

Л. М. Гиндилис

SETI:

Поиск Внеземного Разума



М о с к в а

Физматлит

2 0 0 4

ББК 22.63
Г 49
УДК 524 (023)

Гиндилис Л. М. SETI: ПОИСК ВНЕЗЕМНОГО РАЗУМА. —
М.: Изд-во физико-математической литературы, 2004. — 648 с. —
ISBN 5-94052-068-X.

Научно-популярное изложение о поиске внеземного разума. Рассказывается о методах поиска внеземных цивилизаций, об экспериментах по поиску сигналов. Рассматриваются астрономические, биологические, философские аспекты проблемы.

Книга доступна читателю со средним образованием. Она не требует никаких специальных знаний. Вместе с тем, это не легкое, занимательное чтение. От читателя требуются определенные усилия. Это попытка серьезного разговора, соразмышления с читателем.

Научный редактор В. Г. СУРДИН

ISBN 5-94052-068-X

© Л.М. Гиндилис, 2004
© Изд-во физико-математической
литературы, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
SETI ИЛИ СЕТИ?	12
ВВЕДЕНИЕ	13

ГЛАВА 1. Поиски внеземных цивилизаций

1.1. Радиосвязь на волне 21 см	17
1.2. Проект «Озма»	23
1.3. «Секретная» конференция в Грин Бэнк. Учреждение Ордена Дельфина	32
1.4. Поиск сигналов от сверхцивилизаций	34
1.5. Две стратегии поиска сигналов	44
1.6. Сигнал готовности	51
1.7. Первые шаги. СТА-102	56
1.8. Мистериум, пульсары и «зеленые человечки»	66
1.9. Радиопоиск: век двадцатый	77
1.10. Оптический канал связи	91
1.11. Неэлектромагнитные каналы	100
1.12. Поиски астроинженерной деятельности	112
1.13. Зонды Брейсуэлла и радиоэхо с длительными задержками	120
1.14. Послание внеземным цивилизациям	136
1.15. Межзвездные перелеты	155
1.15.1. Формула Циолковского	156
1.15.2. Фотонный корабль	157
1.15.3. Путешествие без возвращения... ..	163
1.15.4. Есть ли надежда?	165
1.16. Типы контактов и пути поиска внеземных цивилизаций	166

ГЛАВА 2. Вселенная вокруг нас

2.1. Как устроена Вселенная	175
2.1.1. Солнечная система — дом, в котором мы живем	175
2.1.2. Мир звезд	191
2.1.3. Как рождаются, живут и умирают звезды	204
2.1.4. Звездная система — Галактика	217
2.1.5. Другие галактики	228

2.1.6. Метагалактика	238
2.2. Эволюция Вселенной	240
2.2.1. Вселенная расширяется	241
2.2.2. Горячая Вселенная	259
2.2.3. Первичный импульс	270
2.2.4. Образование структуры Вселенной	281
2.2.5. Будущее Вселенной	284
2.3. Беспредельный Космос	289

ГЛАВА 3. Человек и Вселенная

3.1. Шкала масштабов и шкала времени	298
3.2. Система «Гоя»	299
3.3. Вселенная как обитаемая система	307
3.4. Кто задает физические постоянные?	312
3.5. Антропный принцип	317
3.5.1. Становление антропного принципа	317
3.5.2. Ансамбль миров. Что объясняет и чего не объясняет антропный принцип	319
3.5.3. Не замешан ли человек в проектировании Вселенной...? ..	321
3.5.4. Является ли антропный принцип антропоцентрическим? ..	324

ГЛАВА 4. Множественность обитаемых миров

4.1. От античности до наших дней	330
4.2. Жизнь в Космосе	347
4.2.1. Что такое жизнь?	347
4.2.2. Земная жизнь	351
4.2.3. Происхождение жизни на Земле	364
4.2.4. Химия и физика чужой жизни	377
4.2.5. Жизнь на планетах и в межзвездной среде	387
4.3. Сколько цивилизаций во Вселенной?	402
4.3.1. Формула Дрейка	405
4.3.2. Оценка факторов, входящих в формулу Дрейка	409
4.3.3. Время жизни коммуникативных цивилизаций (длительность коммуникативной фазы)	430
4.3.4. Обобщение формулы Дрейка. Статистический подход ..	435
4.4. Уникальна ли наша цивилизация?	442
4.5. Антропный принцип и множественность обитаемых миров ..	451

ГЛАВА 5. Эволюция космических цивилизаций

5.1. Что такое космическая цивилизация	455
5.2. «День страшного суда» или чему учит земной опыт	464
5.2.1. Экспонента и ее свойства	465
5.2.2. Развитие энергетики на Земле	468

5.2.3. Рост народонаселения	469
5.2.4. К чему приводят математические модели	480
5.3. Экспансия в Космос?	483
5.3.1. Техническая экспансия	483
5.3.2. Информационная экспансия в другие макромиры	493
5.4. Альтернативный путь	497
5.4.1. Модели эволюции КЦ	498
5.4.2. Космокреатика и автоэволюция	505
5.4.3. Гетерономная эволюция: путь к Метацивилизации	517
5.5. Космический субъект Лефевра	520
5.5.1. Математическая модель Лефевра	521
5.5.2. Золотое отношение	524
5.5.3. Саморефлексирующий субъект	525
5.5.4. Термодинамическая модель субъекта	527
5.5.5. Модель музыканта	531
5.5.6. Космический субъект	532

ГЛАВА 6. Молчание Вселенной

6.1. Астросоциологический парадокс	536
6.2. Почему мы не наблюдаем сигналов ВЦ?	
Слабая форма АС-парадокса	539
6.3. Космическое чудо	548
6.4. Где Они? Парадокс Ферми	557
6.5. Парадокс или проблема? Логическое осмысление ситуации	565

ГЛАВА 7. SETI в СССР и России

7.1. Начнем с истории	570
7.2. Поиск сигналов и сопутствующие исследования, 1970–1990	572
7.2.1. Поиск импульсных позывных с ненаправленными антеннами	573
7.2.2. Исследование статистической структуры излучения мазерных источников ОН	575
7.2.3. Оптимальный диапазон для межзвездной связи	577
7.2.4. Радиосвязная стратегия SETI	580
7.2.5. Поиск оптических сигналов	582
7.2.6. Поиск астроинженерной деятельности	583
7.2.7. Каталог SETI-объектов	583
7.2.8. Радиолокация точек Лагранжа	584
7.2.9. Радиотелескопы для SETI	584
7.3. Теоретические исследования, 1970–1990	586
7.3.1. Множественность обитаемых миров. «Парадокс Ферми»	586
7.3.2. Модели развития космических цивилизаций	588
7.3.3. Проблемы контакта	588
7.3.4. Межзвездные перелеты	590

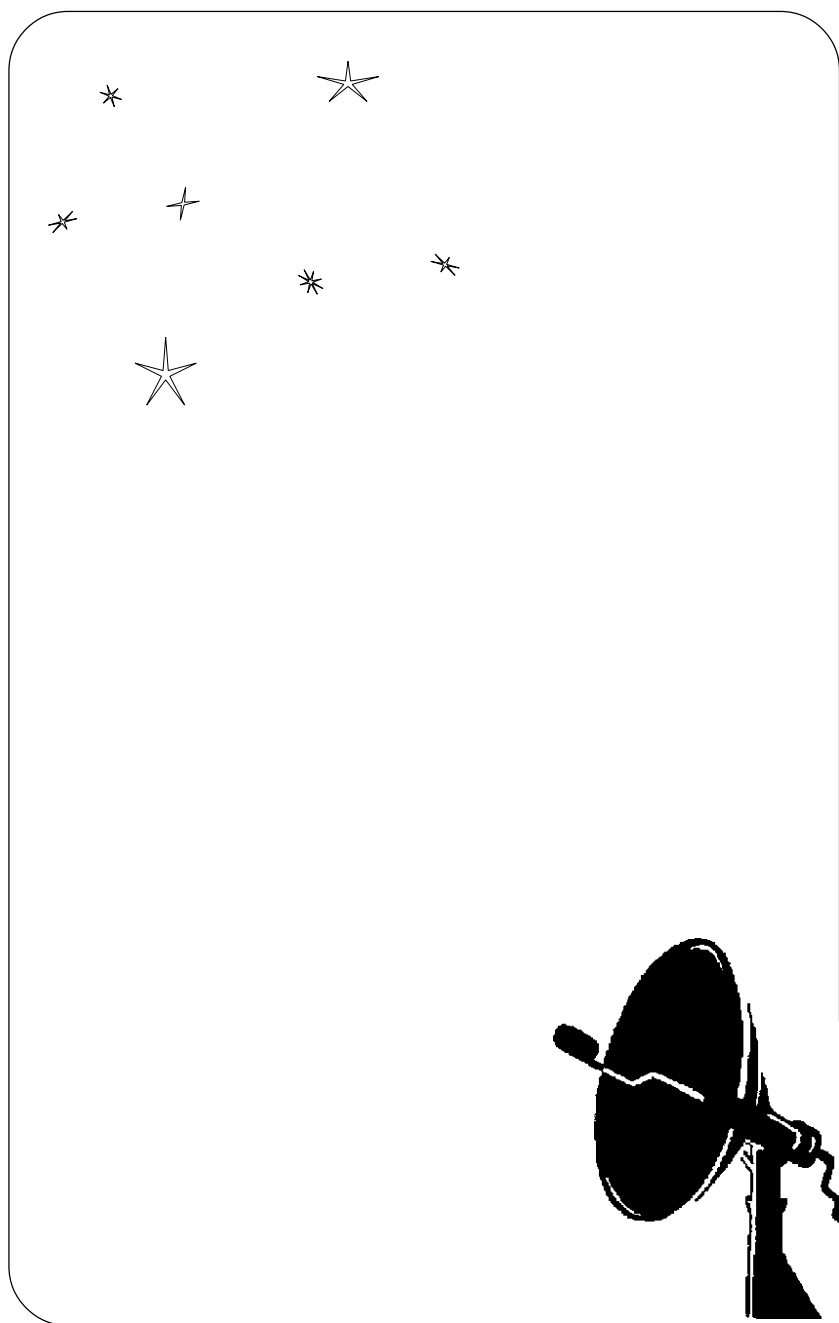
7.3.5. Философия и SETI	591
7.3.6. Является ли SETI проблемой астрофизики или культуры в целом?	591
7.4. Последнее десятилетие XX века	591
7.4.1. Поиск радиосигналов от солнцеподобных звезд	592
7.4.2. Поиск оптических сигналов продолжается	593
7.4.3. Поиск сфер Дайсона	593
7.4.4. Передача радиосообщений внеземным цивилизациям ...	594
7.4.5. Стратегия SETI	594
7.4.6. Поиск артефактов	596
7.4.7. Аксиоматика SETI	598
7.4.8. Последняя работа В. С. Троицкого: происхождение жизни во Вселенной; теория населенности Галактики ...	599
7.4.9. Семантическая Вселенная Лескова	600
7.4.10. Космический субъект, Быстрый барстер и черные дыры ...	602
7.4.11. Космология и SETI. Зеркальное вещество и топологические туннели	606
7.4.12. Научно открываемый Бог	608
7.5. Организации SETI в России	610
7.6. Педагогика SETI	610
Подведем итоги	612

ГЛАВА 8. SETI на рубеже веков

Новая картина мира	615
Что изменилось в астрономии	617
Перспективы SETI	618

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Книги по SETI на русском языке	621
2. Список библиографий по SETI	636
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	641



Хвала дерзновению проникла широко. Самые малые ученики обратились на путь исканий и пришли к Нам с разбором их устремлений. Каждый принес свои мечты: я разрушу все земные храмы, ибо истина не нуждается в стенах; я орошу все пустыни; я открою все тюрьмы; я уничтожу все мечи; я проведу все пути; я утру все слезы; я обойду все земли; я напишу книгу человечества; но самый маленький обратился к зажигающимся звездам и сказал: «здравствуйте, братья»... Утвердиться в этом дерзании привета — путь Вселенной.

Древняя легенда

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мысль написать книгу о поисках внеземных цивилизаций зародилась у меня давно, но различные обстоятельства не позволяли осуществить ее. Со временем необходимость в такой книге, как мне кажется, возрастала. С момента выхода книги И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум» (первое издание появилось в 1962 г., последнее, шестое издание, — в 1987 г.) прошло немало лет. Исследования в области SETI (так стали называть проблему поиска внеземных цивилизаций) продолжали развиваться, были сделаны важные открытия в смежных областях науки. Пришло время дать новый современный срез этой проблемы. Между тем серьезных научно-популярных книг по проблеме SETI на русском языке не было издано. Я решил восполнить этот пробел. Собственно, авторы очень часто указывают подобную причину. Но есть и некоторые дополнительные обстоятельства.

Так получилось, что я оказался вовлеченным в проблему SETI с первых шагов ее становления. В 1964 г. я участвовал в 1-м Всесоюзном совещании по внеземным цивилизациям, затем в 1971 г. — в 1-й советско-американской конференции по этой проблеме; в течение 25 лет я был ученым секретарем секции «Поиски космических сигналов искусственного происхождения» Научного совета по радиоастрономии АН СССР, затем председателем этой секции. В настоящее время руковожу Научно-культурным центром SETI. Мне довелось участвовать в экспериментальных работах по поиску радиосигналов ВЦ, быть участником многих дискуссий и обсуждений по проблеме SETI. Одним словом, накопился некоторый опыт, которым можно было поделиться. Так что я, в некотором смысле, даже чувствовал обязанность написать книгу. Это чувство усиливалось от сознания того, что многие, кто стоял у истоков пробле-

мы, уже покинули этот мир. В жизнь вступает новое поколение исследователей SETI. Появились новые интересные идеи и подходы. Но вместе с тем прежний опыт начинает уже забываться. Мне не раз приходилось наблюдать, как в дискуссиях люди задаются теми же самыми вопросами, которые волновали и пионеров SETI много лет назад, и пытаются заново найти на них ответы, не принимая во внимание опыт и результаты прежних обсуждений, в которых принимали участие выдающиеся ученые. Я думаю, надо добиться того, чтобы не была утрачена связь времен. И это одна из задач, которые я ставил перед собой.

Несколько слов о характере книги. Она написана в жанре научно-популярной литературы. Книга доступна читателю со средним образованием. Она не требует никаких специальных знаний. В тех случаях, когда мне приходилось вводить специальные термины и понятия, я всегда стремился дать им подробное объяснение. Конечно, мне хотелось, чтобы книга читалась с интересом. Но это не значит, что она представляет собой легкое, занимательное чтение. Нет, от читателя требуются определенные усилия. Это попытка серьезного разговора, соразмышления с читателем на волнующие темы.

По своему характеру проблема SETI — междисциплинарная, некоторые относят ее к числу общенаучных, а В. Ф. Шварцман убедительно доказывал, что она является предельно широкой — относится к культуре в целом. Неудивительно поэтому, что ею интересуются люди самого различного склада — и гуманитарии, и те, кто склонен к точным наукам, и естественники, и философы, люди с философским складом ума, и те, кого называют «технарями». Это создает определенные трудности при изложении проблемы. Приходится иметь в виду разные планы. Для решения этой задачи я использовал, наряду с обычным, еще и мелкий шрифт. Дополнительные детали, подробности, в том числе фрагменты текста с математическими формулами, даются мелким шрифтом. Читатель может, вообще, пропустить их без ущерба для понимания последующего текста. При желании он может вернуться к этим частям или совсем не возвращаться к ним. Но для определенной категории читателей эти подробности и детали, как я думаю, могут быть интересны.

Обычно в популярной литературе не принято давать литературные ссылки. Мы сочли все же необходимым отойти от этой традиции. Чтобы не затруднять читателя перелистыванием страниц, мы даем их не в конце книги, а в виде подстрочных примечаний. В конце каждой главы приводится список рекомендуемой литературы, в основном, научно-популярного характера. В конце книги мы приводим обзор библиографических указателей литературы по SETI и аннотированный список книг по проблеме SETI на русском языке, а также именной указатель.

Принята следующая нумерация рисунков и таблиц: первые цифры указывают номер главы и параграфа, последние — порядковый номер рисунка (таблицы) в данном параграфе. Деление параграфа на пункты в нумерации не учитывается.

Я хочу выразить благодарность ответственному редактору книги В. Г. Сурдину, который очень придирчиво редактировал текст, внес множество уточнений и важных замечаний. Я благодарен А. Ф. Топунову и В. В. Бурдюжа, которые взяли на себя труд просмотреть отдельные части рукописи и внесли ценные замечания. Благодарю О. А. Меньшикову за помощь в подготовке рукописи к изданию.

Февраль 2001

Л.М.Гиндилис

SETI или CETI?

В литературе по проблеме «Внеземные цивилизации», наряду с термином SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence — поиск внеземного разума), используется также термин CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence — связь с внеземным разумом). Исторически первым появился термин CETI. Он был предложен в 1965 г. профессором Рудольфом Пешек (R. Pesek), председателем Комиссии по астронавтике Чехословацкой Академии наук. Р. Пешек был первым председателем Комитета CETI Международной Академии Астронавтики (МАС). Термин CETI продержался приблизительно до середины 70-х годов, когда он постепенно стал вытесняться термином SETI. Основанием для такой замены послужило, вероятно, то обстоятельство, что прежде чем говорить об установлении связи с внеземными цивилизациями, их необходимо обнаружить. Следовательно, поиск должен предшествовать установлению связи.

В этой книге употребляется, в основном, термин SETI, за исключением тех случаев, когда мы ссылаемся на источники, где использовался термин CETI.

ВВЕДЕНИЕ

Как неслыханно красиво мыслить о кооперации с дальними мирами. Эта кооперация, начатая сознательно, вовлечет в орбиту сношения новые миры, и этот небесный кооператив будет расширять бесконечно свои возможности. ... Пробуждаясь, помните о дальних мирах, отходя ко сну, помните о дальних мирах. ... Новый мир нуждается в новых границах. У идущих должна быть дорога. Разве она узка по всему небосклону?

«Община»¹

Жажда общения с дальними мирами даст возможность приобщиться к течению Космоса

«Беспредельность»²

Когда зовем в дальние миры, то не для отвергания от жизни, а для открытия новых путей

«Беспредельность»

Есть ли что-либо более волнующее на свете, чем вид звездного неба в ясную безлунную ночь, вдали от городских огней? Проходят века и тысячелетия, уходят, погружаются в Лету бушующие в них человеческие страсти, а звезды, как символы Вечности, продолжают сиять на небесном своде, вызывая неясные предчувствия и надежды. В чем притягательная сила, в чем очарование этих бесчисленных крошечных огней, блистающих в ночи? Быть может, в том, что они отмечают очаги Разума во Вселенной? Не связаны ли они с самой тайной нашего существования? Кто мы? Зачем мы здесь, на Земле? Откуда пришли и куда идем? В чем смысл, какова цель нашего существования? Станные вопросы... Вечные вопросы, над которыми тысячелетиями бьется пытливая человеческая мысль.

«Мы живем более жизнью Космоса, чем жизнью Земли, так как Космос бесконечно значительнее Земли», — писал К. Э. Циолковский³. Мало кто сознает значение этой связи, но предощущение ее, по-видимому, психологически присуще человеку.

¹ Одна из книг «Живой Этики» — Учения, созданного Е. И. и Н. К. Рерихами в сотрудничестве с Духовными Учителями Индии.

² Одна из книг «Живой Этики».

³ Циолковский К.Э. Причина Космоса. — Калуга, 1925. С. 9.

В те далекие времена, когда господствовало мифологическое сознание, Небеса были населены Богами и Героями. Боги спускались на Землю и вступали в общение с людьми, а земные Герои приобщались к Богам и поселялись среди Них. Потом эта связь прервалась...

По мере того, как рационалистическая наука нового времени постепенно очерчивала перед нами контуры окружающего мира, у людей появились новые надежды. Когда Земля была низведена до положения *одной из* планет Солнечной системы, возникла убежденность в обитаемости других планет. Возможно, этому способствовало то, что крушение геоцентрической системы мира совпало по времени с эпохой великих географических открытий. Европейская цивилизация открывала для себя новый мир — мир нашей планеты. Просвещенное человечество было уверено, что так же как на вновь открываемых островах и землях живут незнакомые племена людей, точно так же на других небесных телах должны обитать прирующие им племена разумных существ.

Тогда же появились первые проекты достижения планет с помощью ... птиц, воздушных шаров и пушечных ядер. Эти наивные проекты, способные вызвать у современного читателя лишь улыбку, происходили от избытка энтузиазма при недостатке научных знаний. По-видимому, главным мотивом этих исканий было все то же подсознательное стремление людей чувствовать, что мы не одиноки на своей крошечной планете Земле в беспредельном пространстве Космоса.

Пожалуй, первым научным проектом по установлению связи с обитателями других планет можно считать предложение известного математика Ф. Гаусса — вырубить в тайге гигантский участок леса в форме фигуры, иллюстрирующей теорему Пифагора, и засеять ее пшеницей. По цветовому контрасту с окружающей тайгой такой участок должен быть хорошо замечен при наблюдении в телескоп с соседних планет. Увидев знакомую фигуру теоремы Пифагора на участке планеты, где ранее этого не наблюдалось, инопланетные астрономы должны понять, что на Земле живут разумные существа, которые подают им сигнал о своем существовании. Примерно в то же время с аналогичной идеей выступил австрийский астроном Йозеф Иоганн фон Литтров; он предложил вырыть в пустыне Сахара каналы в форме правильных геометрических фигур, заполнить их водой, налить на поверхность воды керосин и поджигать по ночам. Выдвигалась также идея сигнализировать инопланетянам с помощью больших зеркал, отражающих солнечные лучи.

Эти проекты в первую очередь, были рассчитаны на марсиан. По своим «глобальным» характеристикам Марс очень напоминает Землю. Диаметр его всего вдвое меньше земного; период вращения вокруг оси, приводящий к смене дня и ночи, составляет $24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 23^{\text{s}}$ (у Земли $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}}$); наклон экватора к плоскости орбиты, обуславливающий смену времен года, равен $25^{\circ}11'$ (у Земли $23^{\circ}26'$). Эти данные были хорошо известны в XIX веке, и такое совпадение производило сильное впечатление. Представление об обитаемости Марса было распространено очень широко. Особенно укрепилось оно после того, как Дж. Скиапарелли открыл знаменитые марсианские «каналы»... (1877 г.). Правда, сам Скиапарелли считал их всего лишь участками суши, которые отличаются своей окраской от остальной поверхности. Но для многих людей, уверенных в обитаемости Марса, открытие «каналов» послужило убедительным подтверждением существования на нем разумной жизни. Большим энтузиастом этой идеи был американский астроном П. Ловелл, который на свои средства построил планетную обсерваторию во Флагстаффе (штат Аризона), где проводил многочисленные наблюдения Марса с помощью довольно крупного по тем временам 60-сантиметрового телескопа. Ловелл обнаружил сезонные изменения цвета марсианской поверхности. Он считал, что темные участки планеты покрыты растительностью, которая бурно разрастается с наступлением марсианской весны. Каналы, по его мнению, были построены марсианами, чтобы подводить воду для орошения растительности к засушливым экваториальным областям. Открытия Ловелла широко популяризировались и вызывали восторженный интерес. Стали создаваться общества друзей Марса, обсуждались проблемы установления контакта с марсианами. Похоже, земляне готовились к исторической встрече. Всеобщая убежденность была столь велика, что, как утверждает, Парижская Академия даже установила премию в 100 тысяч франков тому, кто первый установит прямой контакт с любым обитаемым миром, кроме Марса. Вопрос с Марсом казался практически решенным⁴. (Вероятно, срок конкурса уже истек, иначе Академии пришлось бы иметь дело с многочисленными контактантами, вступающими в общение с экипажами НЛО, прилетающими на Землю с самых различных уголков Галактики.)

Подходил к концу XIX век, на пороге стоял уже век двадцатый. В один из дней 1899 г. великий изобретатель Никола Тесла, как

⁴ Пугач А.Ф., Чурюмов К.И. Насбо без чудес. — Киев, 1987. С. 190.

обычно, работал в своей лаборатории в Колорадо-Спрингс. Вдруг он заметил чрезвычайно странные колебания напряжения электрической сети. «Изменения, которые я заметил, — писал он, — были периодическими и носили столь явный характер чисел и команд, что не могли быть вызваны ни одной известной мне в то время причиной. Мне, конечно, хорошо были известны возмущения, вызываемые Солнцем, полярным сиянием и земными токами. Но я был глубоко уверен, что наблюдаемые мною вариации не могли быть вызваны ни одной из этих причин.... Некоторое время спустя у меня мелькнула мысль, что, может быть, я наблюдал сигналы разумных существ.... У меня все более крепло ощущение, что я был первым, кто услышал приветствие от одной планеты к другой»⁵. Это сообщение было опубликовано в канун 1900 г. Оно вызвало большой шум в прессе, изобретатель подвергся всеобщему осмеянию. Никола Тесла очень тяжело переживал эти насмешки, он никогда больше не возвращался к этому вопросу и навсегда унес с собой свою тайну.

⁵ *Anderson L.I. Extra-Terrestrial Radio Transmissions // Nature. 1961. V. 190. P. 374.*

Пока насыщается пространство, посмотрим в дальние миры, почувствуем себя участниками их. ...Теперь звуки дальних миров могут быть уже скоро уловляемы

«Знаки Агни Йоги»⁶

...скоро все люди на земном шаре взглянут на небосвод с чувством любви и благоговения, взволнованные радостной вестью: Братья! Получено сообщение из другого мира, далекого и неизвестного!

Никола Тесла, 1900 г.

1.1. Радиосвязь на волне 21 см

Когда были открыты радиоволны и радиосвязь стала достоянием человеческой цивилизации, естественно, появилась мысль об использовании радиоволн для связи с обитателями других планет. В 1920 г. Г. Маркони сообщил о приеме сигналов неизвестного происхождения, он не исключал, что некоторые из них могли быть посланы с Марса. Приближалось великое противостояние Марса 1924 г. Американский астроном Дэвид Тодд предложил, чтобы во время противостояния все радиостанции земного шара прервали свои передачи, дабы не мешать приему марсианских сигналов (предлагалось отключать передатчики на 5 минут в течение каждого часа). Большинство ученых и владельцев радиостанций отнеслись к этому предложению скептически. Однако неожиданно оно получило поддержку со стороны Вооруженных Сил США. 24 августа 1924 г. командующий флотом ВМС США отдал приказ всем радиостанциям, находящимся в его подчинении, избегать вести передачи (за исключением самых необходимых случаев) и обратить внимание на возможность появления необычных сигналов. Аналогичное распоряжение было послано армейским станциям, а начальнику шифровального отдела войск связи было поручено провести расшифровку возможных сигналов. К этим мероприятиям присоединилось не-

⁶ Одна из книг «Живой Этики».

сколько частных радиостанций. Вскоре было получено сообщение о том, что чувствительные приемники в г. Ванкувере (Канада) зарегистрировали мощные сигналы. Однако, как выяснилось позднее, их источником оказался новый американский радиомаяк. Поскольку никаких необычных сигналов не было обнаружено, интерес к этой проблеме быстро иссяк.

Прошло четверть века, прежде чем идея использования радиоволн для связи с внеземными цивилизациями возродилась вновь. За этот небольшой отрезок своей истории земная цивилизация, пережившая вторую мировую войну, совершила крупный скачок в научном и техническом развитии. Одним из важных достижений стало рождение нового направления в изучении Вселенной — радиоастрономии.

В 1932 г. американский инженер Карл Янский, исследуя высокочастотные помехи на трансатлантической линии связи, обнаружил космическое радиоизлучение на волне 14,6 м, идущее из центра нашей Галактики. Астрономы были, по-видимому, совершенно не готовы к этому открытию; они просто не обратили на него внимание, и новый метод исследования Вселенной поначалу не получил должного развития. Это тем более удивительно, что еще в конце XIX века Эдисон в США и Лодж в Англии указывали на возможность излучения радиоволн от небесных объектов. Единственным человеком во всем мире, кто серьезно отнесся к открытию Янского, был Грот Ребер, американский астроном-любитель, радиоинженер по профессии. Он построил на свои средства первый параболический радиотелескоп диаметром 9,5 м и, начиная с 1940 г., приступил к систематическому исследованию космического радиоизлучения. В 1944 г. Ребер составил первую радиокарту неба в области Млечного Пути на волне 187 см, а в 1945 г. он наблюдал радиоизлучение Солнца на волне 62,5 см.

Развитие радиоастрономии сдерживалось отсутствием соответствующих технических средств — крупных радиотелескопов, которые можно было бы наводить в любую точку неба и с их помощью фокусировать слабое космическое радиоизлучение, а также отсутствием высокочувствительной приемной аппаратуры. Мощный стимул к развитию этой техники дала радиолокация. Поскольку радиолокация была связана с нуждами обороны, ее техника быстро развивалась. Появились крупные полноповоротные антенны, постоянно совершенствовалась приемная аппаратура. И то, и другое можно было использовать для радиоастрономии. Радиолокация внесла и непосредственный вклад в развитие радиоастрономии: в 1942 г. с помощью

английских военных радаров было обнаружено радиоизлучение Солнца. К концу войны техника радиолокации развилась настолько, что уже в 1946 г. была успешно проведена радиолокация Луны.

По окончании Второй мировой войны на базе развившейся радиолокационной техники стала быстро развиваться радиоастрономия. К концу 1950-х годов в нескольких странах были сооружены большие радиотелескопы. Самым крупным из них в то время был 75-метровый радиотелескоп обсерватории Джодрелл Бэнк (Великобритания). В СССР в 1956 г. вступил в строй Большой пулковский радиотелескоп (БПР), а в 1959 г. — радиотелескоп РТ-22 Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР вблизи Серпухова. По размерам (диаметр зеркала 22 м) он значительно уступал гигантскому телескопу Джодрелл Бэнк, но зато обладал рекордно точной поверхностью, позволявшей производить наблюдения вплоть до волны 8 мм. В течение длительного времени РТ-22 оставался крупнейшим радиотелескопом миллиметрового диапазона волн. Ряд более скромных инструментов были созданы в Крымской экспедиции ФИАН, в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ) в Горьком, в Бюраканской астрофизической обсерватории и других научных учреждениях.

4 октября 1957 г. в СССР был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли, в 1959 г. стартовала межпланетная автоматическая станция «Луна-1», началась подготовка к запуску космических аппаратов на планеты Солнечной системы. Это потребовало развития средств космической связи и явилось дополнительным стимулом для создания крупных радиотелескопов и развития техники радиоастрономических исследований, поскольку потребности радиоастрономии и космической связи во многом совпадали.

