестник SETI. 2003. № 5/22
- Здравствуй, Галактика: Труды Школы-семинара. М., 2001
- Маковецкий П. В. Смотри в корень. М., 1979
- Пановкин Б. Н. Некоторые общие вопросы проблемы внеземных цивилизаций // Внеземные цивилизации. М., 1969
- Пшеничнер Б. Г. Проект Первого детского послания внеземным цивилизациям // Звездочёт. 2001. № 1
- Шварцман В. Ф. Поиск внеземных цивилизаций - проблема астрофизики или культуры в целом? / Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986
- Filippova L.N., Strel'nitskij V.S. Ecliptic as an "attractor" for SETI // Astron.Tsirk. 1988. № 1531
- Filippova L.N. A list of near-ecliptical sun-like stars for the "ZODIAC" SETI-program // Astron.Tsirk. 1990. № 1544

Ostro S. Project Moonbeam: An Omnidirectional Radio Beacon for the Lunar Farside // JPL. 1989. October
Sagan C., Drake F. The Arecibo Message of November 1974 // Icarus. 1975. V. 26
Soderblom D. A "short list" of SETI candidates // Icarus. 1986. V.67
Zaitsev A. A Teen-Age Message to the Stars. SearchLites. 2003. V. 9. № 1;
<http://www.setileague.org/articles/tam.htm>
Интернет-портал SpaceDaily: <http://www.spacedaily.com>
Радиопослания внеземным цивилизациям:
<http://www.cplire.ru/win/ra&sr/index.html>
Interstellar Radio Messages: <http://www.cplire.ru/html/ra&sr/index.html>

Тема № 325(113)

Эфир 03.12.03

Хронометраж 40:10