Одним из первых объектов, исследовавшихся методами радиоастрономии, было Солнце. Исследования показали, что источником радиоизлучения Солнца является не его видимая поверхность (фотосфера), а внешние слои солнечной атмосферы — хромосфера и корона. Была построена теория радиоизлучения спокойного (наблюдаемого в годы минимума солнечной активности) и «возмущенного» Солнца. В 1945 г. Было обнаружено радиоизлучение Луны, а в середине 1950-х годов — радиоизлучение планет Солнечной системы. Наряду с исследованием общего, распределенного по всему небу радиоизлучения, было обнаружено огромное количество дискретных радиоисточников. Часть из них связаны с газовыми туманностями в нашей Галактике, часть — с остатками

вспышек сверхновых звезд. Большинство источников оказались расположенными за пределами нашей Галактики. Среди них — обычные (нормальные) галактики, типа нашей, и мощнейшие радиогалактики, как например, знаменитый источник радиоизлучения в созвездии Лебедя (Лебедь-А).

Радиоастрономические исследования существенно обогатили наши знания о Вселенной. Они позволили получить данные о физических условиях на планетах и Солнце, в межзвездной и межгалактической среде, о прохождении космических лучей и о совершенно новых, неизвестных раньше объектах. Радиотелескопы проникли далеко вглубь Вселенной, значительно дальше оптических телескопов, и позволили получить важные сведения о строении Вселенной и о ранних этапах ее эволюции.

Одним из самых замечательных достижений радиоастрономии явилось открытие радиолинии межзвездного водорода на волне 21 см. Аналогично тому, как в оптическом спектре звезд и галактик, наряду с непрерывным спектром, наблюдаются отдельные спектральные линии, излучаемые отдельными химическими элементами при определенных условиях, — так и в радиодиапазоне появилась теперь своя спектральная линия, излучаемая нейтральным водородом, заполняющим межзвездную среду. Частота ее 1420,4 МГц, длина волны 21 см. Существование этой линии было предсказано нидерландским астрономом Хендриком ван де Хюлстом в 1944 г., когда до оккупированной Голландии дошло известие о наблюдениях Ребера. Работа ван де Хюлста была опубликована в 1948 г. На нее сразу же обратил внимание И. С. Шкловский, он произвел расчет ожидаемой интенсивности линии и показал, что ее можно обнаружить с имеющимися радиотелескопами. В 1951 г. она была открыта практически тремя группами радиоастрономов в США, Голландии и Австралии. Наряду с линией водорода, И. С. Шкловский рассчитал возможность наблюдения некоторых других радиолиний, в том числе линию гидроксила OH, но она была обнаружена только в 1963 г.

Таково было состояние радиоастрономии, когда в 1959 г. в журнале «Nature» появилась статья Джузеппе Коккони и Филипа Моррисона «Поиск межзвездных коммуникаций», в которой они проанализировали возможности радиосвязи с внеземными цивилизациями. В отличие от 1920-х годов речь уже не могла идти о сигналах с Марса или других планет Солнечной системы. Авторы рассмотрели возможность приема сигналов от существ, обитающих на планетах, обращающихся вокруг других звезд.

Свои доводы в этом отношении Коккони изложил немногим раньше в письме к директору обсерватории Джодрелл Бэнк Бернardu Ловеллу от 29 июня 1959 г.

«1. Жизнь на планетах не представляется очень редким явлением. Из десяти солнечных планет на одной расцвела жизнь, а, может быть, какая-то жизнь имеется и на Марсе. Солнечная система не является чем-то необычным; можно ожидать, что другие звезды со сходными характеристиками обладают подобным же числом планет. Вероятно, скажем, из сотни ближайших к Солнцу звезд несколько имеют планеты, где существует жизнь, находящаяся на высокой степени развития.

2. Вероятно также, что на некоторых из этих планет живые существа развились гораздо дальше, чем люди на Земле. Цивилизация, опередившая нашу всего на несколько сот лет, обладала бы гораздо большими техническими возможностями, чем мы сейчас.

3. Предположим, что существует развитая цивилизация на некоторых из этих планет, т.е. в пределах 10 световых лет от нас. Возникает вопрос, как установить с ней связь?»⁷.

Коккони и Моррисон считали, что единственной возможностью установления межзвездной связи является использование электромагнитных волн. Не говоря уже о том, что они распространяются с предельно возможной для физического взаимодействия скоростью $c \approx 300\,000$ километров в секунду, электромагнитные волны свободно проходят через намагниченную межзвездную плазму (в отличие, например, от заряженных частиц, которые бесконечно блуждают по запутанным силовым линиям галактического магнитного поля).

Следующий вопрос — какой участок спектра электромагнитных волн надо выбрать для межзвездной связи? Ведь шкала электромагнитных волн простирается от радиодиапазона до рентгеновских и гамма-лучей, включая субмиллиметровую и оптическую (инфракрасную, видимую и ультрафиолетовую) области спектра. Внача-

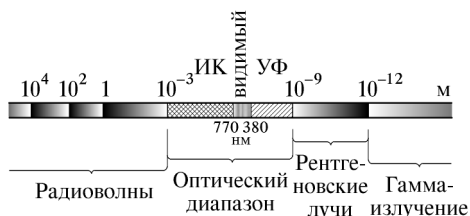


Рис.1.1.1. Шкала электромагнитных волн

ле Коккони полагал, что предпочтительнее использовать

⁷ Цитируется по книге: Салливан У. Мы не одни. — М.: Мир, 1967.

гамма-лучи. Его привлекало то, что естественные источники гамма-излучения очень редки, поэтому искусственный источник было бы легко обнаружить. Однако при обсуждении с Моррисоном последний подверг эту идею острой критике, указывая на трудности генерации и приема гамма-излучения. Эти доводы нельзя признать убедительными, ибо они исходят из характера развития нашей земной техники. Но, в конечном счете, Моррисон оказался прав. Дело в том, что в гамма-диапазоне очень высок уровень так называемого квантового шума, затрудняющего передачу и прием информации. А это — принципиальное обстоятельство, не связанное с уровнем развития внеземных цивилизаций.

Далее, для того чтобы сигнал можно было бы обнаружить, он должен выделяться на фоне излучения звезды, вблизи которой движется обитаемая планета. Следовательно, надо использовать диапазон спектра, в котором излучение самой звезды относительно мало. Кроме того, необходимо, чтобы сигнал не испытывал сильного ослабления при распространении через среду между цивилизациями. Коккони и Моррисон нашли, что всем этим условиям удовлетворяют радиоволны в диапазоне от 300 м до 1 см (частота $1 \div 30000$ МГц). Более длинные волны заметно поглощаются в межзвездной среде, более короткие — в земной атмосфере⁸.

Оставался, однако, еще один — главный вопрос — на какой частоте внутри этого диапазона следует искать разумный сигнал. В обычном радиовещательном приемнике мы легко переходим с одной частоты на другую, поворачивая ручку настройки, и обследуя таким образом довольно широкий диапазон спектра. Но предельно-чувствительные радиоастрономические приемники предназначены, как правило, для наблюдения на одной определенной частоте. Они могут перестраиваться только в пределах очень узкого диапазона. Для исследования соседней полосы надо делать новый приемник. Перекрыть с помощью таких приемников весь свободный от поглощения диапазон радиоволн — технически очень сложная (почти безнадежная) задача.

⁸ Волны декаметрового диапазона с длиной волны больше $15 \div 30$ м тоже не проходят через атмосферу Земли, они частично поглощаются в ионосфере, частично отражаются от нее. Поэтому, если учитывать влияние атмосферы, следовало бы сузить диапазон волн для межзвездной связи, ограничив его с низкочастотной стороны частотой порядка 10 МГц. Но, помимо этого, надо принимать во внимание также шумы фона и другие факторы. Некоторые уточнения будут сделаны в следующих параграфах этой главы.

И вот тут у Моррисона возникла блестящая мысль: использовать для межзвездной связи частоту радиолинии водорода 1420 МГц (длина волны 21 см), которая как раз попадает внутрь указанного диапазона (почти в самую его середину). Моррисон подчеркивал, что радиолиния водорода — это как бы созданный самой природой уникальный эталон частоты. Поэтому можно ожидать, что все цивилизации, «не сговариваясь», выберут ее для установления связи. Добавим еще, что водород — самый распространенный элемент во Вселенной, поэтому исследования на волне 21 см дают очень ценные сведения о строении Галактики. Отсюда следует, что любая цивилизация, занимающаяся изучением Космоса, даже в том случае, если она и не помышляет о межзвездной связи, рано или поздно, обнаружив радиолинию водорода, несомненно, начнет вести наблюдения в этой линии. Значит, если на ее частоте передавать сигналы межзвездной связи, они могут быть обнаружены в процессе обычных радиоастрономических наблюдений. Это должно быть дополнительным стимулом для передающей цивилизации использовать именно эту частоту.

Идея использовать частоту радиолинии водорода окончательно сформировалась летом 1959 г., когда Коккони и Моррисон встретились в Москве на конференции по космическим лучам. В августе они направили статью в «Nature», а в сентябре она была опубликована. В статье содержались необходимые расчеты, из которых следовало, что, если около ближайших к нам звезд имеются цивилизации, передающие радиопозывные на волне 21 см при помощи такой же, как у нас, техники (мощность передатчика, размер передающей антенны), то их сигналы можно обнаружить на Земле. Это открывало хорошие перспективы для начала поисков.

1.2. Проект «Озма»

Бывают идеи, которые намного опережают свое время. Они посещают одиноких мыслителей и остаются непонятыми и не принятыми, пока не приходит их срок. Только тогда, вспоминая о тех, кто сказал первое слово, мы поражаемся их гениальной прозорливости. Но когда идея созрела, когда она «носится в воздухе», она обычно затрагивает сразу несколько умов. Так произошло и с идеей межзвездной связи. В то время как Коккони и Моррисон вырабатывали свои предложения по межзвездной связи и пытались привлечь

внимание английских коллег к этой проблеме⁹ на их родине, в США, в Национальной радиоастрономической обсерватории (НРАО), уже велась подготовка к приему радиосигналов от внеземных цивилизаций на волне 21 см.

Одним из первых сотрудников НРАО был молодой радиоастроном Фрэнк Дрейк, только что закончивший аспирантуру Гарвардского университета. Когда он прибыл в Грин Бэнк в апреле 1958 г., обсерватория еще строилась. В марте 1959 г. было завершено сооружение 26-метрового радиотелескопа, предназначенного для исследования Галактики в линии водорода 21 см. Ф. Дрейк, с юности увлеченный идеей существования разумной жизни во Вселенной, задумался над тем, нельзя ли использовать этот радиотелескоп для приема сигналов от внеземных цивилизаций.

Как раз в это время были проведены первые попытки радиолокации Венеры. Дрейк рассуждал следующим образом. Предположим, передатчик внеземной цивилизации имеет те же характеристики, что и радар в Вестфорде, с помощью которого осуществлялась радиолокация Венеры. На каком расстоянии можно было бы принять эти сигналы с помощью 26-метрового радиотелескопа НРАО? Расчет показал, что прием возможен с расстояния 8,7 световых лет. Это равно расстоянию до Сириуса и вдвое превышает расстояние до ближайшей звезды Проксима Центавра. В сфере такого радиуса находятся 6 звезд. Если увеличить диаметр приемной антенны, соответственно увеличится и дальность приема. Так, с помощью 300 метровой антенны, которая сооружалась в то время на острове Пуэрто-Рико, можно было бы довести дальность обнаружения до 100 световых лет. В сфере такого радиуса содержится около 10000 звезд. Итак, связь на межзвездные расстояния вполне возможна. Каков должен быть характер сигнала?

При заданной мощности передатчика дальность радиопередачи тем больше, чем меньше (уже) полоса частот передаваемого сигнала. Следовательно, для обеспечения большей дальности сигнал должен быть *узкополосным*. Такой сигнал имеет еще одно преимущество: его легко отличить от космических радиоисточников естественного происхождения, поскольку они, как правило, излучают

⁹ В упомянутом письме к Б. Ловеллу (29.06.59) Коккони выражал надежду, что англичане предпримут систематическое обследование ближайших звезд солнечного типа с помощью радиотелескопа Джодрелл Бэнк с целью поиска искусственных сигналов. Однако Б. Ловелл отнесся к этому предложению довольно холодно, указав, что радиотелескопы должны использоваться для более неотложных задач.

в широкой полосе частот. Далее, если передатчик расположен на планете, обращающейся вокруг звезды, то, вследствие эффекта Доплера, его частота должна периодически меняться. Это также поможет отличить сигнал внеземной цивилизации от космических шумов естественного происхождения (и от их земных помех). Наконец, если при передаче информации используется амплитудная модуляция, то мощность сигнала будет испытывать вариации со временем.

При выборе диапазона волн для межзвездной связи Дрейк уделил основное внимание анализу шумов. Он считал, что шумы аппаратуры можно не принимать во внимание, а точнее, их **не следует** принимать во внимание, так как с развитием радиотехники мы неизбежно придем к состоянию, когда они могут быть сделаны меньше шумов фона. Он назвал это «принципом технического совершенства». Под техническим совершенством Дрейк подразумевает такое состояние техники, когда пределы чувствительности аппаратуры определяются не ее недостатками (например, шумами приемника), а естественными ограничениями, над которыми человек не властен. При этом дальнейшее совершенствование аппаратуры не имеет смысла. Дрейк постулировал, что земная радиотехника достигнет этого состояния в течение ближайших 50 лет. (Сейчас, спустя 40 лет, можно констатировать, что его прогноз успешно сбывается.)

Таким образом, весь период от начала использования радиоволн до состояния совершенной радиотехники должен занять период порядка 100 лет. В истории становления нашей земной цивилизации то всего лишь короткий миг. Если это верно и для других цивилизаций, то значит они очень быстро, скачком переходят из состояния отсутствия радиотехники к состоянию совершенной радиотехники. Цивилизаций, подобных нашей, которые находятся в переходном состоянии, должно быть очень мало. Следовательно, те цивилизации, сигналы которых мы надеемся обнаружить, уже достигли технического совершенства в радиотехнике. Поэтому для них существенны лишь естественные, принципиально неустраняемые ограничения. К таким ограничениям относятся шумы фона. Дрейк рассмотрел два источника фона — галактическое радиоизлучение и радиоизлучение атмосферы.

Галактический фон обусловлен суммарным излучением радиоисточников, он определяет радиояркость неба за пределами атмосферы, подобно тому, как яркость фона ночного неба вне атмосфе-

ры определяется суммарным излучением звезд¹⁰. И точно также, как яркость ночного неба ограничивает возможность наблюдения слабых оптических объектов — так и яркость радиофона ограничивает возможность обнаружения слабых радиосигналов. Если прием сигналов ведется с поверхности планеты, то вклад в наблюдаемую радиояркость неба будет давать также излучение атмосферы.

Дрейк рассмотрел зависимость яркости фона от частоты в радиодиапазоне. На рис. 1.2.1., взятом из его статьи¹¹, по горизонтальной оси отложена частота, а по вертикальной — температура, характеризующая интенсивность излучения фона. Как видно из этого рисунка,

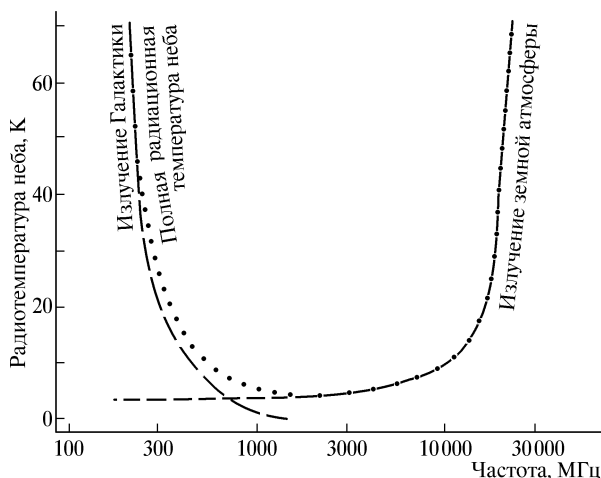


Рис.1.2.1. Зависимость яркости фона от частоты в радиодиапазоне, по Ф.Дрейку, 1960 г. Приведены две составляющие — галактический фон и излучение земной атмосферы. Суммарная кривая имеет минимум в области 10^3 – 10^4 МГц. В этой области целесообразно искать сигналы межзвездной связи. Современные данные — см. гл. 7

на низких частотах преобладает галактический фон, на более высоких — фон, связанный с излучением атмосферы. Суммарная кривая имеет четко выраженный минимум в области от 1000 до 10000 МГц (или по длинам волн от 30 см до 3 см). Эта область минимума шумов

¹⁰ Хотя в оптическом диапазоне есть еще и зодиакальная составляющая свечения ночного неба.

¹¹ Дрейк Ф. Д. Как можно принять радиопередачи из отдаленных планетных систем? / Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 183–192.

и является наиболее подходящей для межзвездной связи. Она значительно уже, чем указанная Коккони и Моррисоном. Радиолиния водорода попадает внутрь этого диапазона. Дрейк также высказался за то, чтобы искать сигналы на частоте этой линии. В цитированной выше статье, вышедшей в 1960 г., он ссылается на предложение Коккони и Моррисона, однако, на самом деле, ему приходилось принимать во внимание другие соображения (см. ниже).

Предложение Дрейка начать поиск сигналов было поддержано директором обсерватории Отто Струве (правнуком известного пулковского астронома В. Я. Струве). Ему пришлось взять на себя нелегкую ответственность, ибо для значительной части ученых попытка поиска разумных сигналов из Космоса выглядела как чисто фантастическая затея, недостойная серьезной науки. Высокий авторитет Отто Струве в научном мире, его безупречная научная репутация помогли преодолеть это предубеждение. Публикация статьи Коккони и Моррисона оказала исследователям большую моральную поддержку.

Программа поиска сигналов внеземных цивилизаций (ВЦ) была названа — проект «Озма» (по имени сказочной принцессы из страны Оз). Работы по проекту начались в апреле 1959 г. Предстояло создать приемник для обнаружения сигналов. Вопрос выбора частоты встал теперь в чисто практическом плане. Работа Коккони и Моррисона еще не была опубликована. Из чего же исходили исследователи? В 1985 г., на конференции, посвященной 25-летию проекта «Озма», Дрейк рассказал, что его очень беспокоила возможная критика со стороны научных кругов и общественности. Сделать проект полностью секретным было невозможно. Поэтому участники эксперимента решили придумать для него научное прикрытие. Как раз в это время на ряде обсерваторий начались эксперименты по исследованию эффекта Зеемана в линии 21 см. Эффект Зеемана состоит в расщеплении спектральной линии в сильном магнитном поле на несколько компонентов, расстояние между которыми позволяет определить напряженность магнитного поля в межзвездной среде. Это важная астрофизическая задача. Для исследования эффекта Зеемана надо было иметь узкополосный спектральный приемник с двумя каналами и с высокой стабильностью частоты. Эти требования отвечали и задачам поиска разумных сигналов. Таким образом, было решено сделать приемник на волну 21 см для исследования эффекта Зеемана и использовать его для поиска сигналов ВЦ. То есть частота была выбрана не из каких-то принципиальных соображений, а из

чисто практических целей. «Это был путь предотвратить критику обсерватории и сразу убить двух зайцев»¹².

Блок-схема приемника Дрейка изображена на рис. 1.2.2. Это приемник супергетеродин с диаграммной модуляцией. В фокусе параболической антенны устанавливаются два рупора. В один из них попадает излучение от искомого источника, в другой — от соседней области неба. С помощью электронного переключателя оба рупора попеременно подключаются к входу приемника с частотой 5 Гц. По этой причине искомым сигнал от источника будет модулирован с той же частотой. Синхронный детектор на выходе приемника выделяет лишь этот модулированный сигнал. Такая схема, часто применяемая в радиоастрономии, дает возможность выделять очень слабые сигналы, значительно более слабые, чем шумы аппаратуры и ограниченные лишь величиной *флуктуаций* шума. Кроме того, эта схема позволяет значительно подавлять земные помехи. Поскольку помеха попадает в антенну, на вход приемника, минуя отражение от зеркала, она в равной мере действует на оба рупора и поэтому остается немодулированной, в результате она не может пройти через синхронный детектор. (Разумеется, полностью избавиться от помех никогда не удастся, очень сильная помеха хоть и подавляется, все же проникает

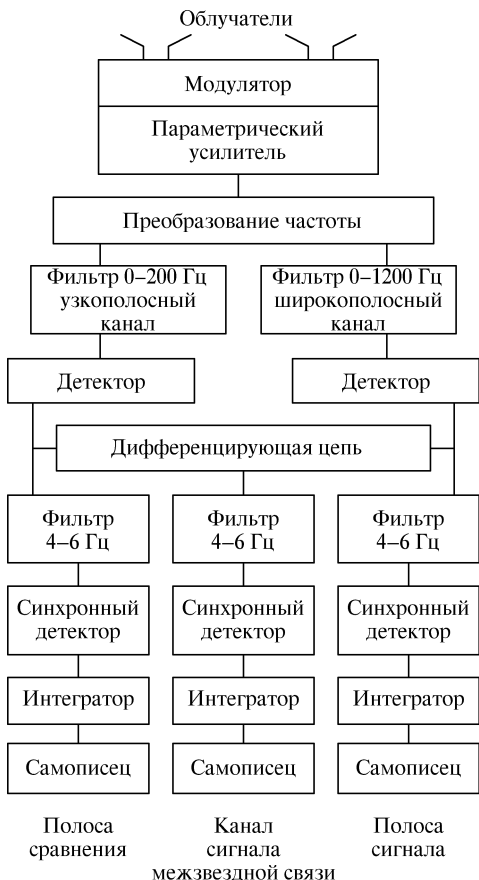


Рис. 1.2.2. Блок-схема приемника Дрейка

синхронный детектор. (Разумеется, полностью избавиться от помех никогда не удастся, очень сильная помеха хоть и подавляется, все же проникает

¹² Drake F. D. Project OZMA // The Search for Extraterrestrial Intelligence / Edited by K. I. Kellermann and G. A. Scielstad. — NRAO/AVI, 1986. P. 19.

в приемник¹³, но значительную часть помех таким способом можно исключить.)

На входе приемника, непосредственно за модулятором, стоял параметрический усилитель, настроенный на частоту радиолинии водорода 1420,4 МГц. В 1959 г. параметрический усилитель был еще новинкой. Для приемника Дрейка он был пожертвован Эшли, президентом одной промышленной фирмы, с большой симпатией относившимся к проекту Озма.

С помощью четырех смесителей сигнал испытывал четырехкратное преобразование по частоте и после каждого преобразования усиливался усилителем промежуточной частоты. После четвертого преобразования сигнал разделялся на два канала: узкополосный и широкополосный. Сигналы в каждом канале детектировались и поступали на дифференцирующую цепочку, где осуществлялось их вычитание. Коэффициенты усиления в каналах были подобраны таким образом, что когда на вход фильтров подавался очень широкополосный сигнал (с полосой не менее чем полоса широкополосного канала), то выходные напряжения на фильтрах были равны. В результате после вычитания на выходе дифференцирующей цепочки напряжение равнялось нулю. Если же в приемник поступает узкополосный сигнал, то, так как он занимает только часть полосы широкополосного канала, напряжения на выходе фильтров уже не будут равны, и после вычитания на выходе дифференцирующей цепочки появится сигнал, который и будет зарегистрирован. Таким образом, приемник воспринимает только узкополосные сигналы.

В приемнике имеется устройство для изменения частоты настройки. При выполнении проекта Озма использовалась полоса узкополосного канала 100 Гц. С такой полосой за счет изменения частоты настройки обследовался интервал частот в 400 кГц. Время наблюдения каждой полосы 100 Гц составляло 1 минуту.

Приемник был готов к весне 1960 г. Для наблюдения были выбраны две звезды солнечного типа — τ Кита и ϵ Эридана, расположенные на расстоянии около 11 световых лет от Солнца. Первые наблюдения были проведены в апреле 1960 г.

Уолтер Салливан так описывает начало этого исторического эксперимента. «Около 4 часов утра 8 апреля 1960 г. аппаратура была включена в контрольном помещении под большой чашеобразной антенной, направленной на τ Кита, только что появившуюся над горизонтом на юго-востоке. Часовой механизм обеспечивал слежение антенны за звездой во время ее перемещения по небосводу.

¹³ Дрейк и его коллеги драматическим образом убедились в этом, когда в первый день поиска при наблюдении звезды ϵ Эридана был зарегистрирован очень сильный сигнал, который, как оказалось, был связан с секретным военным локатором. (См. Салливан У. Мы не одни. — М.: Мир, 1967. С. 270.)

Приемник был включен, и впервые двуногое существо, называемое человек, пыталось поймать сигналы от существ неизвестного облика из других миров»¹⁴. А вот как спустя много лет откликнулся на это событие петрозаводский философ и поэт Юрий Линник:

Тебя, Великий звездный Кит,
Не загарпунить китоловам!
Превыше страха и обид
Созвездье в сумраке лиловом
Недосягаемо блестит.
Поет ночная высота,
И слышу я в ее напеве,
Что биосферы неспроста,
Угадываю в звездном чреве
У исполинского Кита.

.....
Антенна в ночь наведена:
Когда среди помех и гула
Пробьется ритма новизна?
Кита огромного качнула
Земная радиоволна.

.....
Покуда беден мой улов,
Пока безгласны излученья,
Но слышу музыку миров,
Провидя вечные значения
Безвестных символов и слов.
Опять восходит звездный Кит,
Опять незримый луч радара
С планеты Тау obeжит
Ночной рельеф земного шара,
Коснувшись и моих раки.

Ю. Линник

«Радиоастрономический триптих»

Эксперимент продолжался в мае, июне и июле. Общее время наблюдения двух звезд составило около 150 часов. Если бы в течение этого времени с одной из них был послан в сторону Солнца сигнал на частоте 1420,4 МГц с полосой частот не более 100 Гц при эффективной мощности 10^{13} Вт (что соответствует передатчику мощностью 1 МВт, работающему на антенну диаметром 200 м), то такой сигнал был бы обнаружен. Но этого не произошло. Телескоп был нужен для выполнения других программ, и эксперимент по проекту Озма пришлось приостановить.

¹⁴ Салливан У. Мы не одни. — М.: Мир, 1967. С. 269–270.

Дрейк и Струве относились к приостановке работ только как к перерыву. По свидетельству У. Салливанна, Струве рассматривал проект Озма не как разовый эксперимент, а как постоянный поиск жиз-

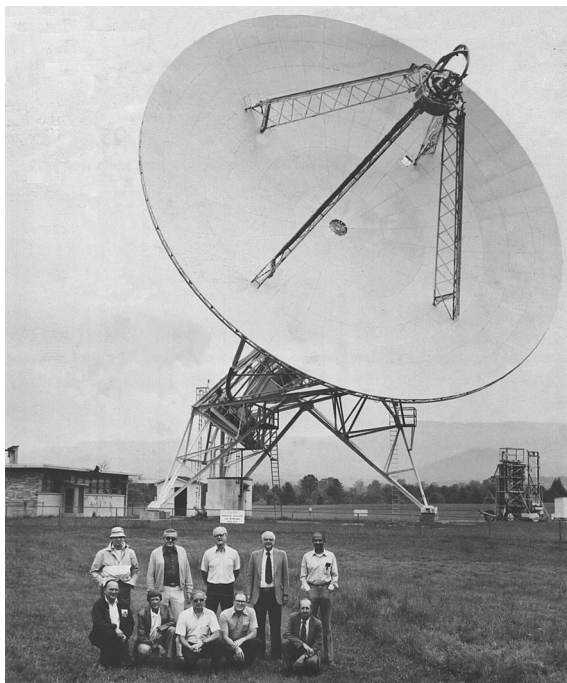


Рис. 1.2.3. Участники первого эксперимента по поиску сигналов ВЦ. Фотография сделана в 1985 г. в связи с 25-летием проекта «Озма». Второй справа во втором ряду — Фрэнк Дрейк. На заднем плане — 26-метровый радиотелескоп НРАО

ни на других мирах, возможно, выполняемый с перерывами для усовершенствования техники и корректировки методов, но с твердой решимостью продолжить дело до конца, пока не будет установлен контакт. Дрейк пришел к выводу, что для успеха поисков надо обследовать большое число звезд. Он считал, что необходимо разработать новые усовершенствованные методы обработки информации с возможностью выделения амплитудной и фазовой модуляции сигнала. Надо иметь возможность обследовать широкий интервал частот, для чего требуется создание многоканальных приемников или эквивалентных им сложных систем.

1.3. «Секретная» конференция в Грин Бэнк. Учреждение Ордена Дельфина

Проект Озма вызвал неоднозначную реакцию научной общественности. Совет по космическим исследованиям Национальной академии наук США решил провести конфиденциальное совещание в Грин Бэнк с целью оценить возможности установления связи с внеземными цивилизациями (ВЦ).

К тому времени, помимо упомянутых работ Коккони, Моррисона и Дрейка, появились еще три важные публикации: Р. Брейсуэлла¹⁵, Ф. Дайсона¹⁶ и фон Хорнера¹⁷. Брейсуэлл рассмотрел альтернативный тип связи между космическими цивилизациями — с использованием межзвездных кибернетических зондов. Дайсон проанализировал возможность обнаружения астроинженерной деятельности ВЦ, а фон Хорнер провел количественную оценку вероятного числа внеземных цивилизаций с вытекающими отсюда выводами для межзвездной связи. Таким образом, в проблеме поиска ВЦ наметилось несколько направлений.

Совещание в Грин Бэнк состоялось в ноябре 1961 г. Вероятно, это была первая конференция в истории науки на подобную тему. Совещание проходило под председательством О. Струве. В нем приняли участие всего 11 человек: Ф. Дрейк, Дж. Коккони, Ф. Моррисон, К. Саган, М. Кальвин, Су-шу Хуанг, Дж. Лилли, Б. Оливер, Д. Эшли и Д. Пирмен. Во время конференции стало известно, что одному из ее участников — Мальвину Кальвину присуждена нобелевская премия по химии.

Несмотря на весьма авторитетный состав участников конференции, организаторы ее опасались неблагоприятной реакции общественности. Поэтому, хотя конференция не была официально засекречена, были приняты энергичные меры, чтобы избежать преждевременной огласки из-за сенсационного характера обсуждаемой проблемы. Это может показаться странным, особенно сейчас, когда проблема внеземных цивилизаций приобрела статус вполне respectable (хотя и не бесспорной) научной проблемы, когда она

¹⁵ *Bracewell R. N. Communication from saperior galactic communities // Nature. 1960. V.186. P. 670–671.*

¹⁶ *Dyson F. J. Search for artificial stellar sourees of infrared radiation // Science. 1960. V. 131. P. 1667–1668.*

¹⁷ *Hoerner S. Von. The Search for signals from other civilizations // Science. 1961. V. 134. P. 1839–1843.*

пользуется поддержкой авторитетных международных научных организаций и по ней регулярно проводятся крупные научные конференции с широким освещением их в средствах массовой информации. Но в начале 1960-х годов ситуация была иная. Как справедливо отметил У. Салливан, серьезно поставить вопрос о связи с внеземными цивилизациями еще за несколько лет до проекта Озма было бы губительно для научной репутации любого ученого. После того как были предприняты первые шаги в этом направлении, ситуация изменилась к лучшему, но предубеждение еще сохранилось (не преодолено оно полностью и по настоящее время).

Любопытно отметить, что когда в 1964 г. в СССР, в Бюраканской астрофизической обсерватории, проходило первое Всесоюзное совещание по внеземным цивилизациям (см. § 1.5), перед его организаторами встали те же проблемы, и решение было найдено аналогичное: совещание готовилось по закрытой линии, т. е. в тайне от прессы и научной общественности. Однако по его окончании было опубликовано сообщение в «Правде», а спустя год Труды совещания (так же, как и Труды совещания в Грин Бэнк) были полностью опубликованы¹⁸. Нельзя признать эти меры излишними. Если американские ученые опасались только насмешек своих коллег, то советским ученым приходилось считаться с возможностью идеологических обвинений. Поэтому определенная предосторожность была оправдана.

Среди участников конференции в Грин Бэнк был Джон Лилли, известный исследователь дельфинов, который только что опубликовал свою шумевшую книгу «Человек и дельфин». Его рассказ о дельфинах как еще об одном возможном виде разумных существ на Земле произвел такое сильное впечатление на участников совещания, что они решили учредить шуточный «Орден Дельфина». М. Кальвин заказал медали с изображением дельфина и разослал их всем участникам конференции. Позднее кавалерами Ордена Дельфина стали трое советских ученых: И. С. Шкловский, Н. С. Кардашев и В. С. Троицкий, которые внесли крупный вклад в проблему SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence — поиск внеземного разума).

Большое внимание на конференции в Грин Бэнк было уделено оценке числа цивилизаций в Галактике. Именно там Дрейк предложил свою известную формулу, на основе которой позднее прово-

¹⁸ Труды конференции в Грин Бэнк легли в основу сборника, вышедшего в США в 1963 г.; русский перевод: Межзвездная связь. — М: Мир, 1965. Труды Бюраканской конференции опубликованы в Ереване в 1965 г. (см. ниже).

дились многочисленные обсуждения и делались оценки. Мы подробно расскажем о ней в гл. 4.

На совещании были рассмотрены различные логически допустимые способы установления контакта. Обращалось внимание на то, что сигнал на волне 21 см может использоваться только для привлечения внимания, а после его обнаружения цивилизации переходят к более эффективному каналу связи. Разумеется, в этом случае позывной сигнал должен содержать указание о том, *как* это сделать. Была сформулирована также проблема «подслушивания», т. е. обнаружения сигналов, не предназначенных для межзвездной связи, а обслуживающих внутренние нужды цивилизации (радиолокация, телевидение и т. д.).

Уже на этом совещании Дрейк обратил внимание на серьезную психологическую проблему, которая может возникнуть при длительном получении только отрицательных результатов. Чтобы избежать или, по крайней мере, ослабить разочарование, он предложил сочетать поиски сигналов с выполнением какой-либо позитивной астрономической программы. Впоследствии такие *сопутствующие* программы стали обычными. Интересное и до сих пор не реализованное предложение внес Ф. Моррисон: время от времени «пропскивать» ложные сигналы во время поиска.

В заключение конференции Отто Струве отметил, что, несмотря на интерес, проявляемый многими выдающимися учеными, люди, ответственные за расходование государственных средств на научные исследования, проявляют понятный скептицизм по поводу финансирования дорогостоящих проектов межзвездной связи без надежды на быстрое получение результатов. Это неизбежно будет сдерживающим фактором в развитии исследований.

Думается, что не менее важным фактором является готовность рядовых исследователей посвятить проблеме SETI достаточно времени и сил, может быть в ущерб своей основной научной карьере. Для профессиональных ученых это оказалось серьезной проблемой.

1.4. Поиск сигналов от сверхцивилизаций

Примерно в те годы, когда в США вызревали идеи межзвездной связи, в СССР этой проблемой заинтересовался выдающийся астрофизик И. С. Шкловский. В 1958 г. он выдвинул гипотезу об искусственном происхождении спутников Марса, основанную на ано-

мальном торможении Фобоса при движении по орбите¹⁹. В то время он очень увлекался этой идеей и, естественно, с большим интересом следил за литературой по проблемам, связанным с разумной жизнью во Вселенной. Он мгновенно отреагировал на публикацию Коккони и Моррисона в «Nature» и уже в 1960 г. опубликовал в советском журнале «Природа» большую статью «Возможна ли связь с разумными существами других планет?». Эта статья легла в основу его знаменитой книги «Вселенная, жизнь, разум». Первое издание ее появилось в 1962 г. Затем она многократно переиздавалась в СССР и была переведена на многие иностранные языки. В приложении к 6-му (посмертному) изданию приводятся очень яркие воспоминания И. С. Шкловского о том, как создавалась эта книга и о первых годах становления проблемы SETI. Книга оказала огромное влияние на развитие исследований по проблеме SETI в СССР и в других странах.

И. С. Шкловский всегда очень живо обсуждал научные проблемы со своими учениками и коллегами. Он умел увлекать идеями и умел заражать энтузиазмом. Один из ближайших учеников Шкловского — Н. С. Кардашев увлекся проблемой связи с внеземными цивилизациями и выдвинул очень важные идеи в этой области. Впоследствии он стал одним из признанных мировых лидеров в проблеме SETI. Свои главные идеи Кардашев изложил в работе «Передача информации внеземными цивилизациями», которая была опубликована в «Астрономическом журнале» в 1964 г. В публикации статьи большое содействие оказал крупный советский астрофизик и замечательный человек С. Б. Пикельнер. Сам он довольно скептически относился к проблеме SETI, но был уверен, что спорные проблемы в науке должны решаться путем открытой научной дискуссии.

Основная идея Кардашева состояла в том, что при поиске сигналов ВЦ надо ориентироваться на высокоразвитые цивилизации, технический уровень которых намного превосходит уровень нашей земной цивилизации. Действительно, если мы допускаем, что, кроме нас, во Вселенной есть и другие цивилизации, то мы должны также допустить, что среди них есть как цивилизации более низкого уровня, чем наша, так и значительно опередившие нас в своем развитии. Философским основанием для такого заключения служит убеждение в том, что земная цивилизация должна обладать некими средними параметрами (Принцип Бруно). Но имеются и более веские

¹⁹ Эта гипотеза впоследствии не подтвердилась.

аргументы естественнонаучного порядка. С тех пор как (более десяти миллиардов лет тому назад) во Вселенной начался процесс звездообразования, он продолжается и по настоящее время. Звезды имеют различный возраст, некоторые из них только что возникли, другие просуществовали уже миллиарды лет, третьи закончили свою эволюцию. На определенном этапе около некоторых звезд возникают цивилизации. Образуются они в разное время и развиваются разными темпами. Отсюда и разброс в уровне развития цивилизации. Надо сказать, что Коккони и Моррисон хорошо понимали это, они подчеркивали, что внеземные цивилизации могут обладать гораздо более высоким техническим уровнем, но в своих практических оценках исходили (так же, как и Дрейк в проекте Озма) из уровня близкого к уровню нашей земной цивилизации. А это накладывало существенные ограничения на возможности обнаружения ВЦ.

Важнейшим параметром межзвездной связи является мощность передатчика. От нее зависит дальность связи, объем передаваемой информации, характер сигналов, а следовательно, и методы их обнаружения. На какую мощность передатчика можно рассчитывать? Очевидно, это зависит от энергетического потенциала передающей цивилизации. В настоящее время человечество потребляет в год около $3 \cdot 10^{20}$ Дж энергии всех видов, что соответствует мощности 10^{13} Вт. Причем ежегодный прирост энергопотребления составляет 3%. При таких темпах роста уже примерно через 1000 лет энергопотребление достигнет величины $4 \cdot 10^{26}$ Вт, что равно полной мощности излучения Солнца, а еще через 850 лет оно будет равно $4 \cdot 10^{37}$ Вт, т.е. энергетическому выходу 100 миллиардов звезд или мощности излучения всей Галактики. Кардашев исходил из энергопотребления $4 \cdot 10^{12}$ Вт и принял более скромные темпы роста — 1% в год. При этом он нашел, что эти значения будут достигнуты соответственно через 3200 лет и 5800 лет.

Исходя из этих оценок, он разделил все цивилизации на три типа по уровню потребляемой ими энергии. К I типу он отнес цивилизации с уровнем энергопотребления порядка 10^{13} Вт, ко II типу — с уровнем энергопотребления порядка $4 \cdot 10^{26}$ Вт, и к III типу — с энергопотреблением порядка $4 \cdot 10^{37}$ Вт. В § 1.12 мы рассмотрим некоторые возможные модели цивилизаций II и III типа.

Каковы перспективы обнаружения цивилизаций I типа? Это зависит от того, насколько часто они встречаются. Если расстояние

между ними порядка 10 св. лет, т. е. порядка расстояния между соседними звездами — перспективы кажутся весьма обнадеживающими. В сфере радиусом 10 св. лет находится всего несколько звезд, около которых можно ожидать партнеров по связи. Поэтому передающая ВЦ может направить на каждую из таких звезд свои антенны и непрерывно облучать их. Если около одной из них, действительно, существует цивилизация, которая хочет установить контакт с другой цивилизацией, то ей достаточно направить антенну на передающую звезду (одну из немногих соседних звезд), и сигнал может быть обнаружен. Если же расстояние между цивилизациями I типа велико, значительно превышает расстояние между соседними звездами, то установление связи между ними сопряжено с огромными трудностями.

Каково же ожидаемое расстояние между цивилизациями I типа? Число цивилизаций, находящихся на той или иной стадии развития, пропорционально длительности этой стадии. Если стадия кратковременна, то соответствующие цивилизации встречаются очень редко, расстояние между ними велико; если стадия продолжается длительное время, цивилизации встречаются чаще, расстояние между ними относительно мало. Дрейк учитывал это обстоятельство, когда, анализируя вопрос о шумах, ввел «принцип технического совершенства» и оценил распространенность технически совершенных цивилизаций. Однако он не распространил эти соображения на энергетический потенциал ВЦ и по существу ограничился (так же как и Коккони и Моррисон) рассмотрением цивилизаций I типа.

По оценкам авторов проекта «Циклоп», разработанного исследовательским центром НАСА им. Эймса, существует приближенное соотношение, согласно которому число цивилизаций в нашей Галактике приблизительно равно времени их жизни, выраженному в годах (см. гл. 4). Это считается довольно оптимистической оценкой. Учитывая приведенные выше соображения Кардашева о росте энергетического потенциала цивилизаций, можно полагать, что стадия цивилизаций I типа кратковременна; вероятно, ее длительность порядка 10^3 лет, после чего они переходят в стадию сверхцивилизации II типа. При такой длительности число цивилизаций I типа в Галактике порядка 1000, т. е. одна цивилизация приходится в среднем на 10^8 звезд, и среднее расстояние между ними приблизительно 3000 св. лет.

Оценим возможность приема сигналов в этом случае. Пусть мощность передатчика составляет 100 МВт. Передача ведется на волне 21 см в по-

лосе частот 2 Гц. Эффективная площадь передающей антенны 10^5 м^2 . Примем, в согласии с «принципом технического совершенства», что температура шумов $T_{\text{ш}} = 10 \text{ К}$. И пусть площадь приемной антенны также составляет 10^5 м^2 , что близко к конструктивному пределу для наземных радиотелескопов, но вполне достижимо для космических радиотелескопов, обращающихся по орбите вокруг Земли. Если антенны смотрят друг на друга, то в точке приема, на расстоянии 3000 св. лет от передающей цивилизации, может быть обеспечено отношение сигнал/шум равное 100. Это не только достаточно для обнаружения сигнала, но и для уверенного приема информации с высокой надежностью. Все это выглядит весьма оптимистично, и, если цивилизации обнаружат друг друга, то они действительно могут организовать взаимно-направленный эффективный канал связи. Но в том-то и состоит проблема — как им найти друг друга?

Предположим, передающая ВЦ знает (или имеет достаточно оснований надеяться), что ближайшая к ней цивилизация находится на расстоянии 3000 св. лет, в сфере, где имеются 10^8 звезд. Она может выбрать из них подходящие звезды, около которых ожидается наличие планет и разумной жизни на них. Доля таких звезд составляет приблизительно 5 %. Значит, надо будет обследовать 5 млн звезд. Облучать одновременно все звезды невозможно. Для этого потребовалось бы построить 5 миллионов гигантских антенн площадью 10^5 м^2 каждая. Но главное даже не в этом: с каждой антенной должен быть связан передатчик мощностью 100 МВт, тогда полная мощность, излучаемая всеми антеннами, составит $5 \cdot 10^{14} \text{ Вт}$, что значительно превышает энергетический потенциал цивилизации I типа.

Остается единственная возможность поочередно облучать все 5 млн подходящих звезд. При этом принимающая цивилизация также будет производить поиск, обследуя 5 млн подходящих звезд, расположенных в радиусе 3000 св. лет от нее, среди которых лишь одна (!) посылает сигналы межзвездной связи. Эти сигналы могут быть обнаружены лишь в том случае, если в момент, когда наша антенна смотрит на передающую ВЦ, их антенна в этот момент направлена на нас. Конечно, вероятность такого события при обследовании миллионов звезд крайне мала и, следовательно, время поиска очень велико. Задачу поиска можно упростить, если на приемном конце линии связи принимающая цивилизация построит систему обнаружения, которая перекроет все небо или, по крайней мере, все подходящие звезды. Число антенн в такой системе обнаружения огромно. В нашем примере надо было бы соорудить не менее 5 млн антенн, причем гигантских размеров. Сооружение

даже одной такой антенны составляет серьезную техническую задачу для цивилизации нашего уровня.

Но это еще не все. В нашем примере передающая ВЦ посылает монохроматические сигналы с полосой частот 2 Гц. Это не случайно. Более широкополосные сигналы на таком расстоянии при имеющейся мощности невозможно было бы обнаружить. А для обнаружения узкополосных сигналов надо точно знать их частоту. Если же она неизвестна, то приходится проводить сканирование по частоте. То есть к проблеме поиска сигнала по направлению добавляется проблема поиска по частоте. Предположим, что используется частота радиолинии водорода 1420,4 МГц. Она известна с высокой точностью. Но вследствие движения звезд, передатчик движется относительно приемника, и поэтому частота сигнала смещается на величину, зависящую от относительной скорости их движения по лучу зрения. Так как скорости звезд различны, то и сигналы будут испытывать различное смещение. А поскольку нам неизвестно, где, около какой звезды, находится передатчик, то необходимо обследовать всю полосу частот, в пределах которой может смещаться частота сигнала. Эта полоса достигает величины от долей мегагерца до нескольких мегагерц. Разыскать в такой полосе сигнал шириной несколько герц — очень тяжелая задача. Если осуществлять последовательный поиск, перестраивая частоту приемника, то на обследование всей полосы поиска потребуется слишком много времени. При этом не исключена такая ситуация, когда мы попадаем в луч передающей антенны, и сами в этот момент смотрим на нее, но пока мы будем производить поиск по частоте, перестраивая приемник, передающая ВЦ отвернет свою антенну, направив ее на другую звезду (ведь ей в каждом цикле передачи надо облучить миллионы звезд, поэтому она не может тратить много времени на одну звезду). Конечно, это было бы очень обидно! К счастью, существует более подходящий способ поиска сигнала по частоте — использование многоканальных приемников, состоящих из множества отдельных узкополосных каналов, которые в совокупности перекрывают всю подлежащую исследованию полосу частот. Для межзвездной связи такие приемники должны содержать миллионы каналов. В настоящее время подобные многоканальные приемники уже созданы, и с их помощью ведется поиск сигналов.

Проблема поиска существенно упрощается, когда мы переходим к поиску сигналов от цивилизаций II и III типа по Кардашеву. Располагая гигантской мощностью (10^{26} – 10^{37} Вт), такие цивилизации

могут вести непрерывную изотропную (или всенаправленную) передачу сигналов в очень широкой полосе частот, обеспечивая даже при этом условия их обнаружение на больших расстояниях. Это сразу исключает выбор по направлению для передающей ВЦ. Поиск ведет только цивилизация, которая ищет сигналы. Если она построит систему обнаружения, которая перекроет все направления в пространстве (всенаправленная система обнаружения), то сигнал непрерывно будет попадать в одну из приемных антенн. Заметим, что число антенн в системе обнаружения и размер каждой из них меньше, чем при приеме сигнала от цивилизаций I типа, так как в данном случае речь идет о приеме очень мощных сигналов. Исключается также поиск по времени, поскольку передающая ВЦ излучает непрерывно. Наконец, практически исключается поиск по частоте. Действительно, полоса частот передатчика для подобных цивилизаций может достигать 10^9 – 10^{11} Гц, что сопоставимо с шириной оптимального диапазона волн (см. ниже). Значит, если правильно выбрать диапазон, то приемник, работающий в этом диапазоне, сможет обнаружить сигнал без всякого поиска по частоте.

Как определить оптимальный диапазон? Для рассматриваемых широкополосных сигналов невозможно связывать его с какой-то определенной радиолинией, например, с линией 21 см, полоса которой составляет сотые доли процента от предполагаемой полосы сигнала. Кардашев, как и Дрейк, предложил вести поиск в диапазоне, где шумы минимальны и, тем самым, обеспечиваются наилучшие условия обнаружения сигнала. При этом он, следуя, по существу, тем же соображениям, что и Дрейк (принцип технического совершенства) считал необходимым принимать во внимание лишь принципиально неустраняемые источники шума. Одним из таких источников, как мы видели (§ 1.2), является галактическое радиоизлучение. В качестве другого источника Дрейк рассматривал излучение атмосферы. Но его нельзя считать принципиально неустраняемым, так как цивилизация может вынести приемную антенну за пределы атмосферы. Поэтому Кардашев не стал принимать во внимание этот источник шума, т. е. здесь он пошел дальше Дрейка, последовательно проводя «принцип технического совершенства цивилизаций». Вместе с тем, он учел еще один важный фактор — квантовые флуктуации.

Предположим, что отсутствуют все источники шума, включая излучение фона. Казалось бы в этом случае, раз нет шума, то для передачи единицы информации можно затратить сколь угодно мало

энергии. Однако это не так. Вследствие квантовой природы электромагнитного излучения количество информации пропорционально числу излучаемых фотонов (в пределе каждый квант, каждый фотон несет один бит информации). Следовательно, энергия, затрачиваемая на один бит, не может быть меньше, чем энергия одного кванта $h\nu$ (практически, она значительно больше, но пропорциональна $h\nu$). Это эквивалентно наличию шума с температурой $T_q = h\nu/k$ (h — постоянная Планка, k — постоянная Больцмана, ν — частота сигнала). Чем больше частота сигнала, тем больше энергия кванта и тем, стало быть, выше температура квантового шума.

На рис. 1.4.1 приведен спектр шумов за пределами земной атмосферы по Кардашеву. В низкочастотной области спектра шумы определяются галактическим фоном, в высокочастотной области — квантовыми флуктуациями. Сплошная линия соответствует наблюдению в направлении на центр Галактики, она имеет минимум в области 10^{10} Гц (длина волны 3 см). Штриховая линия соответствует наблюдению в направлении на полюс Галактики, она имеет минимум на частоте $3 \cdot 10^9$ Гц (длина волны 10 см). В целом весь широкий диапазон спектра $10^9 \div 10^{11}$ Гц, где обеспечивается низкий уровень шума, можно считать оптимальным для межзвездной связи. Правда, здесь не учтено реликтовое излучение, которое было открыто позже, после появления работы Кардашева, но его учет качественно не меняет картину, если ограничиться рассмотрением радиодиапазона (см. ниже рис. 7.2.1).

Какова дальность обнаружения для сигналов сверхцивилизаций? При рассмотренных условиях (непрерывная изотропная передача в широкой полосе частот) дальность обнаружения для цивилизаций II типа может

достигать 10 млн св. лет, что соответствует расстоянию до ближайших галактик. Для цивилизаций III типа дальность обнаружения порядка 10 млрд св. лет, что сопоставимо с размерами наблюдае-

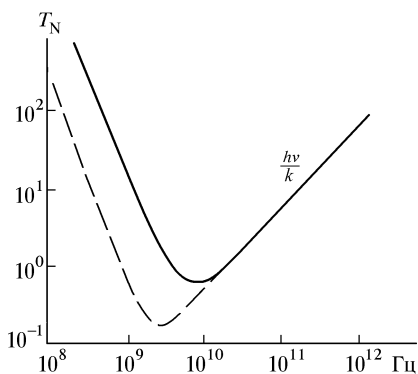


Рис. 1.4.1. Спектр шумов за пределами земной атмосферы (без учета реликтового фона).

Сплошная линия соответствует наблюдению в направлении на центр Галактики, штриховая — в направлении на полюс Галактики

мой Вселенной. Значит, если где-нибудь в нашей Галактике, или даже в соседних галактиках, существует хотя бы одна цивилизация II типа, то мы уже сейчас, при современном уровне радиотехники, можем обнаружить посылаемые ею сигналы. Что касается цивилизаций III типа, то такую цивилизацию можно обнаружить всюду, где бы она ни находилась, в пределах наблюдаемой области Вселенной.

Конечно, это достигается за счет предполагаемой гигантской мощности передатчиков сверхцивилизаций. Возникает вопрос — не будет ли слишком расточительным для них расходовать почти всю потребляемую ими энергию на радиоизлучение в целях межзвездной связи? Кардашев специально подчеркнул, что никакой расточительности здесь нет. Любая стабильная система с внутренними источниками энергии должна излучать во внешнее пространства ровно столько энергии, сколько она потребляет, иначе ее температура будет постоянно возрастать. Значит излучение неизбежно, надо только преобразовать его в нужный диапазон спектра и закодировать для передачи информации. Но на преобразование и кодирование существенной доли энергии не требуется. Кардашев считал бесполезным пытаться представить себе технологию сверхцивилизаций, поэтому он не рассматривал конкретные пути технической реализации такой передачи, важно, что это не противоречит законам физики²⁰.

В настоящее время не существует сколько-нибудь уверенных оценок расстояний между космическими цивилизациями. При больших расстояниях (скажем, больше 1000 св. лет) время распространения сигнала может превысить характерное время развития цивилизаций (время их существенного изменения), а при еще больших расстояниях — даже время жизни цивилизаций. При таких условиях «диалог» между цивилизациями становится бесперспективным. Следовательно, речь может идти только об *односторонней* связи (космическое радиовещание), когда каждая цивилизация передает некий объем знаний без надежды на ответ.

Такая односторонняя передача в определенном смысле подобна передаче генетической информации. Как судьба особи после вос-

²⁰ Впоследствии В. С. Троицкий указал на ряд трудностей создания всенаправленного «радиомаяка» с мощностью, соответствующей цивилизациям II и III типа (*Троицкий В.С. Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 5 – 29*). Однако это относится к конкретным механизмам его создания.

произведения потомства не имеет значения для истории вида, точно так же и судьба цивилизации, после того как она отправит послание в Космос, не имеет значения для ее получателя. Может быть, в момент приема сигналов, где-то в отдаленной части Вселенной, пославшая их цивилизация уже перестала существовать, но электромагнитные волны донесут до неизвестных абонентов отправленную им информацию.

Какое же количество информации можно передать по каналу межзвездной связи? Это зависит от полосы частот канала связи. При полосе 10^9 Гц можно передавать не менее 10^9 двоичных единиц в секунду. Тогда для передачи одного тома энциклопедии, содержащего 10^6 двоичных единиц, потребуется тысячная доля секунды, а за 100 секунд можно будет передать информацию, содержащуюся в 100 тысячах подобных томов, в которых, вероятно, можно было бы изложить всю сумму знаний, накопленных человечеством. При полосе 10^{11} Гц скорость передачи, соответственно, в 100 раз выше.

Можно представить себе такую модель контакта. Цивилизация II или III типа непрерывно посылает сигналы по всем направлениям в пространстве. Каждый цикл передачи занимает время порядка одного года, в течение которого передается 10^{16} – 10^{18} бит информации. По окончании цикла программа повторяется вновь и вновь. Тогда, где бы в пределах действия передатчика, ни находился предполагаемый абонент (цивилизация-получатель), она, рано или поздно, достигнув определенного уровня развития, сумеет обнаружить эти сигналы, расшифрует их и начнет прием ценнейшей информации от более развитой цивилизации. Это поможет ей преодолеть многие трудности, избежать многих ошибок и будет способствовать более быстрому развитию (или, во всяком случае, расширению и обогащению ее опыта и знаний). Скоро и эта цивилизация сможет послать сигналы в космическое пространство, передавая знания, полученные ею и обогащенные ее собственным опытом.

Такая модель контакта напоминает взаимодействие культур на земном шаре. Многие великие цивилизации древности давно перестали существовать, но непреходящие ценности их культуры продолжают волновать новые и новые поколения людей и являются предметом изучения новых поколений, хотя никто из нас уже не сможет что-либо спросить у Сократа или поспорить с Аристотелем.

Как же обнаружить сигналы от сверхцивилизаций? Монохроматический сигнал легко выделить из естественного космического радиоизлучения, так как он отличается именно своей узкополосно-

стью. Но при полосе частот $10^9 \div 10^{11}$ Гц искусственный сигнал очень напоминает широкополосное излучение естественных радиоисточников. Поэтому необходимо установить какими признаками должен отличаться искусственный источник радиоизлучения от естественного. Ведь прежде чем пытаться получить информацию путем расшифровки полученных сигналов, мы должны убедиться в том, что имеем дело с искусственным источником (цивилизацией), должны суметь выделить его из множества естественных радиоисточников. То есть здесь на первый план выдвигается проблема *критериев искусственности*.

Кардашев указал на несколько таких отличительных признаков, которым должен удовлетворять искусственный радиоисточник: предельно малые угловые размеры, характерное спектральное распределение мощности (см. § 1.7), особенности излучения вблизи линии 21 см, круговая поляризация, закономерное изменение характеристик источника со временем.

Таким образом, помимо исследования ближайших звезд, наметился еще один путь поиска сигналов ВЦ — поиск новых радиоисточников в оптимальном диапазоне волн и их изучение с целью отобрать возможные искусственные источники, в соответствии с предполагаемыми критериями искусственности. Это направление тесно смыкается с актуальными задачами радиоастрономии.

1.5. Две стратегии поиска сигналов

Идеи Н. С. Кардашева открывали хорошие перспективы для поиска радиосигналов ВЦ. Надо было с чего-то начать. Осенью 1963 г. И. С. Шкловский и Н. С. Кардашев обсудили эту проблему с академиком В. А. Амбарцумяном, который предложил для оценки состояния проблемы и выработки практических рекомендаций провести научное совещание и согласился с тем, чтобы оно проходило в Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения), директором которой он был.

Первое Всесоюзное совещание по проблеме «Внеземные цивилизации» состоялось 20–23 мая 1964 г. Оно было организовано Астрономическим советом Академии наук СССР, Государственным астрономическим институтом им. П. К. Штернберга и Бюраканской Астрофизической обсерваторией. Состав участников был не очень широк; в основном это были астрономы, радиоастрономы и ра-

диофизики²¹. Среди них ведущие советские радиоастрономы: С. Э. Хайкин, И. С. Шкловский, В. С. Троицкий, Н. Л. Кайдановский, Н. С. Кардашев, Ю. Н. Парийский, В. А. Разин, Г. М. Товмасын и др.; крупнейшие радиофизики: В. А. Котельников, А. А. Пистолькорс, В. И. Сифоров; специалисты по космической связи: Е. Я. Богуславский, Е. Ф. Дубовицкая; из астрономов принимали участие Б. В. Кукаркин, Д. Я. Мартынов, Б. Я. Маркарян, Э. Е. Хачикян, И. Д. Новиков и др.; физику представлял Я. Б. Зельдович, математику А. В. Гладкий. Совещание проходило под председательством В. А. Амбарцумяна.

Круг вопросов, которые обсуждались на совещании, можно разбить на три группы: а) общие проблемы ВЦ (физические условия, необходимые для возникновения и развития жизни, множественность обитаемых миров и ожидаемая распространенность технически развитых цивилизаций, характер и уровень их развития, возможные типы контактов между цивилизациями); б) проблема установления связи с ВЦ (оптимальный диапазон частот, возможная длительность и информативность связи, ожидаемые свойства искусственных радиоисточников, методы их обнаружения); в) проблема языка для межзвездной связи.

Совещание пришло к выводу, что проблема контакта с внеземными цивилизациями является важной и актуальной научной проблемой, которая вполне созрела, поскольку «имеются реальные предпосылки для постановки исследований и опытов» в этом направлении. Была подчеркнута необходимость планомерного экспериментального и теоретического изучения проблемы ВЦ.

В отношении методики поиска сигналов на совещании выявились два подхода, две различные точки зрения. Первое направление — поиск сигналов от цивилизаций нашего или несколько более высокого уровня (цивилизации I типа по Кардашеву). Методика поиска подобных цивилизаций исходит из того, что для обеспечения разумной дальности связи передающая цивилизация использует узкополосное и узконаправленное радиоизлучение (узкополосность служит также критерием искусственности).

²¹ В последующем совещания стали более представительными: в них, наряду с астрономами и физиками, принимали участие биологи, историки, социологи, философы, лингвисты.

Идею использования узкополосных сигналов для межзвездной связи активно отстаивал В. С. Троицкий²². Он не связывал такие сигналы с какой-то универсальной частотой (например, с радиолинией 21 см), а считал необходимым осуществлять поиск во всем оптимальном диапазоне волн (сантиметровые и дециметровые волны). В частности, он обратил внимание на целесообразность поиска около линий радиоизлучения отдельных молекул, применяемых в молекулярных генераторах и усилителях: линия аммиака на волне 1,25 см и линия формальдегида на волне 0,4 см.

Для обнаружения подобных сигналов, как уже отмечалось выше, необходимо осуществлять поиск по частоте и поиск по направлению. Простейшая стратегия состоит в том, что обе цивилизации, передающая и принимающая, осуществляют взаимный поиск, обследуя множество подходящих звезд, поочередно направляя антенны на них. Однако в этом случае очень велика вероятность пропуска сигнала. Чтобы исключить пропуск сигнала, В. А. Котельников предложил создать непрерывно действующую многоантенную систему обнаружения, перекрывающую весь небесный свод и обеспечивающую поиск по частоте в пределах выбранного оптимального диапазона волн²³. С этой целью каждая антенна должна быть оборудована многоканальным приемником; полоса каждого канала порядка 1 Гц, для перекрытия оптимального диапазона требуется 10^9 – 10^{10} спектральных каналов.

Блок-схема приемника Котельникова приведена на рис. 1.5.1. Здесь А — антенна, У — усилитель, в котором происходит усиление и преобразование частоты принимаемых сигналов, Ф — фильтры с полосой Δf , Д — детекторы, И — интеграторы, суммирующие энергию, прошедшую через фильтр за время посылки длительностью τ , П — пороговые устройства, которые дают сигнал на выходе только в том случае, когда энергия, прошедшая через фильтр за время τ превышает установленное пороговое значение.

Приемник позволяет обнаружить сигнал, но не дает возможность принимать информацию, если при передаче используется одна из систем амплитудной модуляции. Можно однако, передавать информацию, меняя частоту сигнала от посылки к посылке. Тогда сигнал будет появляться то

²² Троицкий В.С. Некоторые соображения о поисках разумных сигналов из Вселенной / Внеземные цивилизации. Труды совещания. Бюракан, 20–23 мая 1964 г. — Ереван, 1965. С. 97–112.

²³ Котельников В.А. Связь с внеземными цивилизациями в радиодиапазоне / Внеземные цивилизации. — Ереван, 1965. С. 113–120.

в одном, то в другом канале приемника), причем с каждой новой посылкой он будет регистрироваться в каждом новом канале.

Появление сигнала в данном канале можно рассматривать как определенное сообщение. Скорость передачи информации в такой системе

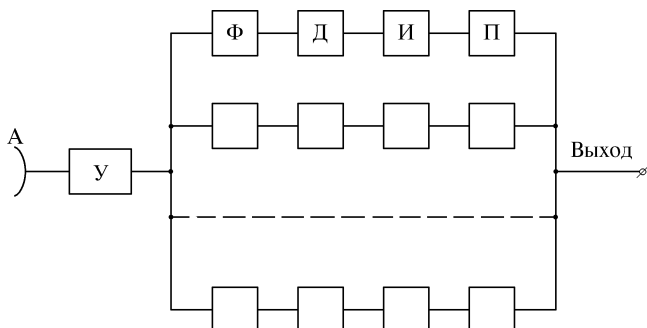


Рис. 1.5.1. Многоканальный приемник В. А. Котельникова для поиска сигналов ВЦ:
А — антенна, У — усилитель, Ф — узкополосные фильтры, И — интеграторы, П — пороговые устройства

будет составлять $(\log_2 N)/\tau$ бит в секунду (N — число спектральных каналов в приемнике). А полное количество информации, которое можно передать за время одной посылки длительностью τ , равно $\log_2 N$, что при $N = 10^9 - 10^{10}$ составляет приблизительно 30 бит.

Стратегия поиска при использовании подобной системы, согласно В. А. Котельникову, состоит в следующем. Рассмотрим две цивилизации А и В, расположенные на расстоянии R друг от друга. Цивилизация А ведет передачу, цивилизация В работает на прием. Осуществляя поиск по направлению, цивилизация А последовательно «обшаривает» лучом своей антенны все небо, при этом длительность посылки сигнала в данном направлении равна τ . Пусть телесный угол луча антенны равен ω . Тогда для обхода небесной сферы требуется время $t_0 = 4\pi\tau/\omega$. Поскольку цивилизация В, как мы предположили, имеет систему обнаружения, охватывающую все небо, одна из антенн этой системы смотрит на цивилизацию А. Приемник, связанный с этой антенной, зафиксирует сигнал в момент, когда сканирующая антенна цивилизации А окажется направленной на цивилизацию В. Эксперимент по обнаружению сигнала должен длиться в течение времени t , значительно превышающего t_0 . Тогда за время проведения эксперимента сигнал будет зарегистрирован несколько раз (вообще говоря, в разных каналах) через равные промежутки

времени t_0 , что позволит уверенно отличить его от случайных помех.

Какова же длительность эксперимента при подобном поиске? Примем, что длительность послышки в данном направлении $\tau = 3$ с. Пусть площадь передающей антенны $S_1 = 10^5$ м², длина волны $\lambda = 10$ см; тогда $\omega = \lambda^2/S_1 = 10^{-7}$, $t_0 = 3,8 \cdot 10^8$ с ≈ 12 лет. А полное время эксперимента в этом случае будет составлять $\sim 10^2$ лет. Это время можно существенно сократить, если цивилизация А, вместо того, чтобы «обшаривать» все небо, будет последовательно облучать все подходящие звезды в сфере радиуса R , быстро переводя антенну с одной звезды на другую. Пусть, например, система рассчитана на дальность связи 3000 св. лет, т. е. обе цивилизации предполагают, что расстояние между ними не превышает 3000 св. лет. В сфере такого радиуса содержится $\sim 10^8$ звезд. Поскольку каждая звезда облучается в течение 3 секунд, то (пренебрегая временем на перестановку антенны) полное время облучения всех звезд составит $3 \cdot 10^8$ с или 10 лет. То есть оно того же порядка, как и при обходе всего неба. Однако нет необходимости облучать все звезды. Цивилизация А должна выбрать только те из них, около которых можно ожидать наличие технически развитых цивилизаций. В. А. Котельников принял, что доля таких «подходящих» звезд составляет 1 %. Тогда время их облучения будет составлять 0,1 года. Если эксперимент длится 1 год, то за это время сигнал появится 10 раз через каждые 36 дней.

Каковы параметры системы обнаружения? Пусть мощность передатчика составляет 10^9 Вт, $\lambda = 10$ см, $\tau = 3$ с. Оптимальные условия обнаружения радиоизлучения реализуются, когда полоса каждого канала $\Delta f = 1/\tau$. Будем считать, что это условие выполнено. Пусть шумовая температура приемника $T_{\text{ш}} = 30$ К, и пусть у приемника установлено значение порога, при котором вероятность ложного срабатывания и вероятность пропуска сигнала составляет 10^{-5} . Чтобы при этих условиях обнаружить сигнал на расстоянии 3000 св. лет, надо иметь приемную антенну площадью 900 м². Чтобы с помощью таких антенн перекрыть весь небесный свод, надо иметь более миллиона антенн (см. табл. 1.5.1). При этом не следует забывать, что каждая такая антенна оборудуется многоканальным приемником, содержащим 10^9 – 10^{10} спектральных каналов. Конечно, создание подобной системы чрезвычайно сложная задача.

Параметры системы весьма чувствительны к расстоянию между цивилизациями. Если система рассчитана на 1400 св. лет, то для обнаружения требуется 250 тысяч более скромных антенн площадью 200 м² каждая. При этом время обходы всех подходящих звезд составляет 3,6 дня. Если эксперимент по-прежнему длится 1 год, то за это время сигнал должен появиться 100 раз. В этом случае можно разделить небосвод на 10 частей и последовательно обследовать каждую из них. Тогда, чтобы перекрыть исследуемую часть неба, количество антенн можно сократить в 10 раз, что составит 25 тысяч антенн. Длительность обследования каж-

Таблица 1.5.1

Параметры многоантенной системы обнаружения²⁴

Радиус сферы, св. лет	3000	1400	650	300
Число звезд в сфере	10^8	10^7	10^6	10^5
Время обхода всех звезд	10 лет	1 год	36 сут.	4 сут.
Площадь приемной антенны, м ²	900	200	40	9
Число антенн в системе обнаружения	1300000	250000	50000	11000
Число частей, на которые можно разбить небосвод	1	10	100	1000
Число антенн при делении небосвода	1300000	25000	500	11

дой части неба — 36 дней, за это время сигнал должен появиться 10 раз. При расстоянии 300 св. лет система должна содержать 11 тысяч совсем небольших антенн площадью 9 м². При этом время обхода всех подходящих звезд, при принятых параметрах передающей системы, составит всего 1 час; небосвод можно разделить на 1000 частей, для перекрытия каждой из которых потребуются только 11 антенн. В этом случае система обнаружения вырождается в несколько антенн, последовательно (по частям) обследующих небесный свод.

Исходя из подобных расчетов, В. А. Котельников пришел к выводу, что обнаружение сигналов от цивилизаций нашего уровня вполне реально, если одна такая цивилизация приходится на 10^6 звезд.

²⁴ Параметры, приведенные в таблице, пересчитаны по сравнению с приводимыми в оригинальной работе В. А. Котельникова, принимая среднюю звездную плотность в окрестностях Солнца $0,13 \text{ пк}^{-3}$ (Аллен К.У. *Астрофизические величины*. — М.: Мир, 1977. С. 356), что соответствует среднему расстоянию между звездами 6,5 св. лет.

Если одна цивилизация приходится на 10^7 звезд, то при определенных условиях ее еще можно обнаружить. Но если одна цивилизация приходится на 10^8 звезд, то обнаружить ее современными средствами крайне затруднительно.

Если первая часть предложения В. А. Котельникова — создание многоканальных приемников — впоследствии была реализована, то к созданию многоантенных систем обнаружения пока даже не приступали. Эксперименты по поиску монохроматических сигналов, которые проводились до настоящего времени, состояли в кратковременном, последовательном обследовании небольшого числа подходящих звезд в ближайших окрестностях Солнца.

Второе направление, развиваемое Н. С. Кардашевым — поиск сигналов от сверхцивилизаций (см. § 1.4). Поскольку речь идет о непрерывном широкополосном излучении, обнаружение подобных сигналов возможно с помощью обычной радиоастрономической аппаратуры. Здесь, практически, не требуется проводить поиск по частоте. А поиск по направлению сводится к исследованию различных дискретных источников космического радиоизлучения с целью выявления среди них искусственных радиоисточников, в соответствии с ожидаемыми критериями искусственности. Обследование звезд в рамках этой программы не представляет интерес, так как сверхцивилизации, осуществляющие преобразование таких гигантских потоков энергии, уже не могут ассоциироваться с обычными звездами.

Следует заметить, что в начале 1960-х годов, когда была выдвинута эта программа, космическое радиоизлучение в оптимальном для межзвездной связи сантиметровом диапазоне волн было еще очень слабо изучено. Обзоры неба, проведенные к тому времени, на основе которых были составлены каталоги радиоисточников, выполнялись на более длинных волнах. Например, знаменитый Кембриджский обзор проводился на частоте 178 МГц. Можно было ожидать, что существует множество радиоисточников с максимумом излучения в сантиметровом диапазоне, которые не видны на более длинных волнах²⁵. Среди них могли быть и искусственные источники. Поэтому Н. С. Кардашев выдвинул в качестве первоочередной задачи SETI проведение полных обзоров неба в оптимальном для межзвездной связи сантиметровом диапазоне волн. Это

²⁵ Последующие исследования подтвердили существование такого класса радиоисточников.

предложение было поддержано радиоастрономами, поскольку оно смыкалось с актуальными задачами радиоастрономии. Предполагалось, что в процессе обзора можно будет делать отбор источников с малыми угловыми размерами, а затем исследовать их согласно другим ожидаемым критериям искусственности.

Кроме того, Н. С. Кардашев обратил внимание на необходимость поиска искусственных радиоисточников в центре нашей Галактики и в ближайших галактиках — Магеллановых Облаках и Туманности Андромеда, а также на исследование некоторых пекулярных радиоисточников.

Бюраканское совещание рекомендовало развивать исследования в обоих направлениях: поиск монохроматических сигналов от ближайших звезд и поиск сигналов от сверхцивилизаций путем детального исследования радиоисточников, подозреваемых в качестве искусственных.

1.6. Сигнал готовности

Интересные соображения о стратегии поиска внеземных цивилизаций были развиты патриархом советской радиоастрономии С. Э. Хайкиным (1901–1968)²⁶. По состоянию здоровья он не мог присутствовать на бюраканской конференции, представленный им доклад был зачитан Ю. Н. Парийским, с которым Хайкин обсуждал основные положения своего доклада.

«Своеобразие обсуждаемой проблемы, — подчеркнул Хайкин, — состоит в том, что она обращена в далекое будущее. Если не проявлять необоснованного оптимизма (который был бы только вреден), то нужно быть готовым к тому, что результат этой работы станет известным только нашим потомкам и, быть может, даже далеким потомкам». Отсюда следует, что планомерная работа по установлению радиосвязи с ВЦ «должна быть организована как систематическая работа многих поколений». Конечно, — отмечал Хайкин, — нельзя исключить того, что первый успех будет достигнут быстро, но это скорее надо рассматривать «как очень маловероятную случайность, на которую нельзя рассчитывать при организации планомерной работы». В обстановке энтузиазма первых лет SETI это сдержанное заявление прозвучало некоторым диссонан-

²⁶ Хайкин С.Э. О проблеме связи с внеземными цивилизациями / Внеземные цивилизации. — Ереван, 1965. С. 83–94.

сом, но последующее развитие событий подтвердило правоту Хайкина.

Одной из особенностей нашего динамичного и прагматического века является стремление к быстрому получению результатов, желание самим воспользоваться плодами своего труда. В прошлые века люди нередко предпринимали проекты, осуществление которых растягивалось на многие поколения. Достаточно вспомнить сооружение крупных величественных храмов. Те, кто проектировал такой храм, и кто закладывал первые камни в его фундамент, не могли надеяться увидеть завершение сооружения, но это не останавливало строителей. Теперь подобные проекты почти не предпринимаются. Возможно, SETI является именно таким проектом, и нам суждено лишь заложить первые камни в его основание.

Важнейший вопрос в проблеме связи с ВЦ — как отличить искусственные сигналы от естественного радиоизлучения. Излучение естественных источников содержит информацию о мощности радиоизлучения, его спектральном составе, характере поляризации, размерах источника, распределении яркости в нем. Эту информацию Хайкин назвал «естественной информацией». Но такая же «естественная информация» содержится и в радиоизлучении искусственного источника. Поэтому она не может дать бесспорных доказательств искусственного происхождения источника, а может дать лишь более или менее веские основания подозревать его в искусственности. Единственным бесспорным доказательством искусственного характера принимаемого радиоизлучения может служить только наличие в нем какой-либо информации, выходящей за пределы «естественной информации». Как обнаружить такую информацию? Прежде всего, считает Хайкин, необходимо получить наиболее полную и детальную «естественную информацию» о космических радиоисточниках. Мы должны знать возможно больше о том, какими свойствами обладают естественные радиоисточники. Тогда, обнаружив источник с резко отличными свойствами, мы можем подозревать его искусственное происхождение, хотя нельзя исключить и того, что он относится к новому классу естественных радиоисточников. Чем полнее «естественная информация» об источниках, которой мы располагаем, тем больше вероятность того, что «подозрительный» источник может иметь искусственное происхождение. Но задача получения наиболее полной «естественной информации» о радиоисточниках — это основная задача радиоастрономии. Поэтому, заключает Хайкин, планомерные поиски сигналов ВЦ (а не

попытки, рассчитанные на случайную удачу) на первом этапе полностью совпадают с задачами радиоастрономии. Лишь тогда, когда будут накоплены достаточно веские «улики» искусственного происхождения того или иного источника, станут целесообразны попытки обнаружить в принимаемом радиоизлучении информацию, выходящую за пределы «естественной информации». Только эта последняя задача является специфической для связи с ВЦ, и только для ее решения потребуются специальные технические средства помимо тех, которые используются в радиоастрономии.

Совпадение первого этапа поиска сигналов ВЦ с задачами радиоастрономии является очень благоприятным обстоятельством, ибо позволяет организовать работу на первом этапе таким образом, чтобы она приносила реальные результаты, которые позволят оправдать затраченные усилия и будут поддерживать интерес к работе у большого коллектива людей, а не только у отдельных энтузиастов. От того, насколько полно будет использована такая благоприятная возможность, указал Хайкин, будет зависеть успех первого, а значит, и последующих этапов поиска радиосигналов ВЦ.

Какие средства следует использовать для связи с ВЦ? С. Э. Хайкин подчеркнул, что возможности связи зависят от уровня средств, которыми располагают *обе* цивилизации, и определяются «произведением их возможностей». Поэтому чем более мощные средства мы применим, тем менее мощными средствами могут располагать наши партнеры, или, при тех же средствах, тем больше будет предельное расстояние, на котором возможно установление связи. Применение возможно более мощных средств на Земле значительно увеличит вероятность осуществления связи с ВЦ и, следовательно, должно быть положено в основу программы решения этой проблемы.

Однако С. Э. Хайкин не ограничился только этими общими соображениями, а предложил конкретную стратегию, основанную на идее *взаимного* поиска, при котором каждый из партнеров стремится предугадать действия другого и согласовать с ним свои действия.

Рассмотрим две цивилизации А и В, различающиеся по уровню развития. Пусть развитие цивилизации В соответствует примерно нашему уровню, а цивилизация А гораздо более развита. Для цивилизации В трудность планирования радиосвязи состоит в том, что она не знает ничего определенного о технических возможностях цивилизации А. Последняя находится в этом отношении в гораздо более благоприятных обстоятельствах: планируя радиосвязь с менее развитой цивилизацией В, она может вполне определенно ука-

зять тот низший уровень развития цивилизации В, при которой та будет в состоянии принять посланные ей сигналы. Цивилизации более низкого уровня (неспособные принять ее сигналы) не будут интересовать цивилизацию А. Но возможности тех цивилизаций, которые способны установить связь, будут ей известны.

Попробуем встать на точку зрения цивилизации А. Как ей установить связь с цивилизацией В? Если положение цивилизации В в пространстве неизвестно, ей не остается ничего другого, как либо вести изотропную передачу на всю Галактику, либо последовательно обследовать лучом своей антенны все подходящие звезды в сфере выбранного радиуса R . Но поскольку цивилизация А знает уровень развития цивилизации В, она придет к выводу, что цивилизация В способна сообщить о своем существовании и готовности приема сигнала (цивилизации, не способные к этому, не будут приниматься во внимание). Для этого цивилизация В должна послать монохроматическое излучение с шириной полосы несколько герц на частоте радиолинии водорода 21 см (или, еще лучше, на одной из частот ее гармоник) мощностью в тысячи киловатт, последовательно облучая все небо, или телесный угол, в котором находится большинство звезд Галактики. Рассчитывая на передачу такого «сигнала готовности», цивилизация А создаст систему обнаружения, предназначенную для его приема. (Это может быть система, аналогичная рассмотренной в предыдущем параграфе.) Цивилизация В не закладывает в «сигнал готовности» никакой специальной информации, однако, приняв его, цивилизация А сможет определить направление, откуда был послан сигнал, и оценить расстояние до цивилизации В. После этого она немедленно приступает к передаче информации цивилизации В с помощью остронаправленной антенны. При этом радиоизлучение, несущее информацию, можно будет сопровождать «пилотсигналом» на частоте, совпадающей с той, на которой передает свой «сигнал готовности» цивилизация В. Это будет указание на то, что «сигнал готовности» принят, и в передаваемом излучении содержится «искусственная информация».

До сих пор мы рассуждали с точки зрения цивилизации А. Встанем теперь на точку зрения цивилизации В. Она должна учитывать этот образ мысли цивилизации А и выполнять свою часть программы взаимного поиска, т. е. послать «сигнал готовности». Конечно, она может *надеяться*, что цивилизация А осуществит передачу, не дожидаясь получения «сигнала готовности». Но при этом ей придется считаться с тем, что другие цивилизации типа В примут эту страте-

гию и пошлют свой «сигнал готовности». Тогда цивилизация А будет считать существующими только те цивилизации В, от которых приходит «сигнал готовности». Если бы она знала, что цивилизация В не имеет возможности послать «сигнал готовности», тогда ей пришлось бы вести передачу на всю Галактику (путем изотропного излучения или последовательно облучая все направления). Но цивилизация А знает, что цивилизация В имеет такую возможность, и она знает, что цивилизация В знает, что она знает об этом. Принимая во внимание эти обстоятельства, цивилизация В должна понять, что, отказываясь от передачи «сигнала готовности», она рискует поставить себя вне системы организованной Галактической связи. Не является ли «сигнал готовности» тем взносом, который цивилизация В должна внести за вступление в «Галактический клуб»?

«Возникает любопытная ситуация, — подчеркнул Хайкин, — в “сообществе цивилизаций Вселенной” каждая из цивилизаций должна, в соответствии с уровнем своего развития, затрачивать определенные усилия на укрепление “сообщества”. Не выполняя выпавших на ее долю задач, она может оказаться вне сообщества». Это очень важное положение, которое выходит за рамки стратегии радиопоиска и имеет более широкое философское звучание. Всякий контакт предполагает желание и усилия, предпринимаемые с обеих сторон. «Сигнал готовности» можно трактовать в самом широком плане — прежде всего, как *внутреннюю психологическую и нравственную готовность человечества к контакту*.

Но вернемся к радиопоиску. Посылка «сигнала готовности» отдалает установление связи (на время распространения сигнала до цивилизации А и обратно). Если расстояние между цивилизациями не слишком велико (скажем, меньше 100 св. лет) эту задержку можно считать приемлемой; при больших расстояниях между цивилизациями (больше 1000 св. лет) задержка становится существенной. Может быть, это обстоятельство побуждает цивилизацию А посылать радиосигналы, не дожидаясь получения «сигнала готовности»? Мы не можем полностью предугадать ее действия. Поэтому было бы целесообразно, не отказываясь от поиска сигналов, организовать также передачу «сигнала готовности». Но такой сигнал должен стать акцией всего человечества. В этом случае наши усилия будут иметь смысл также как сигнал внутренней психологической готовности человечества к контакту. И тогда, кто знает, может быть, мы получим ответ даже от тех цивилизаций, которые используют неэлектромагнитные каналы связи?

1.7. Первые шаги. СТА-102

Сразу же после Бюраканской конференции В. С. Троицкий приступил к реализации своих идей. Ему удалось привлечь молодых сотрудников и аспирантов (Л. И. Герштейн, А. М. Стародубцев, В. Л. Рахлин), с помощью которых он приступил к созданию спектроанализатора по поиску узкополосных сигналов ВЦ.

Использовался метод параллельно-последовательного анализа спектра. Полоса анализа 2 МГц просматривалась 20-ю фильтрами шириной 100 кГц каждый. В свою очередь, 100-килогерцовая полоса перекрывалась 25-ю узкополосными фильтрами шириной 13 Гц, разнесенными по частоте на 4 кГц. Просмотр 100-килогерцовой полосы осуществлялся изменением частоты узкополосных фильтров. Время анализа исследуемой полосы 2 МГц составляло 10 минут.

К 1968 г. аппаратура была готова. Наблюдения начались осенью 1968 г., использовалась 15-метровая антенна радиоастрономической станции НИРФИ в Зименках. Исследовались 11 звезд солнечного типа (τ Кита, ϵ Эридана, Gl380 и 47 Большой Медведицы, β Гончих Псов, ρ Волос Вероники, η Геркулеса, π^1 Большой Медведицы, ψ^5 Возничего, ι Персея, η Волопаса) и галактика М 31 (знаменитая Туманность Андромеды). Наблюдение каждого объекта длилось 10 минут. Ни от одного из них не было зарегистрировано монохроматического потока, превышающего $2 \cdot 10^{-21}$ Вт/м² ²⁷. По сравнению с проектом Озма это был несомненный шаг вперед, однако при выборе частоты поиска исследователи были вынуждены исходить из имеющихся у них возможностей. Так была выбрана частота 926–928 МГц (диапазон 32 см) только потому, что в этом диапазоне имелись разработанные промышленностью высокочувствительные элементы СВЧ.

Еще одна группа, приступившая к исследованиям после Бюраканского совещания — московские радиоастрономы из ГАИШ под патронажем И. С. Шкловского и непосредственным руководством Н. С. Кардашева. Здесь работа велась в двух направлениях: исследование пекулярных источников и подготовка к проведению обзоров неба в сантиметровом диапазоне.

²⁷ Троицкий В.С., Стародубцев А.М. и др. Опыт поиска монохроматического радиозлучения от звезд в окрестностях Солнца на частоте 927 МГц // Астрон. журн. 1971. Т. 48. С. 645–647.

Для проведения полных обзоров неба в сантиметровом диапазоне волн Н. С. Кардашев предложил построить радиотелескоп, специально предназначенный для этой цели. За основу был принят радиотелескоп системы Крауса. Он состоит из двух отражателей — неподвижного параболического цилиндра, оптическая ось которого направлена в меридиан, и плоского отражателя, который может вращаться вокруг горизонтальной оси, благодаря чему диаграмма направленности смещается в вертикальной плоскости, и можно наблюдать источники, кульминирующие на различной высоте над горизонтом. Если зафиксировать наклон плоского отражателя, то благодаря суточному вращению небесной сферы через диаграмму направленности радиотелескопа в течение суток пройдут все радиоисточники, кульминирующие на заданном угловом возвышении над горизонтом, т. е. имеющие заданное склонение δ . Таким образом, за сутки будет покрыта полоска неба в виде кольцевой зоны (360° по прямому восхождению) с шириной, равной размеру диаграммы направленности в вертикальной плоскости. Изменив наклон плоского отражателя, можно в следующие сутки просмотреть кольцевую зону, примыкающую к первой, и, двигаясь таким образом, шаг за шагом, перекрыть, наконец, все небо.

В отличие от обычного радиотелескопа, имеющего антенну в форме параболоида вращения, у которого диаграмма направленности симметрична (так называемая «игольчатая» или «карандашная» диаграмма направленности), радиотелескоп системы Крауса имеет «ножевую» диаграмму направленности, ее размер в вертикальной плоскости значительно больше, чем в горизонтальной. Это увеличивает ширину полосы обзора в течение суток и позволяет значительно сократить полное время обзора неба. Кроме того, благодаря малой ширине «ножа» в горизонтальной плоскости возникает возможность более точной (чем при «карандашной» диаграмме) оценки угловых размеров источника.

Эскизный проект радиотелескопа для проведения обзоров неба был разработан в Государственном Астрономическом институте им. П. К. Штернберга (ГАИШ) при МГУ и получил название РТ-МГУ (см. рис. 1.7.1). Неподвижный параболический рефлектор имел размер 416×5 м (горизонтальный раскрыв 400 м). Плоский отражатель размером $414 \times 8,2$ м мог вращаться в пределах $52,5^\circ$ от вертикали, что обеспечивало перекрытие интервала склонений 105° и позволяло на широте 45° наблюдать 80% всей небесной сферы.

Геометрическая площадь антенны составляла 2000 м². Диаграмма направленности по уровню половинной мощности на волне 1 см равнялась 5" × 412". Полное время обзора на той же волне (с учетом частичного перекрытия полос) — около 5 лет.

И. С. Шкловский, работавший в то время заведующим отделом радиоастрономии ГАИШ, добился поддержки проекта у ректора МГУ академика И. Г. Петровского, который всегда очень внимательно относился к нуждам радиоастрономии. Однако университет не мог выделить необходимые средства. И. Г. Петровский обратился

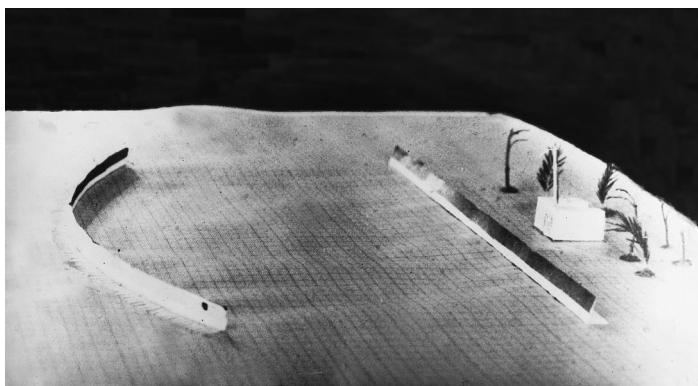


Рис. 1.7.1. Радиотелескоп РТ–МГУ.

Фотография с макета, изготовленного Т. А. Лозинской из бумаги и хлебных крошек

к президенту Академии Наук СССР академику М. В. Келдышу и обсудил с ним возможность сооружения радиотелескопа совместно с Академией Наук на долевых началах. М. В. Келдыш согласился с этим предложением, и вопрос был передан на решение в Научный совет по проблеме «Радиоастрономия» АН СССР, председателем которого был В. А. Котельников.

Одновременно пулковские радиоастрономы, возглавляемые С. Э. Хайкиным, выдвинули проект создания крупного радиотелескопа сантиметрового диапазона волн с антенной переменного профиля (АПП) для нужд радиоастрономии. Отражающая поверхность АПП состоит из отдельных подвижных элементов, установленных на кольцевом фундаменте. Перемещение отражающих элементов вдоль радиуса образующей окружности с одновременным вращением их вокруг вертикальной и горизонтальной оси позволяет изме-

рять профиль отражающей поверхности и, таким образом, наводить телескоп в различные точки неба. По сравнению с параболоидом той же площади АПП имеет более высокое угловое разрешение. Подобно радиотелескопу системы Крауса, АПП также имеет «ножевую» диаграмму направленности, но с переменной высотой «ножа» (в зависимости от координат наблюдаемого источника).

При обсуждении обоих проектов в антенной секции Совета по радиоастрономии под председательством А. А. Пистолькорса было принято решение об их объединении: главный круговой отражатель

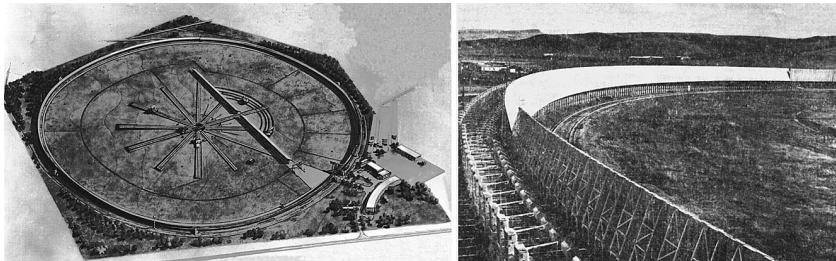


Рис. 1.7.2. Радиотелескоп РАТАН-600.

Слева — общий вид радиотелескопа (макет), справа — часть кругового отражателя

АПП был дополнен плоским отражателем, расположенным в южном секторе радиотелескопа. В сочетании с плоским отражателем южный сектор главного отражателя, по существу, представляет собой систему Крауса. Так возник проект радиотелескопа РАТАН-600 — крупнейшего советского радиотелескопа, сооруженного в 70-х годах на Северном Кавказе (рис.1.7.2). Он вошел в состав Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, располагавшей также самым крупным 6-метровым оптическим телескопом БТА. Создание радиотелескопа РАТАН-600 — хороший (но, увы, редкий!) пример сотрудничества двух разных радиоастрономических коллективов.

С конца семидесятых годов группа радиоастрономов ГАИШ ведет на РАТАН-600 наблюдения по программе обзора неба на нескольких частотах сантиметрового диапазона. Работа проводится как чисто радиоастрономическое исследование без какой бы то ни было связи с SETI. (В частности, все необычные сигналы «списываются» за счет случайных помех и в дальнейшем анализе не принимаются во внимание.) Это определяется кругом научных интересов исследователей. Тем не менее, полученный в результате обзора ма-

териал, в соответствии с идеями Н. С. Кардашева и С. Э. Хайкина, в перспективе может представлять интерес для SETI.

Наряду с подготовкой обзоров неба, в отделе радиоастрономии ГАИШ под руководством Н. С. Кардашева проводились наблюдения пекулярных радиоисточников с целью обнаружения их возможной искусственной природы. Особый резонанс вызвала обнаруженная Г. Б. Шоломицким переменность потока радиоизлучения СТА-102.

История этого открытия такова. В 1964 г. Н. С. Кардашев рассчитал спектр искусственного радиоисточника (передатчика внеземной цивилизации), исходя из оптимального распределении энергии передатчика с целью обеспечить максимальную скорость пере-

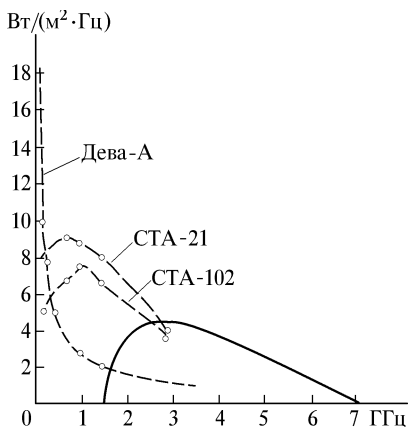


Рис. 1.7.3. Спектр радиоисточников СТА-21 и СТА-102.

Для сравнения приведен спектр радиогалактики Дева-А. Сплошная линия — ожидаемый спектр искусственного радиоисточника

дачи информации по каналу с шумом. Оказалось, что он существенно отличается от типичного спектра естественных радиоисточников. Изучив наблюдательный материал по спектрам, Кардашев обратил внимание на два источника СТА-21 и СТА-102, незадолго до этого обнаруженные в обзоре Калифорнийского технологического института. Они имели спектр, резко отличный от типичного «степенного» спектра, характерного для естественных радиоисточников, и — что самое удивительное! — очень напоминающий ожидаемый спектр искусственного радиоисточника, только смещенный в низкочастотную область спектра (рис. 1.7.3). Оба источ-

ника обладали также очень малыми угловыми размерами, что также соответствовало критерию искусственности. На основе этих данных Кардашев выдвинул гипотезу о возможном искусственном происхождении СТА-21 и СТА-102. Для проверки гипотезы он предложил исследовать, не является ли поток радиоизлучения от этих источников переменным. Дело в том, что известные в то время радиоисточники не показывали никакой переменности. Исключение (не

считая Солнца) составлял редкий класс радиоисточников типа Кассиопеи-А, являющихся остатками вспышек сверхновых звезд. Благодаря расширению оболочки сверхновой поток радиоизлучения

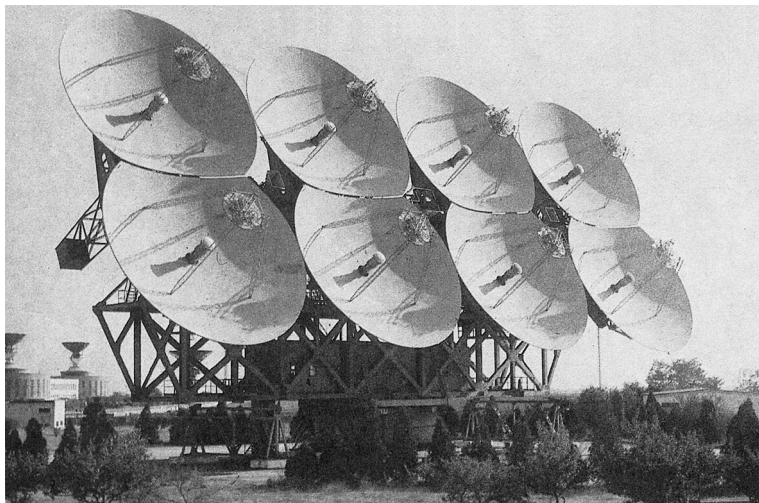


Рис. 1.7.4. Радиотелескоп Центра дальней космической связи СССР в Крыму, на котором проводились наблюдения радиоисточников СТА-21 и СТА-102

Кассиопеи-А медленно уменьшается со временем. Однако никаких периодических или нерегулярных изменений потока радиоисточников не наблюдалось и, согласно теории, не должно было наблюдаться. Напротив, для искусственных источников можно ожидать, что переменность является их неотъемлемым свойством. Ведь для передачи информации излучение должно быть каким-то образом модулировано, т. е. какие-то из его параметров (мощность, частота, фаза, поляризация) должны изменяться со временем. Ожидаемый временной масштаб этих изменений довольно неопределенный. Для информативной передачи изменения должны быть очень быстрыми, а для позывных сигналов они могут быть достаточно медленными. Если бы в радиоизлучении источников СТА-21 и СТА-102 удалось обнаружить переменность, это можно было бы рассматривать, как подтверждение гипотезы об их искусственном происхождении. Н. С. Кардашев уговорил Г. Б. Шоломицкого, который вел радиоастрономические наблюдения на антеннах Центра дальней космической связи СССР в Евпатории, провести исследование пере-

менности потока радиоизлучения СТА-21 и СТА-102. Хотя Шоломицкий скептически относился к гипотезе Кардашева, он согласился провести эти исследования, так как надеялся обнаружить вековое изменение потока, аналогичное изменению потока Кассиопеи-А.

Наблюдения проводились на частоте 920 МГц в течение нескольких месяцев в 1964–1965 гг. В экспериментальном отношении работа была выполнена со всей необходимой тщательностью. Изменялась величина потока источников СТА-21 и СТА-102 по отношению к эталонному источнику ЗС-48. Все возможные источники ошибок тщательно исследовались и учитывались. Радиоисточник СТА-21 не показал никакой переменности, а у источника СТА-102

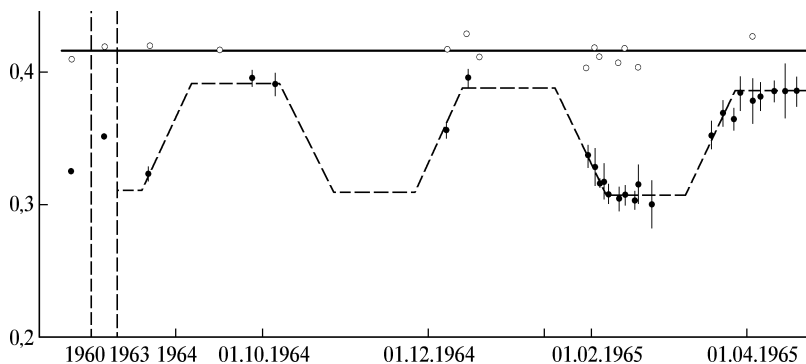


Рис. 1.7.5. Изменение потока радиоизлучения источника СТА-102 со временем. По горизонтальной оси отложено время (дата наблюдения), по вертикальной оси — отношение потоков радиоизлучения СТА-102 к потоку ЗС-48 (черные точки) и СТА-21 к ЗС-48 (кружки). Вертикальными черточками отмечены ошибки наблюдения. Видно, что поток СТА-21 остается постоянным, в то время как поток СТА-102 меняется с периодом 102 суток

было обнаружено периодическое изменение потока с периодом 102 суток²⁸ (рис.1.7.5).

Это открытие бурно обсуждалось в отделе радиоастрономии ГАИШ. Сотрудники отдела были молоды и энтузиазм был велик. Обсуждалась в связи с этим открытием и гипотеза Кардашева. На одной из таких дискуссий в апреле 1965 г. присутствовал корреспондент ТАСС А. Мидлер, который занимался научной журналистикой и часто заходил в отдел радиоастрономии за новостями. При-

²⁸ «Мистическое» совпадение номера источника (102) с периодом его переменности в сутках до сих пор остается загадкой.

сутствуя на дискуссии, он пришел к выводу, что обнаружена внеземная цивилизация и подготовил репортаж на эту тему.

12 апреля 1965 г. репортаж А. Мидлера был передан по каналам ТАСС и вызвал необычную сенсацию во всем мире. На следующее утро в ГАИШ пришла длинная телеграмма от Ф. Дрейка (с оплаченным ответом), в которой он просил сообщить детали открытия. Затем начались звонки от зарубежных информационных агентств, аккредитованных в Москве. В середине дня в ГАИШ, по требованию иностранных корреспондентов, была созвана пресс-конференция. На ней выступили директор ГАИШ профессор Д. Я. Мартынов, И. С.-Шкловский, Н. С. Кардашев, Г. Б. Шоломицкий. Журналистам было



Рис. 1.7.6. Г. Б. Шоломицкий, И. С. Шкловский, Н. С. Кардашев (слева направо) в конференц-зале ГАИШ после пресс-конференции о радиостойнике СТА-102, апрель 1965 г.

разъяснено, что речь идет всего лишь о гипотезе, что обнаружение переменности СТА-102 само по себе не является доказательством его искусственного происхождения (хотя и может рассматриваться как аргумент в пользу гипотезы Кардашева). Эти разъяснения несколько приглушили страсти, однако, тема обнаружения внеземных сигналов в течение нескольких дней не сходила со страниц мировой прессы. Сообщения о радиосигналах ВЦ подавались наряду с важнейшими политическими событиями тех дней.

Вот несколько выдержек из подготовленного ТАСС обзора зарубежной прессы (Бюллетень ТАСС, 14 апреля 1965 г.).

Обзор парижских газет.

«Париж, 14 апреля (ТАСС). Сегодня парижская печать занимается в основном двумя темами: проблемой Вьетнама и “внеземными голосами”. ...Что касается сигналов из Вселенной, принятых в Москве, то печать преподносит сообщения об этом как сенсацию. Газетные сообщения показывают, что эта весть вызвала страсти и полемику, иногда и проявления некоторых антисоветских настроений...

По словам “Комба”, этот факт “должен показать как великим мира сего, так и самым смиренным тщетность конфликтов между нами, которые могут распространиться на весь мир”.

Вюрмсер в “Юманите” пишет, что “сверхцивилизованный” мир может быть лишь таким миром, в котором капитализм был похоронен тысячелетия назад»²⁹.

Обзор лондонской печати.

«Печать уделяет внимание предстоящей поездке королевы в Западную Германию. ...

Широкое освещение на страницах печати находит вчерашняя прессконференция советских астрономов и, в частности, заявление профессора И. С. Шкловского. С большим интересом отнеслась к гипотезе советских ученых об искусственном происхождении источника радиоизлучения СТА-102 газета “Дейли мейл”, которая уделила этой теме редакционную статью. ...

Газеты продолжают освещать положение во Вьетнаме, выделяя, в частности, призыв Национального собрания ДРВ к парламентариям всего мира оказать поддержку вьетнамскому народу в его борьбе против американского империализма»³⁰.

Обзор западногерманской печати.

«В информации под заголовком “Бонну угрожает новый ближневосточный кризис”, опубликованный в центре правой полосы, газета “Рекйнише пост” пишет об окончании в Тель-Авиве переговоров специального представителя Бонна Бирренбаха об установлении дипломатических отношений между ФРГ и Израилем. ...

Газеты комментируют сообщение ТАСС о принятии советскими астрономами радиосигналов из космоса. Как пишет “Франкфуртер Рундschau”, это сообщение воспринято западными учеными “скептически”. Напротив, “Нейе рейн-цайтунг” публикует высказывания западногерманского ученого Конрада Мюллера и известного исследователя космоса профессора Оберта, которые подтверждают догадки о существовании жизни на других планетах. ...»³¹.

²⁹ Бюллетень ТАСС, 14 апреля 1965 г., лист 2-А.

³⁰ Бюллетень ТАСС, лист 8-А.

³¹ Там же, 14 апреля 1965 г., лист 13-А.

Обзор югославской печати.

«Борьба» печатает материал из Праги, в котором говорится, что в последнее время чехословацкая печать проявляет особый интерес к югославскому опыту в области организации и развития экономики.

«Борьба» и «Политика» на видных местах под крупными шапками и заголовками публикуют корреспонденции из Москвы, связанные с сообщением некоторых советских астрономов об обнаруженных ими радиосигналах, принадлежащих якобы представителям другой цивилизации. ...

Вчера в Белград прибыл первый советский самолет «ТУ-124». Открытию новой аэролинии Москва–Белград–Москва уделяют значительное внимание «Борьба» и «Политика»³².

Печать ГДР.

«Берлин, 14 апреля (ТАСС). Сообщение ТАСС о том, что радиосигналы, обнаруженные от одного из космических объектов, возможно, принадлежат разумным существам высокоразвитой цивилизации, вызвало большой интерес и широкий отклик общественности ГДР. Это сообщение опубликовано газетами на первой полосе под заголовком «Сенсация в космосе»³³. ...

Швейцарские газеты о гипотезе советских астрономов.

«Женева, 14 апреля (ТАСС). Швейцарские газеты на первых страницах под большими заголовками сообщают о гипотезе советского астронома Кардашева. ... Газеты публикуют многочисленные комментарии ученых и прессы других стран относительно сообщения ТАСС о гипотезе советских ученых.... газета «Трибюн де Лозанн» ...пишет: кажется, советский журналист или журналисты поддались стремлению к сенсации, которое они так решительно осуждают, заводя речь о своих западных коллегах»³⁴.

История СТА-102 поучительна во многих отношениях. Она показывает, что мировое общественное мнение весьма чувствительно ко всему, что связано с проблемой ВЦ. Это знаменательно само по себе. И это накладывает серьезную ответственность как на исследователей, так и на прессу. Ибо, с одной стороны, общественность должна быть информирована о ведущихся исследованиях и их результатах, а с другой стороны, надо избегать непродуманных, легковесных заявлений на эту тему, тщательно отделяя установленные факты от предположений.

³²Бюллетень ТАСС, 14 апреля 1965 г., лист 3-ВЕ.

³³ Там же, лист 3-ВЕ.

³⁴ Там же, лист 34-3Е.

Драматически сложилась и судьба самого открытия переменности СТА-102. Радиоастрономы встретили его с недоверием. Отчасти, из-за того, что результат противоречил принятым представлениям о природе радиоисточников и имеющимся экспериментальным данным; отчасти потому, что источник связывался с гипотезой о ВЦ. На ряде обсерваторий были предприняты работы по исследованию переменности квазизвездных радиоисточников (квазаров), к числу которых принадлежит СТА-102. Эти исследования привели к обнаружению фундаментального факта — переменности радиоизлучения квазаров. Но переменность самого СТА-102 не подтвердилась. Г. Б. Шоломицкий предполагал, что это может быть связано с характером поляризации радиоисточника, поскольку он проводил наблюдения на антенне с круговой поляризацией, а проверка проводилась на антеннах с линейной поляризацией. Но разгадка, видимо, состояла в ином. В 1972 г. переменность потока радиоизлучения СТА-102 была вновь обнаружена канадским радиоастрономом Дж. Ханстедом, а затем подтверждена другими исследователями. В связи с этим высказывается предположение о «транзиентном» (временном) характере переменности СТА-102, т. е. чередовании периодов переменности и стабильности.

1.8. Мистериум, пульсары и «зеленые человечки»

Не успели утихнуть страсти вокруг СТА-102, как американские радиоастрономы обнаружили загадочное излучение на волне 18 см. Еще в 1953 г. И. С. Шкловский предсказал, что в этом диапазоне должна наблюдаться радиолиния межзвездного гидроксила ОН, возникающая при переходах между компонентами так называемого «лямда-удвоения», на которые расщепляется основной вращательный уровень этой молекулы. Более точный расчет, выполненный Ч. Таунсом, который учел также расщепление каждого из уровней «Λ-удвоения» на два подуровня (рис. 1.8.1), показал, что должны наблюдаться четыре линии на частотах 1612, 1665, 1667 и 1720 МГц. Относительные интенсивности линий на этих частотах равны 1 : 5 : 9 : 1. Радиоизлучение какого-либо источника, проходя через межзвездную среду, поглощается молекулами гидроксила, поэтому в спектре источника на соответствующих частотах должны наблюдаться линии поглощения, совершенно так же, как наблюда-

ются линии поглощения различных химических элементов в спектре Солнца и звезд в оптической области спектра.

В течение длительного времени линии поглощения ОН не удалось обнаружить вследствие их малой интенсивности. И только в конце 1963 г. сотрудники Массачусетского технологического ин-

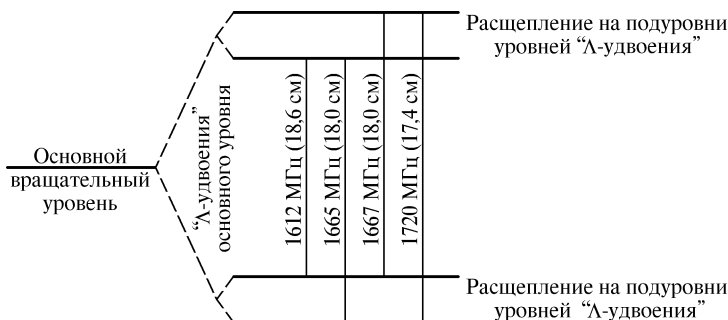


Рис. 1.8.1. Схема энергетических уровней основного состояния молекулы ОН. Вертикальными линиями показаны переходы между уровнями. Цифры указывают частоты соответствующих радиолиний, в скобках даны их длины волн

ститута (США) обнаружили две слабые линии поглощения в спектре ярчайшего источника Кассиопея-А на частотах 1665 и 1667 МГц. Отношение интенсивностей этих линий оказалось в полном согласии с теоретически ожидаемым. Затем линии поглощения ОН были обнаружены в ядре нашей Галактики (радиоисточник Стрелец-А) и в некоторых других радиоисточниках. Казалось, ничто не предвещало никаких неожиданностей.

Но вот в феврале 1965 г. на обсерватории Хэт Крик (США) было предпринято наблюдение радиоисточника W-49 на частоте 1667 МГц с помощью нового многоканального приемника, чтобы детально изучить профиль радиолинии гидроксила ОН. Каково же было изумление исследователей, когда вместо линии поглощения они обнаружили на этой частоте очень узкую и очень интенсивную **линию излучения**! Ширина линии была в сотни раз меньше, чем у радиолинии водорода — 21 см, а ее интенсивность соответствовала яркостной температуре в сотни миллионов градусов (по современным оценкам, яркостная температура источников ОН достигает 10^{13} К!). Это было неожиданно и необъяснимо. Во-первых, такая высокая яркостная температура не согласуется с наблюдаемой шириной

линии (ей соответствует температура порядка 10 K); во-вторых, молекулы гидроксила (как, впрочем, и другие молекулы) не могут существовать при такой температуре, они разрушаются при температуре в несколько тысяч градусов. Все это выглядело сплошной загадкой. Наблюдение того же радиоисточника на частоте 1665 МГц еще более усложнило ситуацию. Оказалось, что эта радиолиния также наблюдается в излучении, причем ее интенсивность значительно превышает интенсивность линии 1667 МГц. Для молекул гидроксила, как уже отмечалось, теоретическое соотношение интенсивностей должно быть 5 : 9, для очень плотных облаков оно может достигать 1 : 1, но ни при каких обстоятельствах интенсивность линии 1665 МГц не может превосходить интенсивность линии 1667 МГц.

Все эти особенности заставили предположить, что мы столкнулись с совершенно новой, неизвестной субстанцией, которую первооткрыватели выразительно называли «мистериум». В истории астрономии известны похожие случаи. Так, в течение длительного времени не удавалось отождествить яркие эмиссионные линии в оптических спектрах планетарных туманностей. Тогда, по аналогии с гелием, который не был известен химикам и первоначально был обнаружен тоже по спектру в атмосфере Солнца, а лишь затем найден на Земле, — предположили, что и линии излучения планетарных туманностей принадлежат новому химическому элементу «небулию». Но, в отличие от гелия, для «небулия» не было места в периодической системе элементов Менделеева. Надо было искать среди известных элементов. Загадка «небулия» была решена в 1927 г. И. Боуэном, который показал, что «небулярные» линии излучаются при запрещенных переходах ионизированных атомов кислорода и азота. Также в течение почти 70 лет астрономы не могли отождествить яркие линии в спектре солнечной короны. Предполагалось, что они излучаются особым элементом — «коронием». И лишь в 1940-х годах корональные линии были отождествлены с запрещенными переходами атомов, находящихся в очень высокой степени ионизации. Так, самая интенсивная зеленая корональная линия ($\lambda \approx 5303 \text{ \AA}$) принадлежит тринадцатикратно ионизированному атому железа. Конечно, в то время, когда эти линии были обнаружены, такое отождествление не могло быть сделано хотя бы потому, что тогда не существовало понятие 13-кратно ионизированного атома железа, ибо в то время вообще не была еще известна современная модель строения атома, состоящего из ядра и электронов. Любопытно однако, что на правильное решение указывалось более

ста лет назад в одном из писем Махатм Синнету. Так, в письме 1882 г. говорится: «Линия короны, наблюдаемая через лучший “дифракционный спектроскоп”, может *казаться* и не совпадающей с линией железа (имеется в виду линия поглощения в спектре фотосферы — Л.Г.). Но тем не менее *корона* содержит железо, как и другие пары. Сообщать вам, из чего они состоят, — бесполезно, ибо я не в состоянии перевести слова, которыми мы для этого пользуемся, да и вещества такого нет больше нигде (по крайней мере в нашей Солнечной системе) — кроме как на Солнце»³⁵.

Но вернемся к «мистериуму». Имеется существенное отличие между «мистериумом», с одной стороны, и «коронием» и «небулием» — с другой. Линии «корония» и «небулия» не обладали никакими необычными свойствами, но их было трудно отождествить с известными химическими элементами. В случае «мистериума» дело обстоит как раз наоборот. Линии «мистериума» прекрасно отождествляются (совпадают по частоте) с линиями гидроксила ОН. Это относится ко всем четырем линиям, ибо вскоре после обнаружения главных эмиссионных линий 1667 и 1665 МГц были обнаружены также эмиссионные линии на частотах 1612 и 1720 МГц. Трудность состояла не в отождествлении, а в необычном, необъяснимом поведении обнаруженных эмиссий. Это и нашло отражение в названии «мистериум».

Конечно, возникло предположение, что виновниками «мистериума» являются «внеземные цивилизации»³⁶. Это предположение было небеспочвенным. Помимо уже отмеченных удивительных особенностей оказалось, что профиль линий «мистериума» в некоторых источниках очень быстро меняется: отмечено заметное изменение интенсивности компонент линии ото дня ко дню. Угловые размеры источников «мистериума» оказались порядка (или меньше) тысячных долей угловой секунды. Наконец, в отдельных компонентах была обнаружена почти 100 %-ная круговая поляризация.

³⁵ Чаша Востока. Письма Махатм. — Рига–Москва, 1992. С. 204. Подробнее см. *Бронштэн В.А.* Махатмы и астрономия // Мир Огненный. 1996. № 1(9). С. 44–57; *Бронштэн В.А.* Загадка «короны» // Земля и Вселенная. 1996. № 4. С. 48–54; *Гиндилис Л.М.* Проблема сверхнаучного знания // Новая Эпоха. 1999. № 1 (20). С. 96–103; № 2(21). С. 68–79.

³⁶ *Shklovskii I. S. and Sagan Carl.* Intelligent Life in the Universe. — San Francisco: Holden-Day Inc., 1966. P.389; *Barrett A. H.* Radio Observation of Interstellar Hydroxyl Radicals. Have we discovered a gigantic maser, or could we be detecting interstellar communications? // Science. 1967. V. 157. P. 889; *Sagan C.* OH emission regions and extraterrestrial intelligence // Astrophys and Space. Sci. 1968. V. 1. P. 273.

То есть источники «мистериума» обладали всеми ожидаемыми свойствами искусственного источника. Против гипотезы, связывающей «мистериум» с внеземными цивилизациями, говорило то, что феномен ассоциировался с хорошо известными в астрономии самыми обычными газовыми туманностями. Причем он оказался довольно распространенным: примерно в 50 % всех газовых туманностей было обнаружено излучение «мистериума». Надо было искать какой-то естественный (конечно, сильно неравновесный) механизм, который мог бы объяснить наблюдаемые особенности эмиссии ОН. И такой механизм был найден — им оказалось мазерное излучение.

Что такое мазерное излучение? Многие знают, что есть такой оптический прибор лазер — квантовый генератор и усилитель оптического излучения, с помощью которого можно получить очень интенсивные узконаправленные монохроматические световые пучки. Аналогичный прибор, только действующий в радиодиапазоне, получил название мазер.

Как работает мазер? Рассмотрим два соседних энергетических уровня молекулы E_1 и E_2 . При поглощении кванта электромагнитного излучения определенной частоты ($h\nu = E_2 - E_1$) молекула переходит из нижнего состояния E_1 в верхнее состояние E_2 . Через некоторое время она вновь возвращается в нижнее состояние и при этом излучает квант той же частоты ν . Переход с верхнего энергетического уровня на нижний может происходить спонтанно (самопроизвольно) или под действием кванта, с частотой, соответствующей данному переходу $E_2 - E_1$. Последний процесс называется вынужденным или индуцированным излучением. Важной особенностью индуцированного излучения является то, что «индуцированный» квант имеет точно такую же частоту и фазу, как и «индуцирующий», и летит в том же направлении.

В обычных условиях, близких к термодинамическому равновесию, число молекул в нижнем состоянии гораздо больше, чем в верхнем. Поэтому квант, влетевший в облако газа, имеет гораздо больше шансов поглотиться, чем вызвать вынужденный переход с верхнего энергетического уровня на нижний. В результате излучение на частоте молекулярного перехода поглощается в облаке газа, а роль вынужденного излучения сводится к тому, что оно несколько ослабляет величину полного поглощения. Так происходит в обычных условиях. Иное дело, когда число молекул на верхнем энергетическом уровне много больше, чем на нижнем. Тогда любой квант, влетевший в облако газа (или излученный при спонтанном переходе молекулой самого этого облака), вместо того, чтобы поглотиться при переходе с нижнего состояния в верхнее, вызывает вынужденный переход одной из молекул в нижнее энергетическое состояние. При этом излучается квант той же частоты, летящий в том же направлении. Он, в свою очередь, с преобладающей вероятностью, вызы-

вает вынужденное излучение другой молекулы и т. д. Возникает нарастающий лавинообразный процесс. Причем все кванты имеют строго определенную частоту и летят в одном направлении — направлении первого «индуцирующего» кванта. Это и есть мазерный эффект. Необходимым условием его осуществления является *инверсная населенность уровней*, т. е. преобладание числа молекул на верхнем энергетическом уровне по сравнению с нижним. Механизм, с помощью которого постоянно поддерживается инверсная заселенность, называется *накачкой* мазера. Схема накачки для космического мазера приведена на рис. 1.8.2.

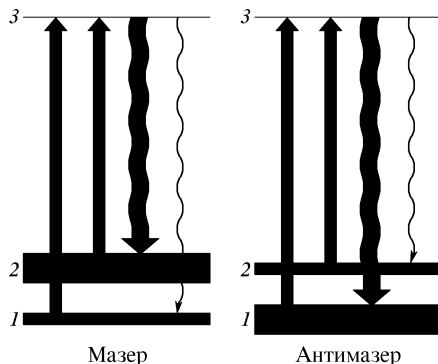


Рис. 1.8.2. Схема накачки космического мазера.

Все особенности эмиссионных линий ОН, которые поначалу так удивили исследователей, удалось объяснить с помощью мазерного механизма. В дальнейшем было обнаружено мазерное излучение других молекул в межзвездной среде:

молекулы воды H_2O на частоте 22,2 ГГц (длина волны 1,35 см), молекулы метилового спирта CH_3OH на волне 1,2 см и кремния SiO в миллиметровом диапазоне спектра.

Гипотеза искусственного происхождения эмиссионных линий ОН продержалась недолго. Но значение их для проблемы SETI, по-прежнему, велико. Прежде всего, как было установлено, источники мазерного излучения ОН являются областями, где происходит процесс звездообразования. По этому поводу И. С. Шкловский, который впервые выдвинул эту гипотезу, образно заметил: «...новорожденная звезда оповещает о своем рождении всю Галактику, пользуясь новейшей техникой квантовой радиофизики...». Далее, если в определенной области межзвездной среды реализуются условия для действия космического мазера, то он будет усиливать не только естественное излучение данной частоты, но и искусственный сигнал на частоте мазера, проходящий через мазерное облако. Эта идея была использована при поиске радиосигналов ВЦ. Наконец,

частота радиолиний гидроксила (так же, как и линии водорода 21 см) относится к числу так называемых «магических» частот, на которых ведется поиск радиосигналов. А интервал частот между линией водорода 1420 МГц и самой низкочастотной линией гидроксила 1612 МГц (так называемая «водяная дыра» или «водяная щель») рассматривается как область, отведенная космическими цивилизациями для межзвездной связи.

Еще более драматическая история произошла в связи с открытием пульсаров. Это случилось в 1967 г., когда загадка «мистериума» уже была решена. По мнению И. С. Шкловского, открытие пульсаров можно отнести к числу самых выдающихся открытий XX века. Как и всякое истинное открытие, оно было сделано совершенно случайно.

В июле 1967 г. на Маллардской радиоастрономической обсерватории Кембриджского университета (Англия) вступил в строй новый радиотелескоп метрового диапазона волн. Его антенна состоит из 2048 диполей, расположенных в 16 рядов по 128 диполей в каждом в направлении восток-запад, образуя прямоугольник размером 470×45 м. Телескоп предназначался для исследования радиоисточников методом мерцаний. Мерцания возникают при рассеянии радиоволн на неоднородностях межзвездной среды и позволяют оценить некоторые параметры источника, например, его угловые размеры. Эффект аналогичен мерцанию звезд при распространении света в земной атмосфере. Работа проводилась под руководством известного радиоастронома А. Хьюиша, впоследствии удостоенного Нобелевской премии. Для регистрации быстрых изменений радиопотока (мерцаний) использовалась радиоприемная аппаратура с малой постоянной времени. Это обстоятельство оказалось решающим для обнаружения пульсаров.

Наблюдения проводились на частоте 81,5 МГц, в полосе 1 МГц, с постоянной времени 0,1 с. Почти сразу же после начала наблюдений, в августе 1967 г., был зарегистрирован довольно сильный сигнал в виде периодически повторяющихся импульсов. Длительность каждого импульса составляла 0,3 с, а период их повторения 1,337 с, т. е. промежуток времени между импульсами составлял около 1 секунды. Дальнейшие наблюдения позволили уточнить значение периода и показали, что он сохраняется постоянным с точностью до 10^{-7} (!).

Излучение было обнаружено молодой аспиранткой Джоселин Белл, именно она обратила внимание на периодически появляющиеся импульсные сигналы. Поначалу этому не придали большого

значения, так как радиоастрономы довольно часто регистрируют импульсные помехи от наземных радиолокационных станций, самолетных радаров и других технических средств, созданных людьми. По своим характеристикам принятые сигналы напоминали подобные помехи. Однако дальнейшие исследования показали, что источник импульсных сигналов занимает неизменное положение среди звезд, для земных помех это невозможно. Измерение координат источника и сравнение с имеющимися каталогами показало, что в этом месте на небе ранее никаких радиоисточников не наблюдалось. Был оценен параллакс источника, он не превышал 2 угловые минуты, следовательно, расстояние до источника больше 1000 астрономических единиц³⁷, т. е. он находится за пределами Солнечной системы. Итак, был обнаружен **космический** источник импульсных сигналов! Ничего подобного ранее не наблюдалось, да и вообразить такое было трудно.

Впоследствии, когда были обнаружены другие такие-же источники, они получили название пульсары (от английского слова *puls* — импульс). Пульсар, впервые обнаруженный группой Хьюиша, получил обозначение CP 1919, что означает: кембриджский пульсар с координатами по прямому восхождению 19^h 19^m.

Излучение пульсара CP 1919 наблюдалось в виде серии импульсов длительностью около 1 минуты, затем в течение 3 минут излучение отсутствовало, а потом импульсы появлялись вновь. Амплитуда импульсов менялась от одной серии к другой и внутри каждой серии — от одного импульса к другому. Наиболее мощные импульсы имели плотность потока порядка 20 янских³⁸, в то время как средняя за минуту плотность потока не превышала 1 Ян.

Это позволяет понять, почему пульсары не были обнаружены ранее, до эксперимента Хьюиша. Обычный радиоастрономический приемник (радиометр) регистрирует среднюю мощность сигнала за время накопления длительностью t . Эта величина (ее называют также постоянной времени) аналогична длительности экспозиции при фотографических наблюдениях. Чем больше постоянная времени, тем чувствительнее радиометр, тем более слабое излучение он может обнаружить. Поэтому радиоастрономы всегда стремились наблюдать с максимально возможной постоянной времени. Но для регистрации отдельных импульсов необхо-

³⁷ Астрономическая единица (сокращенно а. е.) — единица длины, равная расстоянию от Земли до Солнца, приблизительно 150 млн км.

³⁸ Янский (сокращенно Ян) — единица плотности потока, принятая в радиоастрономии. $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{Гц})$.

димо, чтобы постоянная времени не превышала промежуток времени между импульсами, иначе будет зарегистрирована лишь средняя за период мощность сигнала. Эта средняя мощность значительно меньше пиковой мощности импульса, и поэтому ее трудней обнаружить. Для пульсара СР 1919 средняя плотность потока значительно ниже предельно обнаружимой для предшествовавших обзоров неба на метровых волнах, поэтому он не мог быть обнаружен. Но если бы даже с повышением чувствительности удалось зарегистрировать среднюю мощность излучения, информация об импульсном характере сигнала при постоянной времени, превышающей промежуток между импульсами, была бы полностью потеряна. Наилучшие условия обнаружения импульсных сигналов реализуются, когда постоянная времени не превышает длительности одного импульса. Это условие оказалось выполненным в эксперименте Хьюиша, так как, готовясь наблюдать кратковременные вариации радиопотока, связанные с мерцаниями, исследователи использовали очень малую (совершенно не свойственную радиоастрономическим наблюдениям) постоянную времени 0,1 с. Если бы она была больше 1,337 с, никаких импульсных сигналов не было бы зарегистрировано.

Надо отметить, что здесь сыграло роль еще одно обстоятельство. Как показали дальнейшие исследования, истинная длительность импульса пульсара значительно меньше 0,1 с, она не превышает 40 микросекунд. Однако при распространении в межзвездной среде, из-за разности групповой скорости электромагнитных волн на разных частотах, низкочастотные составляющие импульса запаздывают по отношению к высокочастотным, в результате импульс «растягивается», длительность его увеличивается. Наблюдаемая в эксперименте Хьюиша длительность импульса 0,3 с пульсара СР 1919 определялась величиной запаздывания между крайними частотными составляющими в полосе 1 МГц (полоса приема) на частоте 81,5 МГц. По счастливой случайности эта величина оказалась порядка постоянной времени приемной аппаратуры и при том несколько больше ее, т. е. реализовались наилучшие условия обнаружения импульсных сигналов.

Обнаружение пульсара СР 1919 поставило перед исследователями сложную проблему — о природе источника. Астрономам хорошо были известны многочисленные переменные звезды различных типов, наблюдаемые в оптическом диапазоне спектра. Однако они не дают импульсного излучения: при изменении блеска излучение звезды не падает до нуля. Да и временной масштаб процессов совсем иной. Изменения блеска звезд вызваны либо пульсациями их поверхности, либо затмением одной звезды другой в двойной системе. Затменно-переменные звезды имеют периоды от долей суток до 10^4 суток, пульсирующие звезды — от долей до нескольких десятков суток. Наибольшей стабильностью периодов обладают цефеиды, при этом их периоды составляют от 1 до 50 суток. Но периодов порядка одной секунды не известно в мире переменных звезд!

Наблюдаемые параметры пульсара — импульсный характер радиоизлучения, очень малый период следования импульсов и его высочайшая стабильность (наиболее впечатляющее свойство!), чередование периодов излучения и периодов «выключения» источника, изменение интенсивности импульсов — все это наводило исследователей на мысль, что они столкнулись с каким-то организованным сигналом искусственного происхождения. Поскольку версия о земных помехах не подтвердилась, оставалось предположить, что обнаружен сигнал внеземной цивилизации. Эта возможность рассматривалась настолько серьезно, что группа Хьюиша решила засекретить свое открытие. Даже на ближайшей обсерватории Джодрелл Бэнк ничего не знали об открытии загадочного источника. Впоследствии в одном из газетных интервью А. Хьюиш рассказывал:

«Когда мы впервые увидели эти радиоволны, перенесенные на бумагу нашими самописцами, нас охватил страх. Да-да, страх. Нам захотелось взять все эти бумажки, записи, расчеты — и сжечь. Дело было в ноябре³⁹. Неделью мы пребывали в ужасном волнении, никто не знал, что и думать, какое решение принять. Я совсем лишился сна. <...> Это очень серьезная проблема, и нельзя допустить, чтобы решали ее астрономы или журналисты, или политические деятели одной какой-нибудь страны»⁴⁰.

В настоящее время правовые и политические проблемы, возникающие в связи с возможным обнаружением сигналов ВЦ, изучаются в Международной Астронавтической Академии совместно с Международным институтом космического права. Но в то время исследователи столкнулись с совершенно неожиданной ситуацией.

Волнение Хьюиша улеглось, когда были открыты еще три пульсара: CP 0834, CP 0950. CP 1133. Все они обладали сходными характеристиками. Это давало основание полагать, что действительно открыт новый, неизвестный ранее класс радиоисточников. Думать, что четыре сходные цивилизации, расположенные в разных местах Галактики, одновременно удостоили нас своим вниманием, видимо, считалось слишком самонадеянным. Хотя, в принципе, одновременное обнаружение нескольких цивилизаций, особенно при изотропном (всенаправленном) излучении, вполне возможно. Обсуждалась также возможность того, что пульсары являются навига-

³⁹ Первые записи были сделаны в августе, но систематические исследования начаты в ноябре.

⁴⁰ «Литературная газета», 1 мая 1968 г.

ционными маяками или частями коммуникационной сети, связывающей высокоразвитые цивилизации. Однако эти возможности представлялись уже мало вероятными. Как бы там ни было, завеса секретности была снята, и в феврале 1968 г. в «Nature» появилась статья А. Хьюиша с сотрудниками об открытии пульсара CP 1919⁴¹.

Статья вызвала настоящий бум. Начались интенсивные поиски и изучение пульсаров. К настоящему времени известно более 1000 пульсаров. Подробно изучены их характеристики. Некоторые пульсары излучают также в оптическом и рентгеновском диапазоне. Вначале предполагали, что пульсары связаны с радиальными колебаниями (пульсациями) белых карликов. Однако после того как были открыты коротко-периодические пульсары (с периодом меньше одной секунды) от этой гипотезы пришлось отказаться. Сейчас общепринятым является представление, что пульсар — это быстро вращающаяся нейтронная звезда.

Нейтронные звезды возникают в результате сжатия на заключительном этапе звездной эволюции, когда источники ядерной энергии звезд уже исчерпаны. Нейтронная звезда имеет массу порядка массы Солнца, а радиус всего 10–20 км! Плотность вещества в ее недрах чудовищно велика ($\sim 10^{14}$ г/см³). При такой плотности разрушены не только атомы, но и атомные ядра, происходит превращение протонов в нейтроны, так что вещество звезды состоит, в основном, из нейтронов (отсюда и ее название). При сжатии звезды ее угловой момент вращения сохраняется и, следовательно, угловая скорость с уменьшением радиуса возрастает. Когда звезда сожмется до размеров нейтронной, период ее вращения составляет от долей секунды до нескольких секунд; это как раз соответствует периоду пульсаров. Импульсное излучение пульсара объясняется тем, что на поверхности нейтронной звезды имеется активная излучающая область, которая генерирует излучение в узком конусе. При вращении нейтронной звезды наблюдатель будет регистрировать излучение, когда конус направлен в его сторону. Излучение будет повторяться через промежутки времени, равные периоду вращения нейтронной звезды.

Существование нейтронных звезд было предсказано теоретически еще в 1930-е годы. Долгое время они оставались чисто гипотетическими объектами. Обнаружение пульсаров позволило наблюдать нейтронные звезды и получить важные данные об их строении.

Так закончилась история с «зелеными человечками», «посылающими» нам удивительно регулярные импульсные сигналы. После «мистериума» и пульсаров других сенсационных открытий в астро-

⁴¹ Hewish A., Bell S. J., Pilkington J. D. H., Scott P. F., Collins R. A. Observation of a Rapidly Pulsating Radio Source//Nature. 1968. V. 217. P. 709–713.

номии, которые можно было бы связать с внеземными цивилизациями, больше не отмечалось. Поиски сигналов ВЦ вступили в спокойную фазу. Каково же состояние радиопоисков к началу нового века?

1.9. Радиопоиск: век двадцатый

За первое десятилетие (1960–1970) в США и СССР было проведено 4 эксперимента по поиску радиосигналов. В последующие годы число экспериментов стало быстро расти, к поискам подключились другие страны: Австралия, Аргентина, Канада, Франция, ФРГ, Нидерланды, Япония. К концу века число экспериментов перевалило за пятьдесят. Для поиска, наряду с малыми и средними инструментами, были использованы крупнейшие радиотелескопы. Это обстоятельство особенно примечательно. Известно, какая жесткая конкуренция существует между исследовательскими программами и как трудно получить наблюдательное время на крупных телескопах. В этих условиях готовность специалистов предоставлять значительное время на больших инструментах для задач SETI свидетельствует о признании научной значимости проблемы. Мы расскажем о некоторых наиболее значительных проектах. Читателя, заинтересованного в более подробных деталях, отсылаем к обзору Джилл Тартер⁴² и двум статьям автора^{43,44}. О работах, выполненных в СССР и России, будет подробно рассказано в гл. 7.

Одним из наиболее значительных проектов был обзор неба на волне 21 см, выполнявшийся на обсерватории Огайского университета США, начиная с 1973 г. Использовался радиотелескоп системы Крауса (рис. 1.9.1), состоящий из двух отражателей: неподвижного параболического рефлектора (110 × 20 м) и вращающегося вокруг горизонтальной оси плоского отражателя длиной 80 м и высотой 30 м. Радиотелескоп Крауса принадлежит к числу меридианных инструментов, его ось постоянно направлена в плоскости меридиана. Как мы уже отмечали в § 1.7, благодаря суточному вра-

⁴² Тартер Дж. Обзор экспериментальных исследований по поиску сигналов ВЦ в радио- и оптическом диапазонах / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 170–182.

⁴³ Гиндилис Л.М. Поиски сигналов внеземных цивилизаций // Земля и Вселенная. 1986. № 6. С. 18–28.

⁴⁴ Гиндилис Л.М., Сатаиринов А.С. SETI: 90-е годы // Земля и Вселенная. 1995. № 6. С. 37–46.

щению Земли через диаграмму радиотелескопа проходят источники, кульминирующие на заданной высоте над горизонтом, т.е. имеющие заданное склонение. Вращая плоский отражатель можно менять высоту диаграммы над горизонтом и, следовательно, склонение наблюдаемых источников.

Если выбрать звезды спектральных классов F, G, K (т.е. близкие по своему типу к Солнцу), расположенные на расстоянии 1000 св. лет, то в любой момент времени какие-то три из них будут находиться «в

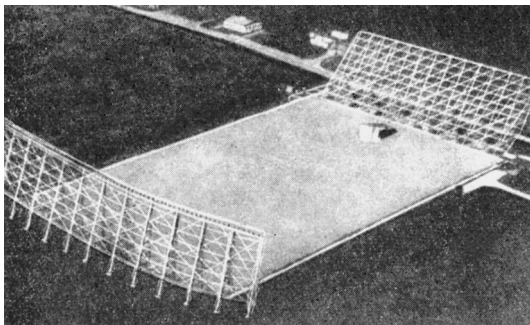


Рис. 1.9.1. Радиотелескоп Крауса

поле зрения» (в диаграмме) радиотелескопа. Если вблизи них существуют цивилизации, излучающие на волне 21 см в сторону Солнца, то сигнал, в принципе, может быть зарегистрирован. Однако при приеме узкополосных сигналов возникает трудность, связанная с неопреде-

ленностью частоты. Так как отправитель сигналов и получатель движутся друг относительно друга в пространстве, то вследствие эффекта Доплера частота радиоизлучения в точке приема отличается от частоты в точке излучения. Поскольку в условиях поиска ни отправитель, ни получатель заранее ничего не знают друг о друге, их относительная скорость и, следовательно, смещение частоты сигнала остается неизвестной. Чтобы исключить эту неопределенность, Р. Диксон предложил руководствоваться принципом *антикриптографии*, согласно которому каждый из партнеров по связи корректирует частоту сигнала к некоторому общему для всех стандарту частоты. В качестве такого стандарта, по мнению Диксона, должна приниматься частота источника, неподвижного относительно центра Галактики. В соответствии с этим Огайский обзор проводился на частоте радиолинии водорода 1420,4 МГц, скорректированной к центру Галактики. Использовался многоканальный приемник. Вначале он содержал 8 каналов, затем их число было увеличено до 50, а потом до 3000 каналов. Планировалось подключить к приемнику систему SERENDIP (см. ниже) с 4 миллионами каналов, но пока эти планы не удалось осуществить.

Наблюдения по программе SETI были начаты в декабре 1973 г. и продолжались до середины 1990-х годов. Во время проведения этих наблюдений над обсерваторией поднимался специальный флаг SETI⁴⁵. За время наблюдений обнаружено несколько интересных, с точки зрения SETI, источников, излучающих в очень узкой полосе частот. Но особенно любопытный сигнал был зарегистрирован в августе 1977 г.⁴⁶ Он получил название «Ого-го!». Приблизительно так можно перевести на русский язык возглас «Wow!», который взволнованный оператор записал около этого сигнала на ленте самописца. Сигнал был очень интенсивным, во много раз превышающим уровень шума, наблюдался он только в нескольких спектральных каналах. Характеристики сигнала позволяли уверенно исключить земные помехи и указывали на его явно внеземное происхождение. Источник располагался вблизи плоскости эклиптики. Наблюдался он очень короткое время, а затем исчез и больше не появлялся. Отождествить его так и не удалось. Может быть, это и был долгожданный сигнал ВЦ?!

Несколько поисковых экспериментов было выполнено на самом крупном в мире радиотелескопе Аресибо (США) (рис. 1.9.2). Это «полуподвижный» инструмент (земляная чаша). Удачно используя рельеф местности, конструкторы создали сферическое зеркало диаметром 305 м. Само зеркало неподвижно, однако оно снабжено подвижным облучателем, который перемещается вдоль фокальной линии с помощью специальной фермы, подвешенной над зеркалом. Таким образом, телескоп можно наводить в различные точки неба в пределах ограниченного угла $\pm 20^\circ$ от зенита.

В 1975–1976 гг. Ф. Дрейк и К. Саган предприняли поиск цивилизаций 2-го типа в Местной группе галактик. Наблюдения проводились с помощью радиотелескопа Аресибо на частотах радиолиний водорода 21 см и гидроксила 18 см в полосе 3 МГц со спектральным разрешением 1000 Гц. В 1977 г. на том же телескопе Ф. Дрейк и М. Стулл предприняли поиск сигналов от звезд нашей Галактики в линии 18 см с гораздо более высоким спектральным разрешением 0,5 Гц. В следующем году П. Горовиц исследовал 185 звезд солнечного типа. Он проводил наблюдения на частоте радиолинии водорода 21 см в узкой полосе ± 500 Гц, центрирован-

⁴⁵ См.: Земля и Вселенная. 1982. № 4. С. 57.

⁴⁶ Земля и Вселенная. 1980. № 5. С. 37

ной на частоту лабораторного стандарта, неподвижного относительно Солнца. То есть в отличие от принципов, на которых основывалась Огайская программа, Горовиц предполагал, что цивилизация-отправитель специально посылает сигналы в сторону Сол-

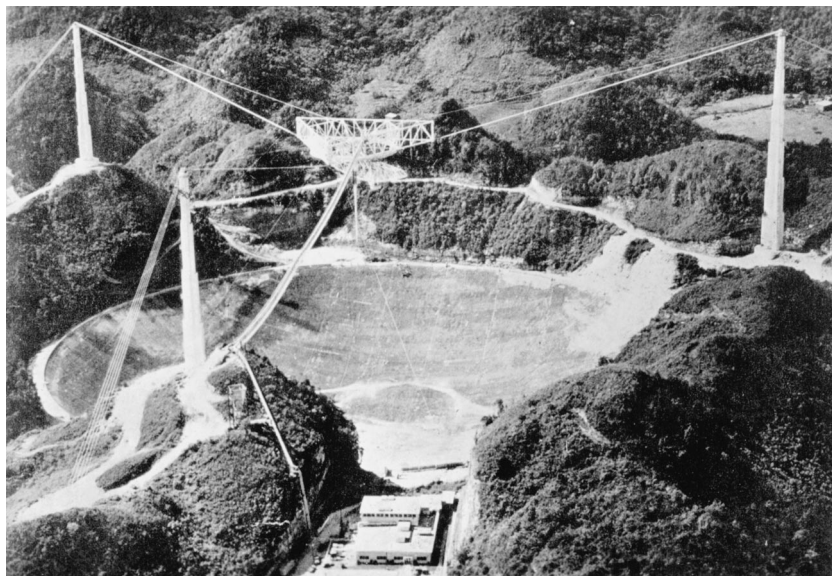


Рис. 1.9.2. 305-метровый радиотелескоп Аресибо

нечной системы и корректирует их частоту к частоте гелиоцентрического стандарта. В этой работе ему удалось достигнуть рекордное спектральное разрешение 0,015 Гц (!) и рекордную чувствительность по потоку 10^{-28} Вт/м². В том же году Н. Коуэн на обсерватории Аресибо выполнил поиск сигналов от шаровых скоплений. Исследование проводилось совместно с радиоастрономическими обсерваториями в Хайстеке (США) и Парксе (Австралия). В Аресибо и Парксе поиск осуществлялся в линии гидроксила 18 см, а в Хайстеке — в линии водяного пара 1,35 см. Было исследовано 25 шаровых скоплений. Кроме того, проверялась гипотеза Т. Голда, по которой ВЦ могут использовать эффект усиления сигналов облаком космического мазера, находящегося на пути радиоволн, чтобы создать достаточно мощные импульсы вдоль линии визирования с другой стороны мазерного облака. Наконец, в том же году У. Т. Салливан использовал 305-метровый радиотелескоп, чтобы «подслу-

шать» сигналы ВЦ, предназначенные не для связи с другими цивилизациями, а для своих собственных нужд (аналогичные нашим телевизионным или радарным сигналам). В течение пяти часов он наблюдал две звезды в диапазоне 3–60 см с разрешением 1 Гц. В 1979–1981 гг. Дж. Тартер с сотрудниками провела поиск сигналов от 210 звезд солнечного типа на частотах радиолиний водорода 21 см и гидроксила 18 см в двух круговых поляризациях (правой и левой). Была использована новейшая для того времени система регистрации с использованием цифрового магнитофона и последующей компьютерной обработкой сигнала. Она эквивалентна спектроанализатору, имеющему 3,4 млн каналов. В 1982 г. Горовиц вновь провел поиск сигналов на частоте радиолинии водорода 1420,4 МГц (150 звезд) и на удвоенной частоте 2840,8 МГц (250 звезд). Как и в работе 1978 г., узкая полоса анализа (теперь она составляла 2 кГц и 4 кГц соответственно) центрировалась точно на частоту гелиоцентрического стандарта в предположении, что коррекция частоты, учитывающая движение передатчика относительно Солнца, проводится цивилизацией отправителем. Аппаратура, получившая название «Чемодан SETI», представляла собой спектроанализатор, работающий в режиме реального времени и включавшей более 130 тысяч спектральных каналов шириной 0,03 Гц.

Эффективно использовался для поиска радиосигналов и другой крупный инструмент — 90-метровый радиотелескоп Национальной радиоастрономической обсерватории США (НРАО) (рис. 1.9.3). В 1972 г. Г. Верскер провел на нем поиск сигналов от трех близких к нам звезд: τ Кита, ϵ Эридана и 61 Лебеда. В 1972–1976 гг. П. Палмер и Б. Цукерман на том же радиотелескопе исследовали уже не три, а 674 звезды солнечного типа в диапазоне 21 см при помощи 394-канального спектроанализатора с разрешением от 4 до 64 кГц (этот проект получил название «Озма-2»). А 1977 г. Д. Блэк и Дж. Тартер вели поиск от 200 звезд солнечного типа в диапазоне 18 см с разрешением 5 Гц. Наконец, в 1983 г. М. Домашек провел поиск сигналов, типа тех, что используются в наших телеметрических системах; то есть он искал одиночные прямоугольные импульсы, подвергшиеся искажению из-за дисперсии в межзвездной среде. С этой целью Домашек изучил записи обзора, выполненного с помощью 90-метрового телескопа НРАО по программе поиска пульсаров. К сожалению, в дальнейшем работы с этим радиотелескопом прервались, так как он неожиданно разрушился и рухнул (как предполагают, из-за «старения металла»).

Самый крупный в мире полноповоротный радиотелескоп, который можно наводить в любую точку неба и сопровождать источник при его вращении по небесному своду, расположен в Эффельсберге, близ Бонна (ФРГ)

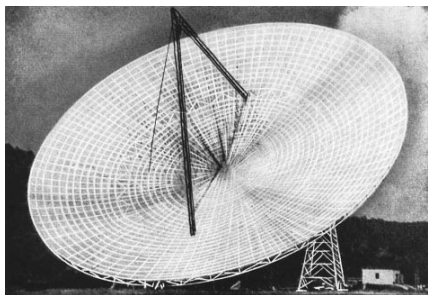


Рис. 1.9.3. 90-метровый радиотелескоп НРАО

(рис.1.9.4). Он также использовался для поиска радиосигналов ВЦ. В 1977 г. Р. Вилебински искал на нем импульсные сигналы в диапазоне 21 см от трех звезд солнечного типа. Это было сделано по ходу выполнения программы поиска пульсаров. В компьютер ввели координаты звезд и провели полную процедуру поиска импульсных сигналов, входящую

в поиск пульсаров и позволяющую регистрировать импульсы с периодом от 0,3 до 1,5 секунды.

Другой крупный европейский радиотелескоп, который участвовал в поисках сигналов ВЦ — это Большой радиотелескоп в Нансэ



Рис. 1.9.4. 100-метровый Боннский радиотелескоп

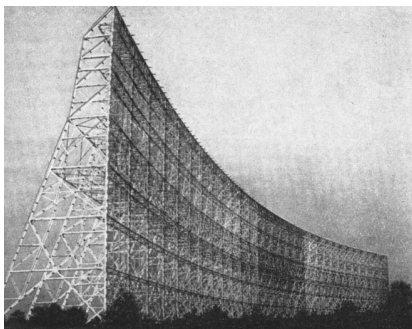


Рис. 1.9.5. Большой радиотелескоп в Нансэ, Франция

(Франция) (рис.1.9.5). По типу он подобен радиотелескопу Крауса, только главный отражатель его выполнен не в форме параболического, а в форме кругового цилиндра. Размер его 300×35 м. С помощью этого телескопа выполнено три эксперимента. Два из них провели советские ученые Е. Е. Лехт, М. И. Пашенко, Г. М. Рудниц-

кий и В. И. Слыш в 1970–1972 гг. Они исследовали статистические характеристики излучения мазерных источников ОН с целью выявления сигналов искусственной природы, а также исследовали 10 самых близких к Солнцу звезд (см. гл. 7). Третий эксперимент провели Ф. Биро и Дж. Тартер в 1981 г. Они исследовали 300 звезд солнечного типа на частотах радиолиний гидроксила. В отличие от предыдущих экспериментов этого типа, использовались частоты не только двух главных линий 1665, 1667 МГц, но и частоты спутниковых линий 1612 и 1720 МГц, а также средняя и средняя взвешенная из частот главных линий.

К началу 1980-х годов было проведено около 40 экспериментов. Однако они далеко не охватывали всего подлежащего исследованию «пространства поиска». Что такое пространство поиска? При поиске сигналов ВЦ мы сталкиваемся со многими неопределенностями: неизвестны точно частота сигнала, направление и время его прихода, мощность излучения, поляризация, тип модуляции. Все эти параметры и образуют многомерное пространство поиска. Учитывая неопределенности, в значениях параметров, поиски сигналов ВЦ часто сравнивают с поисками иголки в стоге сена. Как же далеко продвинулись мы в исследовании «космического стога»? Джил Тартер удалось наглядно продемонстрировать эту проблему. Для простоты она ограничилась только тремя параметрами сигнала: частота, направление в пространстве и мощность передатчика (или соответствующая чувствительность, которая требуется при этой мощности на приеме). Принимая эти параметры за координаты в некотором условном пространстве поиска и задаваясь разумными пределами изменения параметров, можно определить объем подлежащего исследованию пространства поиска (рис. 1.9.6а). Далее, можно вычислить, какая доля пространства поиска обследована в результате того или иного эксперимента (рис 1.9.6б). Затем можно просуммировать по всем экспериментам и определить, таким образом, долю обследованного пространства поиска. Тартер провела такие вычисления, оказалось, что к 1981 г. была обследована область, равная 10^{-17} от всего подлежащего исследованию пространства поиска. Фактически эта доля еще меньше, если учесть другие параметры, кроме тех, которые были приняты в расчет Тартер.

В 1981 г. на Всесоюзном симпозиуме в Таллинне по поиску разумной жизни во Вселенной (Таллинн SETI-81) американские участники рассказали о новых проектах поиска сигналов с мегаканальными спектроанализаторами, которые позволяли при высоком спек-

тральном разрешении перекрыть широкий диапазон частот и таким образом существенно расширить объем обследованного пространства поиска. Вместе с увеличением числа направлений в пространстве это должно было увеличить долю исследованного пространства поиска на 7 порядков, доведя ее с 10^{-17} до 10^{-10} . На реализацию

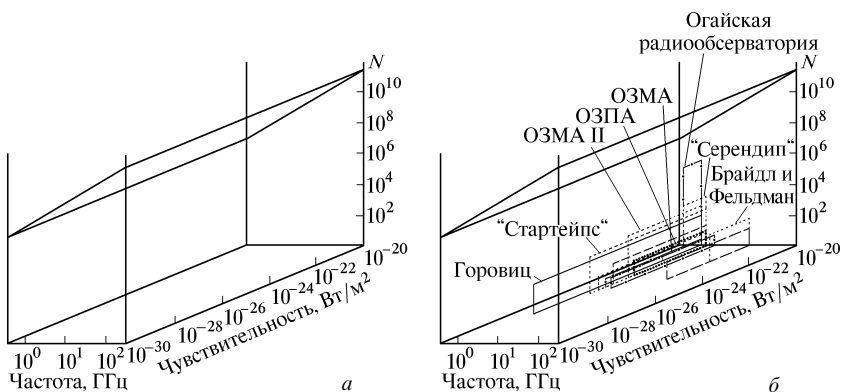


Рис. 1.9.6. а) Космический стог сена;
б) Космический стог, проведенные поиски

этой программы потребовалось более 10 лет, она начала осуществляться в 1990-х годах.

Крупнейшим из этих проектов был «Микроволновый обзор с высоким спектральным разрешением» (High-Resolution Microwave Survey, сокращенно HRMS). Проект финансировался НАСА и состоял из двух частей: *целевой поиск*, т. е. поиск сигналов от определенных объектов, и *обзор неба*. В целевом поиске было намечено исследовать 1000 солнцеподобных звезд в диапазоне 1000–3000 МГц. Особое внимание внутри этого диапазона предполагалось уделить так называемому «водяному окну», т. е. области спектра от линии водорода 1420 МГц до линий гидроксила вблизи 1700 МГц. Этой работой руководили Джон Билленгем и Джил Тартер из Исследовательского Центра НАСА им. Эймса. Использовались два радиотелескопа: 305-метровый радиотелескоп Аресибо и 46-метровый радиотелескоп НРАО. Спектральная аппаратура содержала 15 млн каналов и обеспечивала разрешение в 1 Гц. Вторую часть проекта — обзор неба — возглавляли М. Кляйн и С. Гулчис из Лаборатории реактивного движения (JPL). Здесь ставилась задача исследовать все небо. Спектральный диапазон был шире, чем в

целевом поиске (от 1000 до 10000 МГц), а спектральное разрешение соответственно меньше (около 20 Гц). Планировалось, что обзор займет 6 лет и завершится к началу третьего тысячелетия. Для наблюдений предполагалось использовать антенны Сети дальней космической связи НАСА, расположенные как в Северном, так и в



Рис. 1.9.7. 34-метровая антенна в Голдстоуне

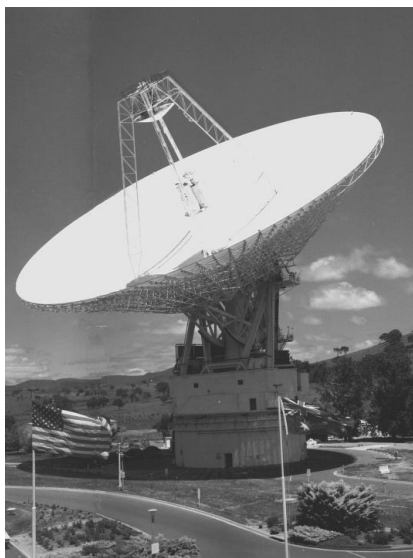


Рис. 1.9.8. 70-метровый радиотелескоп НАСА

Южном полушарии, в том числе 34-метровую антенну в Голдстоуне (рис. 1.9.7) и 70-метровые антенны в Голдстоуне и Тидбинбилла, Австралия (рис. 1.9.8). Методика обзора предусматривает быстрый просмотр полосы неба шириной $1,4^\circ$ и длиной 30° с помощью 34-метровой антенны, после чего компьютер сортирует полученные данные и отбирает из всех зафиксированных источников сигнала наиболее «подозрительные», которые изучаются уже более подробно, в медленном режиме сканирования. Это позволяет отсеять ложные источники, связанные с различными помехами. Остающиеся заносятся в специальный каталог для дальнейшего детального изучения с помощью крупных радиотелескопов.

Торжественное начало работ по проекту HRMS состоялось 12 октября 1992 г. и было приурочено к 500-летию открытия Америки. В течение первого года действия проекта наблюдения по програм-

ме целевого поиска проводились на радиотелескопе Аресибо. Было выполнено около 0,1% предусмотренного программой объема исследований. Наряду с наблюдениями проводилось дальнейшее усовершенствование системы. По программе обзора неба также удалось провести часть запланированных работ. В качестве «побочного продукта» этих наблюдений были получены радиоастрономические карты Галактики. И вот в тот момент, когда, казалось бы, все этапы научного и инженерного поиска, связанные с созданием уникальной аппаратуры, а также трудности организационного характера остались уже позади, Конгресс США неожиданно отказался от дальнейшего финансирования работ. Трудно сказать, чем вызвано такое решение. Не исключено, что существенную роль здесь сыграло окончание «холодной войны», с одной стороны, и падение научного потенциала бывшего СССР — с другой. В годы противостояния две сверхдержавы стремились поддерживать паритет в важнейших областях и не допускать значительного отрыва партнера. Теперь Россия уже не могла составить опасную конкуренцию США.

Надо отметить, что руководители проекта не пали духом, а продолжили энергично искать спонсоров. В результате часть проекта, а именно, целевой поиск удалось возродить в новом проекте «Феникс», который финансируется исключительно за счет пожертвований от частных лиц и компаний. Начиная с 1994 г., наблюдения по проекту «Феникс» ведутся с помощью 64-метрового австралийского радиотелескопа в Парксе (рис. 1.9.9). В программу включено 200 звезд южного неба. В случае обнаружения «подозрительного» источника предусматривается проверка его в интерферометрическом режиме путем подключения антенны, расположенной в Мопра.

Другой крупный проект, который выполняется в США — это проект Калифорнийского университета в Беркли — SERENDIP (Search for Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations). Его название имеет еще один подтекст: оно заимствовано из старинной персидской сказки «Три принца из Серендипа», герои которой, путешествуя по свету, обнаружили много удивительного и неожиданного. В наше время это имя стало нарицательным — оно означает счастливую способность неожиданного открытия. Особенность проекта SERENDIP в том, что это программа *сопутствующего поиска*, то есть поиск ведется попутно с выполнением основной астрофизической или прикладной задачи. Выходные данные приемной аппаратуры, на которой ведутся обычные радиоастрономические наблюдения, анализируются на предмет наличия в них

сигнала ВЦ; это позволяет вести поиск сигналов, не отвлекаясь от выполнения основной радиоастрономической программы.

Первые наблюдения по проекту SERENDIP были проведены еще в 1976–1979 гг. с помощью 26-метрового радиотелескопа Хэт Крик (Калифорния, США). Они велись в диапазоне радиолиний водо-

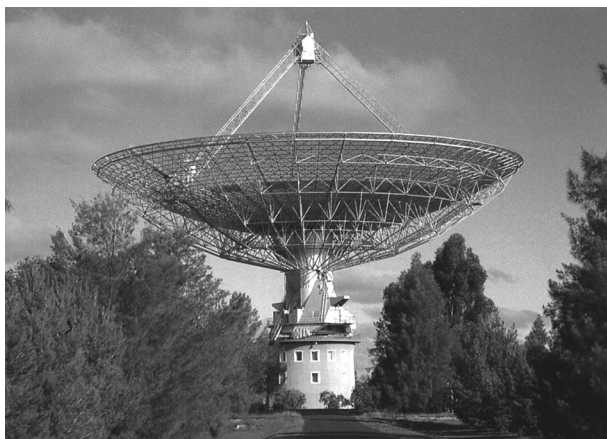


Рис. 1.9.9. 64-метровый австралийский радиотелескоп в Парксе

рода (1410–1430 МГц) и гидроксила (1653–1673 МГц), спектральное разрешение в этих первых наблюдениях составляло 2,5 кГц. В 1979 г. аппаратуру SERENDIP установили на 64-метровом радиотелескопе НАСА в Голдстоуне и наблюдали с ней те области неба, где радиотелескоп отслеживал космические аппараты НАСА. В дальнейшем аппаратура была усовершенствована: 100-канальный анализатор обеспечивал разрешающую способность 500 Гц при общей полосе анализа 20 МГц. Эту усовершенствованную систему называли SERENDIP-I, она использовалась в 1980 г. при наблюдениях с 26-метровым радиотелескопом Хэт Крик и в 1981–1982 гг. при наблюдениях на антеннах Сети дальней космической связи НАСА в Голдстоуне. Следующий шаг в развитии системы SERENDIP — создание спектроанализатора на 65 000 каналов с разрешением 1 Гц. Эта система, получившая название SERENDIP-II, была установлена на 90-метровом радиотелескопе НРАО и успешно действовала в течение двух лет вплоть до аварийного разрушения этого радиотелескопа. В начале 1990-х годов вступила в действие новая система SERENDIP-III, содержащая 4 млн каналов. Она обеспечивает раз-

решающую способность 0,6 Гц при полной полосе анализа спектра 2,4 МГц. Система установлена на 305-метровом радиотелескопе Аресибо. К середине 1990-х годов с ней было обследовано 30% небесной сферы (практически вся область доступная наблюдениям с радиотелескопом Аресибо). За время действия программы обнаружено около 400 «подозрительных» источников, однако полученных данных, к сожалению, недостаточно, чтобы уверенно приписать этим источникам внеземное искусственное происхождение. Сообщалось о планах увеличить число спектральных каналов до 120 млн (SERENDIP-IV). Между тем, этот проект также, как и HRMS, столкнулся с финансовыми трудностями. Для его поддержки создано общество «Друзья Серендипа» со штаб-квартирой в Калифорнийском университете Беркли, которое возглавляет знаменитый писатель и футуролог Артур Кларк.

Еще одна программа поиска узкополосных сигналов с помощью многоканальных приемников (Mega-channel Extraterrestrial Assay, сокращенно META) ведется Гарвардским университетом США совместно с Планетным обществом (Planetary Society). Он представляет собой развитие более раннего проекта SENTINEL, известного также под названием «чемодан SETI» (см. выше). Поиск ведется на частоте радиолинии водорода 1420,4 МГц и удвоенной частоте 2840,8 МГц с разрешением 0,05 Гц. Спектральная аппаратура, разработанная под руководством П. Горовица, включает 8 млн каналов, мгновенная полоса анализа 400 кГц ($0,05 \text{ Гц} \times 8 \cdot 10^6 = 4 \cdot 10^5 \text{ Гц}$), а общая полоса анализа 1,2 МГц. Аппаратура обеспечивает автоматическую компенсацию эффекта Доплера и позволяет вести наблюдения в трех различных инерциальных системах: системе местного лабораторного стандарта, системе неподвижной относительно галактического центра, и системе, отнесенной к реликтовому фону. Таким образом, в проекте META преодолен недостаток прежнего проекта SENTINEL — привязка только к гелиоцентрическому стандарту.

Поиск сигналов на северном небе по этой программе проводится с 26-метровым радиотелескопом Гарвардской радиообсерватории (проект META-I). Наблюдения ведутся в *режиме прохождения* через неподвижный антенный луч. За время прохождения делается шесть 20-секундных измерений (в трех инерциальных системах по две поляризации в каждой). При этом на экране фиксируется время, координаты, интенсивность и другие параметры. В случае появления «подозрительного» сигнала, происходит переход в режим отслеживания источника с одновременной архивацией данных. За

пять лет, с 1986 г. по 1990 г. обследована область неба по склонению от -30° до $+60^\circ$. При этом на волне 21 см область была перекрыта трижды, а на волне 10,5 см — дважды. Обнаружено около 40 «подозрительных» источников, из которых 8 авторы считают наиболее интересными.

В 1990 г. начат обзор южного неба с такой же аппаратурой, установленной на 30-метровом радиотелескопе Аргентинского радиоастрономического института — проект МЕТА-II. Наблюдения ведутся ежесуточно по 12 часов в сутки. Планируется охватить ими все южное небо. За два первые года работы было зарегистрировано около 10 «подозрительных» источников. Все они группируются к плоскости Галактики. Однако природу их установить так и не удалось. Планируется дальнейшее усовершенствование системы. На первом этапе (проект ВЕТА-I) число спектральных каналов будет доведено до 160 млн, разрешающая способность будет составлять 0,5 Гц, мгновенная полоса анализа спектра 40 МГц, а полная полоса анализа 320 МГц; на втором этапе (проект ВЕТА-II) число спектральных каналов планируется увеличить до 6 миллиардов, разрешающая способность составит 0,05 Гц, а мгновенная полоса анализа будет составлять 300 МГц.

Южное небо исследуют также австралийские ученые. Эксперименты по поиску сигналов ВЦ начаты в Австралии еще в 1960-х годах, а затем продолжались в 1970-е и 1980-е годы. Использовался 64-метровый радиотелескоп в Парксе и антенны станции НАСА в Тидбинбила. В 1990 г. группа ученых Западно-австралийского университета с помощью 64-метрового радиотелескопа в Парксе провела поиск узкополосных сигналов на частоте 4462 МГц от 100 близких звезд и некоторых шаровых скоплений. Австралийские ученые предполагали принять участие в проекте HRMS, а когда он был приостановлен, они, как уже говорилось выше, поддержали проект «Феникс».

Поскольку поиск сигналов требует очень высокой чувствительности, наиболее серьезные проекты проводились (и проводятся) с помощью крупнейших радиотелескопов, доступных лишь профессионалам. Однако уже с 1980-х годов в поиск включились любители. Первым из них был американский инженер Р. Грей, который в 1983 г. с несколькими сотрудниками построил у себя в саду под Чикаго «Малую SETI-обсерваторию», оснащенную 4-метровым радиотелескопом и приемником на волне 21 см. Приемник содер-

жал 256 спектральных каналов, обеспечивая разрешение 40 Гц. Несмотря на скромную антенну была достигнута чувствительность того же порядка, как и в первых экспериментах Ф. Дрейка. Наблюдения проводились ежедневно в вечерние часы. Значительное внимание была уделено области неба, где в августе 1977 г. радиоастрономы Огайской обсерватории обнаружили знаменитый источник «Ого-го!». Еще одна любительская SETI-обсерватория была создана Б. Стефенсом в удаленном уголке Канады у реки Юкон.

В 1980-х годах группа радиолюбителей из Силиконовой долины (США) создала систему для поиска сигналов ВЦ на волне 21 см с использованием небольших спутниковых и телевизионных антенн. Поскольку радиолюбители не связаны ограничениями по времени, как у крупных радиотелескопов, они надеялись получить приемлемую чувствительность за счет длительного времени накопления сигнала.

В нашей стране любительский (в основном, учебный) проект «Аэлига» выполнялся с конца 1980-х годов Л. Н. Филипповой во Всероссийском пионерском лагере «Орленок» (ныне РДЦ «Орленок») на берегу Черного моря. Использовалась 3-метровая антенна солнечного радиотелескопа, переданная «Орленку» Специальной астрофизической обсерваторией и приемная аппаратура разработанная специалистами Института радиофизики и электроники Академии наук Армении.

В связи с широким интересом к проблеме SETI в США в 1994 г. была основана Лига SETI (SETI League) как всемирная организация, объединяющая любителей астрономии, радиолюбителей, про-

фессиональных радиоастрономов, специалистов по цифровой обработке сигналов — с целью систематического научного изучения и поиска внеземной жизни. Основной экспериментальный проект Лиги «Аргус» рассчитан на поиск сигналов с помощью небольших 5-метровых антенн, объединенных в единую сеть. SETI



Рис. 1.9.10. Любительский проект «Аэлига»

Лига имеет свой сайт в Интернете: <http://www.setileague.org/>, где представлена разнообразная и весьма богатая информация о ее деятельности и о проблеме SETI.

Еще один интересный любительский проект носит название «SETI дома» (SETI@HOME). Большой объем информации, поступающей в ходе поиска сигналов, весьма остро ставит проблему обработки. Проект SETI@HOME позволяет с помощью Internet подключить миллионы домашних компьютеров к обработке данных. Таким образом, каждый желающий может принять участие в поиске внеземных цивилизаций, не выходя из дома. Для того чтобы стать участником проекта, надо всего лишь «скачать» и установить на своем домашнем компьютере программу-скринсейвер, которая запускается в тот момент, когда вы перестаете работать за компьютером. Программа сама «перекачивает» необработанную информацию из Научного центра, обрабатывает ее, и отправляет обратно полученные результаты.

Проект «SETI@HOME» базируется в Калифорнийском университете в Беркли. Англоязычный сайт проекта расположен по адресу: setiathome.ssl.berkeley.edu.

В России число добровольных участников проекта пока невелико, мы занимаем по числу участников 33-е место в мире. Чтобы исправить положение И. Галявов создал русскоязычный сайт, где можно найти много интересной информации как о проекте, так и о SETI.

1.10. Оптический канал связи

До сих пор мы рассматривали возможности и попытки обнаружения радиосигналов ВЦ. Это вполне естественно, поскольку радиосвязь является основным средством коммуникаций на Земле, и поскольку, начиная с пионерских работ Дж. Коккони, Ф. Моррисона и Ф. Дрейка, было показано, что радиоволны СВЧ-диапазона могут обеспечить связь на межзвездные расстояния. А возможны ли иные способы связи с ВЦ?

В XIX в., когда радиоволны еще не были известны, рассматривались проекты световой сигнализации на планеты Солнечной системы. Наиболее серьезный проект был предложен Э. Неовиусом, российским ученым финского происхождения⁴⁷. Неовиус предложил поместить в фокусе оптического телескопа яркий источник света и с помощью специальной подвижной диафрагмы с вырезами модулировать световой поток в виде «точек» и «тире» азбуки Морзе. В

⁴⁷ Неовиус Э. Величайшая задача нашего времени. — Гельсингфорс, 1876.

качестве источника света он предлагал использовать недавно изобретенную вольтову дугу. Располагая ее в фокусе телескопа с диаметром объектива в 1 м, можно было создать сигнал вполне обнаружимый на поверхности Марса с помощью аналогичного телескопа. Для создания обнаружимого сигнала на более удаленных планетах Неовиус предлагал использовать систему из нескольких 1-метровых телескопов. Он прекрасно понимал, что создание такой системы не под силу одной какой-либо стране и предлагал объединить усилия многих передовых стран, рассматривая задачу связи с внеземными цивилизациями как общечеловеческую. Проект Неовиуса был рассчитан на связь в пределах Солнечной системы. А возможна ли связь с помощью световых сигналов на межзвездные расстояния? До изобретения лазеров мы должны были бы ответить отрицательно.

На первый взгляд, это может показаться не совсем ясным. Если мы помещаем радиопередатчик в фокусе зеркальной антенны и таким образом создаем луч, который можно направить на различные звезды, получая при этом вполне обнаружимый сигнал, — то почему бы ни поместить источник света в фокусе оптического зеркала и с помощью такого прожектора не попробовать передавать световые сигналы? Различие между радиотелескопом и прожектором состоит в том, что радиотелескоп обладает гораздо большей направленностью. Это связано с тем, что излучатель радиоволн, находящийся в фокусе зеркальной антенны, имеет размер, не превышающий длину волны радиоизлучения, поэтому раствор радиолуча определяется только дифракцией и равен λ/D . Длина волны видимого света столь мала, что невозможно создать источник такой протяженности. Пламя вольтовой дуги или нить накаливания имеют размер порядка сантиметров, а длина волны видимого спектра меньше 1 км. При таких условиях расходимость луча прожектора значительно больше дифракционного предела. Хороший прожектор имеет расходимость луча порядка полградуса. Такую же диаграмму направленности будет иметь радиотелескоп диаметром 1 м, работающий на волне 1 см. Это довольно низкая направленность. Чтобы обеспечить радиосвязь на межзвездные расстояния, требуется гораздо более высокая направленность. Тем более это необходимо для светового сигнала. Ведь условия обнаружения светового сигнала гораздо хуже, чем радиосигнала. Это связано с необходимостью выделения сигнала на фоне излучения звезды.

Если цивилизация, посылающая радио или световые сигналы, находится в окрестности какой-то звезды (на планете, обращающейся вокруг этой звезды), то при наблюдении ее даже с расстояния ближайших звезд (а тем более с дальних расстояний) излучение цивилизации невозможно отделить от излучения звезды: практически они будут наблюдаться в одном направлении. Значит, сигнал ВЦ должен быть обнаружен на фоне излучения звезды. Мощность излучения нормальной звезды, типа Солнца, в радиодиапазоне низка, поэтому обнаружение радиосигналов на фоне

этого излучения не представляет труда. Ограничивающим фактором здесь является не излучение звезды, а галактический фон. Если радиосигнал можно обнаружить на фоне галактического излучения, он «автоматически» выделяется из излучения звезды. Иное дело в оптическом диапазоне. Здесь интенсивность излучения звезды гораздо выше, и именно она, а не галактический фон, ограничивает возможность обнаружения сигнала. Чтобы световой сигнал можно было обнаружить на фоне яркого излучения звезды, направленность светового пучка должна быть очень острой, значительно острее, чем в радиодиапазоне. В то время как световой прожектор дает очень низкую направленность. Изобретение лазеров позволило снять это противоречие.

Принцип работы лазера такой же, как у мазера (рассмотренного в § 1.8). Он является источником вынужденного когерентного излучения, в котором все фотоны данной длины волны летят в одном направлении. Конечно, это условие выполняется не абсолютно, а с определенной точностью: поскольку излучение лазера по всей его поверхности синфазно, то угловая ширина светового луча определяется дифракцией и равна λ/a , где a — линейный размер излучающей поверхности. А так как длина волны видимого света очень мала, то и расходимость пучка лазера, даже при небольшом размере светящейся поверхности, невелика. Так, для $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ при $a = 1 \text{ см}$, расходимость пучка составляет $5 \cdot 10^{-5}$ рад или 10 секунд дуги, что сопоставимо с направленностью радиотелескопа диаметром 200 м, работающего на волне 1 см. Это уже достаточно высокая направленность. Однако с помощью оптической системы ее можно еще увеличить. Поместим в пучок лазера идеальную линзу диаметром a с фокусным расстоянием, равным тоже a . Тогда в фокусе линзы будет получено действительное изображение размером λ . То есть такая система позволяет получить источник света, имеющий размер, равный длине волны (как излучатель в радиодиапазоне). Если теперь совместить фокус линзы с фокусом большого зеркала, диаметром D , то пучок, выходящий из большого зеркала, будет иметь расходимость λ/D . Для 5-метрового зеркала она составляет 10^{-7} рад или 0,02 угловой секунды. Это соответствует очень высокой направленности: телесный угол, в котором сосредоточено излучение, равен 10^{-14} стерадиана. (Чтобы реализовать такую направленность в радиодиапазоне, надо иметь гигантский радиотелескоп; если, например, радиотелескоп работает в диапазоне 20 см, где расположены радиолинии водорода и гидроксила, его размер должен быть 2000 км!) Столь высокая направленность лазера позволяет осуществить передачу световых сигналов на межзвездные расстояния.

Первые, кто обратил внимание на возможность использования лазеров для межзвездной связи, были американские ученые Р. Шварц и Ч. Таунс. Их статья в «Nature» на эту тему⁴⁸ появилась в 1961 г., спустя год после первых попыток поиска радиосигналов ВЦ (проект «Озма»). Таунс является одним из изобретателей лазера, вместе с советскими учеными Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым он был удостоен Нобелевской премии за это изобретение. Не удивительно поэтому, что именно Таунс исследовал возможности применения лазеров для связи между космическими цивилизациями.

В качестве примера Таунс и Шварц рассмотрели такую систему: лазер мощностью 10 кВт, работающий в непрерывном режиме на волне 5000 Å, в полосе 1 МГц, диаметр дополнительного большого зеркала — 5 м. Угол раствора пучка в такой системе 10^{-7} рад. Чтобы сохранить столь высокую направленность, система должна быть вынесена за пределы атмосферы.

Если внеземная цивилизация, расположенная около одной из ближайших звезд на расстоянии 10 св. лет от Солнца, посылает к нам световые сигналы с помощью подобной системы, то поток излучения у Земли будет составлять 10^{-16} Вт/м², что соответствует звездной величине 21,2^m. В те годы это было близко к предельной звездной величине объекта, который можно было наблюдать на Земле при помощи самых крупных телескопов. Заметим, что обычный прожектор той же мощности (10 кВт) создал бы на Земле поток на 10 порядков (в 10^{10} раз) меньше, что было бы далеко за пределами обнаружения.

Рассмотрим теперь проблему выделения лазерного сигнала на фоне излучения звезды. Звезда типа Солнца, расположенная на расстоянии 10 св. лет, создаст у Земли поток, равный $3 \cdot 10^{-9}$ Вт/м². Эта величина на 7,5 порядков превышает поток от лазера. Следовательно, если наблюдать в интегральном свете, мы ничего не увидим. Но можно воспользоваться тем, что лазер излучает в очень узкой полосе частот. Полосе 1 МГц на волне 5000 Å соответствует интервал длин волн $\sim 10^{-5}$ Å. То есть лазер излучает очень узкую спектральную линию, которая наблюдается на фоне непрерывного спектра звезды. Для того чтобы линию можно было обнаружить, выделить на фоне непрерывного спектра, с помощью спектрографа (или иного спектрального аппарата), спектральная плотность потока в

⁴⁸ См. Шварц Р., Таунс Ч. Межзвездная и межпланетная связь при помощи оптических лазеров / Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 247–256.

линии должна превышать спектральную плотность потока звезды в непрерывном спектре на той же частоте. При принятых параметрах излучающей системы спектральная плотность потока от лазера на Земле будет равна 10^{-22} Вт/(м² · Гц). Та же величина для звезды составляет $4 \cdot 10^{-24}$ Вт/(м² · Гц). То есть спектральная плоскость потока лазера в 25 раз превышает спектральную плотность потока звезды. Условие обнаружения выполнено! Но его еще надо реализовать практически. Если бы мы сумели выделить в спектре звезды участок шириной 10^{-5} Å на частоте лазера, тогда наблюдаемая контрастность линии по отношению к непрерывному спектру равнялась бы 25, что с избытком достаточно для ее обнаружения. Но такая разрешающая способность совершенно недостижима для звездных спектрографов. Если же использовать спектрограф с более грубым разрешением, интенсивность линии будет «размазываться» по спектру, и ее наблюдаемый контраст будет падать. Практически можно реализовать звездный спектрограф с разрешающей способностью 0,03 Å. Это очень высокая разрешающая способность! Но даже при таком разрешении наблюдаемый контраст линии составит всего 0,01 от непрерывного спектра. При таком контрасте обнаружить линию практически невозможно. Чтобы преодолеть эту трудность, Таунс и Шварц предложили очень красивую идею: использовать для передачи частоту, которая совпадает с центром какой-нибудь сильной линии поглощения в спектре звезды. Тогда в центре широкой линии поглощения будет наблюдаться узкая линия излучения, испускаемая лазером. А так как излучение звезды в центре линии поглощения слабее, чем в соседних участках непрерывного спектра, то наблюдаемый контраст лазерной линии возрастает. Расчеты показали, что при использовании лазера на частоте одной из линий «Н» или «К» звездного спектра наблюдаемый контраст при разрешающей способности 0,03 Å будет составлять 10%, что уже достаточно для обнаружения. Для передачи информации по такому каналу можно менять какой-нибудь параметр излучения, например интенсивность линии.

Таким образом, описанная система позволяет осуществить передачу сигналов в оптическом диапазоне с расстояния ближайших звезд. Применение более мощных лазеров даст возможность увеличить дальность связи. При мощности 10^{10} Вт (подобные лазеры разрабатываются для противоракетной обороны и для реакторов термоядерного синтеза) дальность связи возрастет до 10000 св. лет. Для обнаружения таких сигналов необходимо изучать спект-

ры звезд с высоким спектральным разрешением при помощи крупных оптических телескопов с целью поиска узких линий излучения, расположенных на необычных частотах (например, в центре сильных линий поглощения) и обладающих переменными характеристиками.

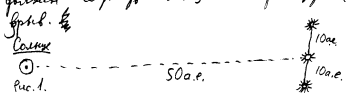
Другой тип сигналов связан с применением лазеров, работающих в импульсном режиме. В этом случае высокая пиковая мощность достигается за счет концентрации энергии в очень коротком импульсе. Так, лазер с энергией импульса 10 Дж при длительности импульса 10^{-12} с имеет мощность 10^{13} Вт.

А. Д. Сахаров предложил способ оптической сигнализации без применения лазеров, с помощью термоядерной «лампы-вспышки» — сокращенно ЛВ (рис.1.10.1). Устройство выводится за предел планетной системы и там взрывается. Энергия взрыва трансформируется в короткий световой импульс, который можно обнаружить на расстоянии ближайших звезд. Согласно предложению А. Д. Сахарова, несколько ЛВ размещается в пространстве эквидистантно на одной прямой (рис.1.10.2) и взрываются синхронно, либо через равные промежутки времени. Такой характер сигнала может служить критерием искусственности. Для передачи информации используется тонкая микроструктура импульса. Приемное устройство должно включать оптический телескоп с высоким угловым разрешением (до $0,01''$) и аппаратуру для регистрации очень коротких световых импульсов. А. Д. Сахаров предложил систематически, раз в 10–20 лет, выводить заряды ЛВ за пределы Солнечной системы и взрывать там. Помимо сигнализации, это хороший способ избавиться от термоядерного оружия на Земле.

Обсудим теперь сравнительные достоинства связи в радио и оптическом диапазонах. Прежде всего необходимо выделить две задачи: 1) передача и обнаружение позывных; 2) передача и прием основной содержательной программы связи (космическое вещание). Назначение позывных — привлечь внимание получателя, облегчить ему задачу установления искусственной природы принимаемого излучения. Для этого наряду с физическими характеристиками сигнала, которые можно рассматривать в качестве предварительных критериев искусственности, позывные должны содержать определенное количество смысловой информации, на основании которой можно сделать окончательное заключение об искусственном характере принятых сигналов. Кроме того, можно полагать, что позывные содержат информацию, представляющую своего рода «ключ»

к основной программе: указание на частоту, на которой ведется информативная передача; сведения о полосе сигнала, способе кодировки и т. д. Общее количество информации, которое требуется для этих целей, не так велико. Поэтому пропускная способность

-7-
Да. Из Кратко описать один конкретный вариант системы связи.
За пределы солнечной системы, во избежание электромагнитных помех, раз в 10-20 лет выводится мощный источник сигнала ("Лампа-вспышка", сжатием NB)
Лампы-вспышки выводят на одну (рис. 1) причину и радиацию электромагнитных волн, взрывающейся симметрично (в каком случае объект, связанный с сигналом, имеет равные моменты времени. Источники энергии каждой NB должны служить мощными порождающими факторами.
Сигнал
Рис. 1.



-8-
Энергия взрыва легко трансформируется в короткую вспышку в световой диапазон и т.д. Размеры системы должны быть минимальными, чтобы избежать электромагнитных помех. Энергия взрыва должна иметь свойство (аргумент) легко проходить через короткую вспышку в видимый свет, при этом с минимальными потерями для передачи информации (рис. 2)
Применение усовершенствованного датчика сигнала с оптимизацией расстояния с записью и сигналов во времени и с хорошей разрешением по углу.
Рис. 2.

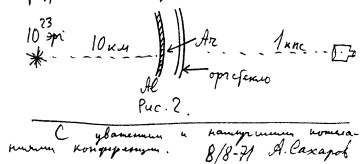


Рис. 1.10.1. Оптическая «Лампа-вспышка» для связи с ВЦ. Фрагмент из письма А. Д. Сахарова (ответ на анкету SETI).

Источником энергии служит термоядерный взрыв. Сжимая энергией продуктов взрыва тонкий слой газа — аргона, можно получить короткую световую вспышку с любой микроструктурой для передачи информации

Рис. 1.10.2. Схема размещения импульсных источников света в проекте А. Д. Сахарова

канала (скорость передачи информации) в случае позывных не имеет решающего значения, она может быть невелика. После того как цивилизация обнаружит и расшифрует позывные, она может перейти к приему основной программы космического вещания. Эта программа должна обеспечить передачу большого количества информации, поэтому пропускная способность канала в этом случае приобретает существенное значение. С учетом этих требований рассмотрим радио и оптический канал.

Основное достоинство радиоканала состоит в том, что в нем реализуется минимум принципиально неустраняемых помех. Это делает радиосвязь наиболее экономичной в энергетическом отношении. Но дело не только в экономичности связи. Минимум принципиально неустраняемых помех — это определенное объектив-

ное свойство, которое *отмечает* радиодиапазон среди других диапазонов электромагнитных волн, своего рода *метка*, известная всем цивилизациям. Поэтому стремясь найти согласованное решение по выбору диапазона, они должны обратить внимание на эту «метку». Тем более, что отмеченное свойство делает радиодиапазон пригодным и, в известном смысле, оптимальным для всех цивилизаций.

Главные достоинства оптического канала — его высокая пропускная способность и легкость осуществления остронаправленной передачи. Чтобы осуществить сравнимую направленность в радиодиапазоне, надо иметь зеркала размером в сотни километров. Такие зеркала можно построить только в космическом пространстве; на поверхности планеты они будут испытывать слишком большие деформации от собственного веса, при которых не удастся сохранить требуемую точность поверхности. Впрочем, и лазерные установки также надо выносить за пределы атмосферы, но по другой причине — чтобы избежать расширения луча в неоднородной атмосфере.

При определенных обстоятельствах направленность лазерных систем может быть даже излишне высокой, затрудняющей поиск. Так, в рассмотренном выше примере, когда сигнал посылается с расстояния 10 св. лет, а раствор пучка составляет 10^{-7} рад, его поперечное сечение в «пункте наблюдения» будет составлять 10 млн км. Это значительно меньше размеров Солнечной системы и даже меньше (в 15 раз) расстояния от Земли до Солнца. Поэтому если цивилизация-отправитель направит луч лазера точно на Солнце, Земля не попадет в этот луч, и сигнал не может быть принят. Следовательно, чтобы облучить *неизвестную* планету, где, может быть, существует разумная жизнь, цивилизация-отправитель должна будет «шарить» лучом своего лазера по околосолнечному пространству, в пределах всей Солнечной системы (или ожидаемой «зоны жизни»)⁴⁹. Это увеличивает время поиска для передающей ВЦ и затрудняет обнаружение сигнала, так как обитаемая планета лишь на короткое время будет облучаться инозвездным лазером. На эту труд-

⁴⁹ Альтернативная возможность состоит в том, что передающая цивилизация направляет луч точно на обследуемую звезду, а цивилизация, стремящаяся обнаружить сигнал, осуществляет поиск с помощью космических станций в близких окрестностях своей звезды. Если известно, что у звезды имеется подходящая для жизни планета (или планеты) и определена ее орбита, то область поиска для цивилизации-отправителя существенно сужается.

ность обратил внимание И. С. Шкловский. Конечно, она не является непреодолимой. Все зависит от мощности лазера. Если мощность лазера увеличить на 4 порядка, доведя ее до 100 МВт, то, используя более скромную оптическую систему с диаметром объектива 5 см вместо 5 м, можно увеличить раствор пучка в 100 раз. При этом луч, направленный на звезду, покроет практически всю планетную систему (или, по крайней мере, ее «зону жизни»), и искать нужную планету в околозвездном пространстве уже не потребуется. С другой стороны, увеличив мощность лазера, можно при той же высокой направленности соответственно увеличить дальность связи. При дальности 1000 св. лет и растворе пучка 10^{-7} рад он будет покрывать практически всю планетную систему искомой цивилизации. Но в этом случае (при большой дальности) необходимо обследовать огромное число звезд.

В условиях взаимного поиска, когда положение абонента совершенно неизвестно, желательно, чтобы в диаграмме направленности телескопа, как у передающей, так и у принимающей ВЦ, одновременно находилось возможно большее число потенциальных абонентов (потенциальных объектов поиска). А оно, естественно, увеличивается с расширением диаграммы. В этом смысле более скромная направленность радиотелескопов дает даже известное преимущество. Другое дело, когда цивилизации обнаружат друг друга, тогда между ними может быть установлен постоянно действующий высоконаправленный канал связи, для создания которого целесообразно использовать оптические средства.

Пропускная способность канала определяется его полосой частот. В этом отношении оптический канал обладает большим преимуществом по сравнению с радиоканалом. Но опять-таки в условиях взаимного поиска высокая пропускная способность оптического канала является излишней. Однако она необходима для осуществления высокоинформативной связи.

На основании этих соображений можно заключить, что для передачи и приема позывных целесообразно использовать радиоканал, а для информативной передачи эффективней использовать оптический или даже рентгеновский диапазон спектра. Это значит, что на первом этапе, когда речь идет о поиске позывных, предпочтительнее вести его в радиодиапазоне. Однако учитывая неизбежную неполноту наших знаний, нельзя слишком категорически настаивать на этих выводах, как нельзя исключать и альтернативные подходы.

1.11. Неэлектромагнитные каналы

В странной жажде ненасытной
Ощущаете смелы
Скудость электромагнитной
Вам наскучившей шкалы.

Ю. Линник

До сих пор мы обсуждали связь с помощью электромагнитных волн. Рассмотрим теперь другие, неэлектромагнитные каналы связи.

Г р а в и т а ц и о н н ы е в о л н ы. Согласно общей теории относительности, при движении массивных тел с переменным ускорением возникают возмущения гравитационного поля, которые распространяются в вакууме в виде гравитационных волн. Скорость их распространения равна скорости света. Гравитационные волны генерируются в любой системе вращающихся или колеблющихся масс. Мощным источником их являются взрывы сверхновых звезд, процессы гравитационного коллапса. Хотя никто не сомневается в существовании гравитационных волн, обнаружить их экспериментально пока не удалось. Это связано с чрезвычайно малой интенсивностью и крайне слабым взаимодействием гравитационных волн с веществом. Имеются лишь косвенные свидетельства излучения гравитационных волн космическими объектами. Так, в тесной системе из двух нейтронных звезд, одна из которых — пульсар PSR 1913 + 16, наблюдается монотонное сокращение орбитального периода. Предполагается, что это происходит вследствие сближения компонентов, которое вызвано потерей энергии из-за гравитационного излучения. Численные оценки согласуются с этим предположением. В настоящее время в десятках лабораторий мира создаются детекторы для регистрации гравитационных волн космического происхождения. Другая проблема — научиться генерировать гравитационные волны, т. е. проблема создания достаточно мощных генераторов гравитационных волн. Если какие-то высокоразвитые ВЦ решили эти проблемы, они могут использовать гравитационные волны для межзвездной связи.

Проходя через массивное тело, гравитационные волны изменяют направление, преломляются, подобно световым волнам, проходящим через линзу. В результате гравитационные волны фокусируются на некотором расстоянии от такой «гравитационной линзы». Как показал Л. Х. Ингель, обычная звезда (типа Солнца) обладает хорошими фокусирующими свойствами. Если в фокусе такой «линзы» поместить генератор грави-

тационных волн, то можно получить почти параллельный пучок лучей, шириной 1000 км, который практически не расходится вплоть до межзвездных расстояний 10^4 св. лет⁵⁰. Значит, гравитационная антенна диаметром 1000 км могла бы полностью перехватить всю энергию, излучаемую генератором. Фокусирующие свойства звезды-линзы могут быть использованы и на приемном конце линии связи. Если направление на источник сигнала известно (и значит, известно положение гравитационного фокуса своей звезды), то можно разместить в нем детектор гравитационных волн; тогда для перехвата всей энергии генератора не потребуются громоздкие антенны.

Мы не упоминаем здесь проблему доставки детектора в фокус, расположенный достаточно далеко от звезды на периферии планетной системы. Поскольку наша цивилизация не владеет пока техникой передачи и приема гравитационных волн, все эти проблемы представляют для нас чисто умозрительный интерес.

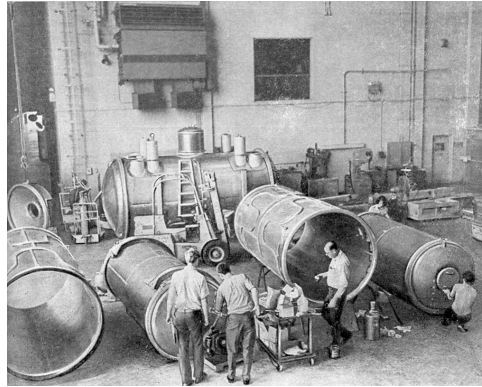


Рис. 1.11.1. Гравитационная антенна Луизианского университета США.

Приемником гравитационных волн является алюминиевый цилиндр массой 5 т, охлаждаемый до температуры $3 \cdot 10^{-3}$ К

Нейтринная связь. Сходная ситуация имеет место и в отношении нейтрино. Идея нейтринной связи была высказана польским физиком М. Суботовичем в 1967 г., а затем обсуждалась другими авторами (помимо научных работ, надо упомянуть замечательный роман С. Лема «Голос Бога» — в русском переводе «Голос Неба»). В качестве генератора нейтрино, по мысли Суботовича, можно использовать ускорители протонов с энергией в сотни гигаэлектронвольт. Такой ускоритель позволяет получить хорошо сфокусированный, направленный и достаточно интенсивный поток нейтрино с энергией $10^3 + 10^7$ эВ. Для кодирования информации можно использовать модуляцию потока по частоте (или энергии нейтрино).

Отличительной особенностью нейтрино является очень слабое взаимодействие их со всеми видами материи. Поэтому поток ней-

⁵⁰ Ингель Л.Х. Замечание о гравитационной фокусировке // Астрон. журн. 1973. Т. 50. Вып. 6. С. 1331–1332.

трино может проходить гигантские расстояния от места генерации, где-то в удаленных областях Вселенной, до места обнаружения без всякого искажения. Это выгодно отличает нейтрино от электромагнитных волн. Последние испытывают поглощение в межзвездной среде, рассеяние на неоднородностях среды, вращение плоскости поляризации, влияние дисперсии, которое приводит к искажению сигнала. Выбором соответствующего диапазона электромагнитных волн можно добиться уменьшения этих эффектов, но полностью избавиться от них невозможно. Поток нейтрино практически не испытывает никаких взаимодействий и не искажается. Это очень ценное свойство для связи.

Но это же замечательное свойство нейтрино чрезвычайно затрудняет их обнаружение. Если бы нейтрино совсем не взаимодействовали с веществом, их невозможно было бы обнаружить. Но отдельные, очень редкие акты взаимодействия нейтрино с атомами на пути их следования все же происходят. И вот эти редкие акты и надо зарегистрировать. Несмотря на сложность задачи, первые нейтринные телескопы уже созданы. Детектор нейтрино представляет собой большой объем вещества (мишень), в котором регистрируются акты взаимодействия нейтрино с атомами мишени. Чем больше атомов содержит мишень, тем чаще происходят взаимодействия — тем выше чувствительность детектора. Чтобы исключить помехи от космических лучей, детектор помещается глубоко под землей или под водой.

В одном из первых нейтринных телескопов — телескопе Р. Девиса, построенном в 1967 г., мишень из тетрахлорэтилена C_2Cl_4 объемом 400 000 л размещается на глубине 1,5 км под землей, куда не проникают космические лучи, но свободно доходят нейтрино. При взаимодействии солнечных нейтрино с изотопом хлор-37 он превращается в радиоактивный изотоп аргон-37. Последний выделяется и регистрируется с помощью радиохимических методов. Детектор этого типа был предложен Бруно Понтекоров в 1946 г.

Другой тип детектора для регистрации солнечных нейтрино предложен советским ученым В. А. Кузьминым в 1964 г. Он основан на взаимодействии нейтрино с редкоземельным элементом галлием, который при этом превращается в германий. Галлиевый детектор сооружен в 1984 г. на Баксанской нейтринной обсерватории в Приэльбрусье⁵¹. Он расположен в туннеле, вырытом в недрах горы, на расстоянии 3,5 км от устья штольни. Установка имеет 10 реакторов, содержащих 50 тонн металлического галлия, который используется в качестве мишени. Образующийся в результате реакции германий извлекается с помощью очень тонких химических процедур. Можно представить себе трудность этой задачи, если учесть, что требуется извлечь 10–15 атомов германия из мишени, содержащей 10^{31} атомов.

⁵¹ Алексеев Е.Н. Баксанская нейтринная обсерватория // Земля и Вселенная. 1998. № 3. С. 41–46.

Еще один действующий телескоп, предназначенный для регистрации солнечных нейтрино — Камиоканде II⁵², вступил в строй в Японии в 1988 г. Детектор размещен в шахте на глубине около 1 км под землей, он представляет собой цилиндрическую цистерну объемом 3000 л, наполненную особо чистой водой. При взаимодействии нейтрино с атомами воды воз-

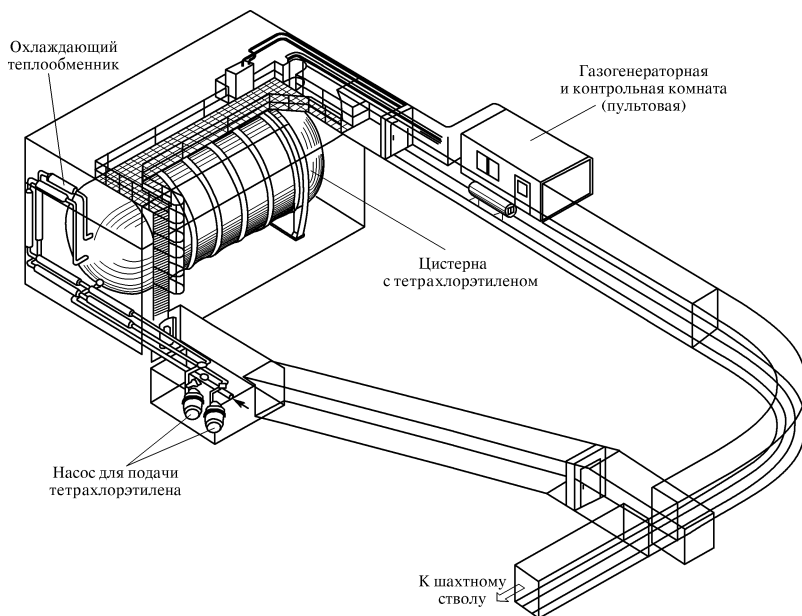


Рис. 1.11.2. Нейтринный телескоп Девиса.

Резервуар объемом 400 м³, заполненный тетрахлорэтиленом, размещен под землей на глубине 1,5 км. При взаимодействии солнечных нейтрино с изотопом хлор-37 он превращается в радиоактивный изотоп аргон-37, который выделяется и регистрируется радиохимическим методом

никают потоки электронов, которые генерируют световые вспышки, регистрируемые высокочувствительными фотодетекторами, установленными на стенках цистерны. В отличие от предыдущих установок, нейтринный телескоп Камиоканде позволяет не только зафиксировать количество нейтрино, но и определить направление, откуда они приходят. Наблюдения на Камиоканде подтвердили, что источником регистрируемых нейтрино является Солнце. В 1996 г. вступил в строй новый более совершенный прибор Супер-Камиоканде, чувствительность которого в 100 раз превышает чувствительность прежнего детектора. Планируется с помощью этой установки исследовать не только солнечные нейтрино, но и нейтрино более высоких энергий от других астрофизических источников.

⁵² См.: Земля и Вселенная. 1990. № 5. С. 77; 1991. № 1. С. 93.

Для регистрации потоков нейтрино, возникающих при коллапсе массивных звезд (вспышки сверхновых — см. гл. 2), используется сцинтиляционный телескоп Баксанской нейтринной обсерватории. Он вступил в строй еще в 1978 г. Регистрирующая часть телескопа состоит из восьми слоев жидких сцинтиляционных детекторов; четыре горизонтальных слоя составлены в виде этажерки с расстояниями 3,5 м между «полками» этажерки (слоями), а четыре вертикальных слоя окружают «этажерку» с четырех сторон. Общие размеры установки $17 \times 17 \times 11,5$ м, полное количество детекторов — 3150. Каждый детектор представляет собой алюминиевый контейнер размерами $70 \times 70 \times 30$ см, заполненный жидким органическим сцинтилятором, в центре контейнера установлен фотоумножитель, регистрирующий заряженные частицы. Принцип действия телескопа состоит в следующем. При взаимодействии нейтрино, идущих из нижней полусферы Земли, с окружающим детектор веществом образуются заряженные частицы — мюоны. Проходя через сцинтиляционный детектор, частица вызывает вспышку света, которая регистрируется фотоумножителем. Частица высокой энергии вызывает световые вспышки в детекторах, лежащих на ее траектории; это позволяет определять направление прихода частицы с точностью до 2° . К 2000 г. на установке зарегистрировано около 700 нейтрино, что составляет более половины всей мировой статистики.

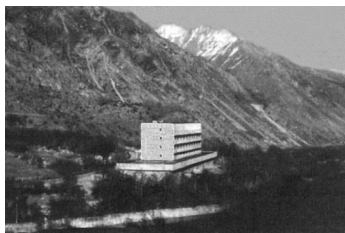


Рис. 1.11.3. Лабораторный копус Баксанской нейтринной обсерватории

Для регистрации нейтрино более высоких энергий (10^{12} – 10^{15} эВ) требуются телескопы нового поколения. Самый большой из разрабатываемых телескопов этого типа — ДЮМАНД (DUMAND — Deep Underwater Muon and Neutrino Detector — глубоководный детектор мюонов и нейтрино). В качестве мишени в нем используется морская вода. При столкновении высокоэнергичного нейтрино с атомным ядром возникает ли-

вень заряженных частиц, который, двигаясь со скоростью, превышающей скорость света в воде (но, конечно, меньшей, чем скорость света в вакууме!), вызывает черенковское излучение, регистрируемое с помощью фотоумножителей. Согласно первоначальному проекту, детектор должен был содержать 30 тысяч фотоумножителей (в герметических контейнерах), которые образуют пространственную решетку с расстоянием между узлами порядка 30 м. Объем детектора $1 \times 1 \times 1$ км, масса воды 10^9 тонн, предполагалось разместить его на глубине 5 км. В дальнейшем проект был видоизменен. В последнем десятилетии XX века разрабатывались три варианта ДЮМАНД меньшего масштаба⁵³. Первый вариант, разрабатываемый американскими, японскими и европейскими институтами, предусматривает размещение детектора на глубине

⁵³ См.: Земля и Вселенная. 1992. № 4. С. 46.

4,5 км в 30 км от одного из островов Гавайского архипелага. В его состав входят 216 фотоумножителей. Второй проект ДЮМАНД предусматривает сооружение нейтринного детектора на Байкале (на глубине 1,4 км в 5 км от берега). Он разрабатывается Институтом ядерных исследований РАН совместно с Институтом физики высоких энергий (Берлин) и рядом других российских институтов и университетов. И наконец, третий проект ДЮМАНД разрабатывают совместно Институт ядерных исследований РАН и Афинский университет (Греция). Детектор предполагается разместить на глубине 4,1 км вблизи юго-западного побережья Греции.

Для изучения нейтрино сверхвысоких энергий (больше 10^{16} эВ) советские ученые Г. А. Аскарьян и Б. А. Долгошеин предложили использовать акустический метод (проект «ДЮМАНД акустический»). При взаимодействии таких нейтрино с атомными ядрами в толще воды возникает ливень частиц, который распространяясь в воде создает звуковую волну. Для регистрации звуковой волны Аскарьян и Долгошеин предложили использовать гидрофоны с пьезодатчиками, последние преобразуют звуковой импульс в электрический сигнал, который по кабелю передается на компьютер. Согласно их предложению, установка должна иметь форму параллелепипеда с основанием 10×10 км и высотой 1 км, объем воды 100 км^3 , масса воды 10^{11} тонн; в этом объеме предлагается равномерно распределить 100 000 гидрофонов с пьезодатчиками. В 1992 г. во время экспедиции на океанографическом корабле «Витязь» по испытанию элементов установки ДЮМАНД-3 проводились также испытания элементов акустической аппаратуры. Имеются и другие проекты, на которых мы останавливаться не будем.

Реализация этих проектов откроет возможность регистрации нейтрино галактического и межгалактического происхождения, в том числе реликтовых нейтрино, возникших еще во время «Большого взрыва», в котором родилась наша Вселенная. Поскольку нейтрино практически не взаимодействуют ни с веществом, ни с излучением, они несут информацию о той эпохе и тех процессах, в которых они образовались: о формировании звезд, галактик, о самых ранних этапах эволюции Вселенной. Таким образом, мы стоим на пороге возникновения нейтринной астрономии.

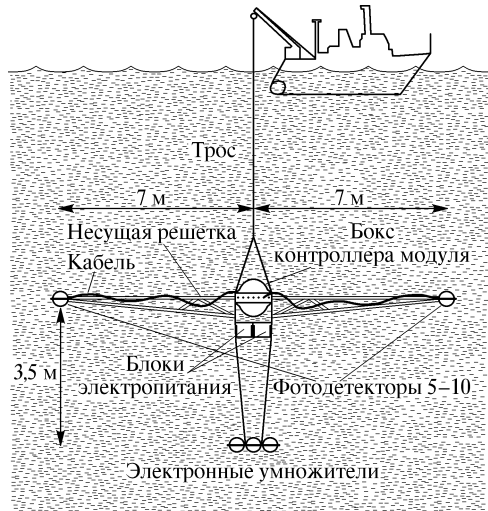


Рис. 1.11.4. Схема автономного модуля нейтринного телескопа (проект ДЮМАНД).

Когда нейтринные телескопы войдут в практику астрономических исследований, их можно будет использовать и для целей SETI. Но при этом мы должны допустить, что ВЦ освоили технику генерирования достаточно мощных потоков нейтрино (в соответствующем диапазоне энергии).

Высказывалось также предположение о возможности использования для межзвездной связи *модулированных потоков заряженных частиц*. Однако такие потоки будут сильно искажаться в межзвездных магнитных полях, поэтому применение их весьма сомнительно. Но, конечно, мы не можем полностью исключить такую возможность.

Интересные возможности открывает *биологический канал связи*. Предполагается, что высокоразвитые ВЦ могут записывать информацию в генетическую структуру некоторых микроорганизмов, вводя искусственные элементы в цепочки ДНК с помощью генной инженерии. Информационная емкость ДНК огромна. Ее вполне достаточно, чтобы, не препятствуя биохимическим функциям организма, нести и элементы послания ВЦ. Считается, что только 5 % информационной емкости ДНК используется для передачи наследственной информации; оставшуюся часть можно использовать для послания иным цивилизациям. Более того, этот вид связи имеет такие преимущества, как самовоспроизведение «послание» и самоисправление «ошибок» воспроизведения (так как организмы, подвергшиеся мутации, как правило, погибают). Наконец, высокий уровень сложности такого «послания» позволяет расшифровать его, только когда цивилизация-получатель достигнет достаточно высокого уровня развития.

Реализация биологического канала связи восходит к идеям К. Э. Циолковского о посеве жизни и к более поздним представлениям Ф. Крика и Л. Оргела о направленной панспермии. Гипотеза биологического канала в общем виде была высказана М. М. Агрестом в 1975 г. и более детально развита Г. Марксом⁵⁴. Японские исследователи Х. Ёко и Т. Осимо попытались с этой точки зрения проанализировать генетическую структуру фага фХ-174. Хотя этот предварительный эксперимент не дал положительного результата, идея биологического канала заслуживает серьезного внимания.

Еще дальше в этом направлении идет советский астрофизик Г. М. Бескин. Он полагает, что информация высокоразвитых ВЦ

⁵⁴ Marx G. Message through time // Acta Astronaut. 1979. V.6. P. 221–223.

может быть закодирована не только в структуре ДНК, но и в некоторых сложных природных явлениях (типа солнечной активности).

Рассмотренные каналы связи при всей своей экзотичности основаны на известных физических носителях сигнала. Но следует также иметь в виду возможность использования внеземными цивилизациями каналов связи неизвестной природы, основанных на пока непознанных нами законах материального мира и, соответственно, на неизвестных носителях сигнала. Существование непознанных законов природы и неизвестных форм материи представляется совершенно несомненным, ибо альтернативная точка зрения означала бы, что мы полностью познали весь беспредельный неисчерпаемый материальный мир. История науки дает нам красноречивые примеры неправомерности подобных взглядов. Вспомним, как в конце XIX века ученые были уверены, что сооружение фундаментального здания теоретической физики, в общих чертах, уже закончено, осталось лишь уточнить отдельные детали. Никто не придавал тогда серьезного значения небольшим изъянам в величественном здании классической физики. Но именно из них выросли теория относительности и квантовая механика, коренным образом изменившие наше представление о мире и сам характер нашего мышления. А коль скоро так, коль скоро мы допускаем существование неизвестных нам форм материи и энергии, мы должны допустить, что другие цивилизации могут использовать их как средство связи.

О неизвестном говорить бесполезно. Но все же две возможности, лежащие на грани известного, упомянуть можно.

Тахионная связь. Тахионы — это гипотетические частицы. От обычных частиц они отличаются тем, что имеют мнимую массу. Это приводит к существенному отличию в характере их движения. Если обычные частицы не могут двигаться со скоростью, превышающей скорость света, то тахионы, напротив, не могут двигаться со скоростью меньше скорости света, их скорость всегда превышает c . Существование тахионов не противоречит никаким физическим законам, в том числе теории относительности. Однако экспериментально они не обнаружены. И это понятно. Если тахионный мир — мир мнимых масс и больших скоростей — действительно существует, то в нем должны действовать удивительные закономерности, например, в тахионном мире причина может опережать следствие. По существу, это означает, что причина и следствие меняются местами, то есть, происходит нарушение принципа причинности. В нашем мире этого никогда не бывает, и считается, что

быть не может. Поэтому про тахионы, нарушающие принцип причинности, можно сказать, что они «не от мира сего», следовательно, они и не могут наблюдаться в нашем мире. Но быть может, тахионный мир и наш мир сосуществуют? Если в тахионном мире есть свои «тахионные цивилизации», то они могут обмениваться информацией по каналам тахионной связи, где сигнал распространяется со скоростью, превышающей скорость света. Но для нас эта связь не представляет пока практического интереса, поскольку тахионы не принадлежат нашему миру. Вот если бы мы могли проникнуть в Тахионный мир... Но здесь кончается область точного знания. Поэтому мы замолкаем и представляем слово поэту.

Тахионный мир

Мы проникаем в тахионный мир.
Здесь Будущее правит Настоящим,
А не Минувшее, как в нашем мире,
Где следствие не смеет никогда
Опережать причину. Эти
Ограничения снимает Космос.
За световым предельным рубежом.
И вот мы замерли у этой грани,
Где мнимыми становятся все массы
И странно обращенной связь причин.

.....
Что впереди, за световым пределом,
Куда сейчас решительно шагнем?
Там Тонкий Мир — мир быстрых тахионов!
Он снился нам. Причинность сна подобна
Телеологии сверхскоростной,
Где следствие маячит впереди
Перед причиной, уплотняя вечность
В одно мгновенье. Станный этот мир!
И в нашей интуиции есть отсвет
Вселенной тахионов! — Мы теперь
Открыли тайну дальнего прогноза:
Предчувствие есть тахионный луч,
Который вырабатывает сердце
В минуту высочайших напряжений,
Налаживая с будущим прямой
Спасительный контакт. И вот мы смело
Ступаем за привычную межу ...

.....

Здесь самое время обратиться к *экстрасенсорному каналу*. Экстрасенсорные явления, связанные с нераскрытыми возможностями человеческой психики, находятся вне рамок современной научной парадигмы, хотя некоторые видные ученые (Д. И. Менделеев, В. И. Бехтерев и др.) занимались их изучением. В настоящее время исследование экстрасенсорных явлений бурно развивается. Несмотря на все издержки этого противоречивого процесса, можно ожидать существенного прорыва в данной области в ближайшие годы. Спектр экстрасенсорных явлений весьма разнообразен. К. Э. Циолковский считал, что часть из них может быть связана с воздействием неизвестных разумных сил космического происхождения. Именно они и представляют интерес с точки зрения СЕТИ. Ведь если речь идет о любой форме воздействия космического разума, то это и есть контакт с ним. Одним из первых на этот аспект СЕТИ обратил внимание московский литератор Ю. И. Долгин⁵⁵.

Можно высказать ряд умозрительных соображений в отношении экстрасенсорного канала связи. Передача информации по такому каналу осуществляется непосредственно **в форме мысли**, без каких-либо промежуточных посредников и процессов (таких как, например, переход к устной речи или письменному тексту с последующим преобразованием их в электрический, или иной, сигнал). По аналогии с электромагнитным каналом можно предположить, что носителем сигнала здесь являются ментальные волны, образующие тонкую ментальную материю (ментальное поле). Так как частота является универсальной характеристикой любого волнового процесса, независимо от его материального носителя, то можно полагать, что существуют ментальные волны различной частоты. Скорость распространения их неизвестна. Но поскольку речь идет о форме материи, не сводящейся к известным физическим взаимодействиям (электромагнитному, сильному, слабому и гравитационному), то ограничения, справедливые для этих взаимодействий, могут не действовать для ментальной материи. Возможно, скорость распространения ментальных волн превышает скорость света. Недаром древнее изречение гласит, что самой быстрой является мысль.

Важнейшая особенность ментального канала состоит в том, что приемником информации здесь выступает сам человек (человеческое сознание). Но человек — также и генератор мысли. Человек

⁵⁵ Долгин Ю.И. Разум Вселенной. — В сб.: На суше и на море. — М.: Мысль, 1968. С. 542–547.

непрерывно мыслит. К сожалению, часто этот процесс является совершенно неуправляемым: мысли возникают произвольно, помимо воли и желания человека. Эти хаотические мысли, подобно собственным шумам радиоприемника, затрудняют восприятие (прием) информации. Поэтому для успешной работы ментального канала необходима дисциплина мышления. («Голос Безмолвия», о котором говорят восточные мистики, можно интерпретировать как информацию, поступающую по бесшумному ментальному каналу.)

Другая сторона проблемы состоит в том, что любое мыслящее существо во всех слоях земного пространства является генератором ментальных волн. Следовательно, возникает задача избавления от земных помех. Вероятно, так же как и в случае радиоволн, этого можно добиться путем отстройки по частоте. Поскольку помехи многочисленны и разнообразны, необходима очень тонкая настройка ментального приемника. Может быть, творческое вдохновение, испытываемое поэтом, композитором или художником, когда им является их Муза, дает какое-то отдаленное представление об этом процессе. Отсюда ясно, что развитие ментальной связи надо искать на путях красоты, повышения культуры, совершенствования каждого человека и всего общества. Не это ли и имели в виду Ф. М. Достоевский, когда он говорил, что красота спасет мир, и Н. К. Рерих, когда он уточнял, что осознание красоты спасет мир?

Мы коснулись двух каналов, которые лежат на грани известного. Но, конечно, внеземные цивилизации могут использовать каналы связи, о которых мы не имеем никакого понятия. Возникает вопрос: если это так, то насколько оправданы поиски в радиодиапазоне или других диапазонах электромагнитных волн? Думается, если мы хотим добиться прогресса, мы должны исследовать те каналы, которые нам уже известны, исследовать их всеми доступными нам средствами. Результат исследования заранее предсказать невозможно, но таким путем мы будем увеличивать свои знания. Ведь и отрицательный результат означает получение определенного знания. (В процессе такого исследования может оказаться, что определенные каналы непригодны для СЕТИ, тогда поиск в них проводить не следует.) Поэтому возможность существования других каналов СЕТИ, основанных на пока неизвестных нам законах природы, не исключает, а напротив, предполагает необходимость детального излучения и использования единственного доступного нам канала — с помощью электромагнитных волн.

Этот вопрос обсуждался на советско-американской конференции СЕТИ (Бюракан, 1971 г.). Касаясь его, Ф. Моррисон заметил, что следует начать с предположения о существовании цивилизаций, использующих известные нам законы физики, и оценить возможности связи с такими цивилизациями. Эту мысль поддержал и развил фон Хорнер. Он отметил, что, если существуют высокоразвитые цивилизации, использующие неизвестные нам каналы связи, то, вероятнее всего, они должны знать, как связаться с такими «космическими младенцами», как мы. Правда, не исключено, что у них в этом отношении имеется «нижний предел» интереса. Было бы важно установить, находимся ли мы за этим пределом. Проверить это — подчеркнул фон Хорнер, — можно только экспериментально.

Я думаю, было бы неверно, ссылаясь на существование непознанных законов природы, отказываться от исследования известных каналов связи. Но надо постоянно «держат в уме» другие возможности, иметь их в виду как в плане готовности использовать новые каналы для целей СЕТИ, когда они станут достоянием науки, так и при оценке результатов поиска.

«Нельзя полностью исключить, — писал А. Д. Сахаров, — что мы еще слишком мало знаем и умеем. Нельзя исключить, что есть вопиющие пробелы в наших основных представлениях о пространстве, об его топологической структуре, и что внеземные цивилизации ведут свои передачи с учетом этого обстоятельства, а мы «смотрим не в ту сторону». Нельзя также исключить вопиющий пробелов в отношении типов существующих в природе излучений. Еще более вероятно, что наши корреспонденты, используя уже известные нам виды излучений и законы природы, рассчитывают при этом на такой уровень чувствительности приемной аппаратуры, который для нас пока еще совершенно недоступен по техническим, технологическим и экономическим причинам. Однако все эти сомнения не должны расхолаживать нас на пути попыток приема сигналов с постепенным увеличением чувствительности (и стоимости) приемной

по техническим, технологическим и экономическим причинам. Однако все эти сомнения не должны расхолаживать нас на пути попыток приема сигналов с постепенным увеличением чувствительности (и стоимости) приемной аппаратуры и расширением методов поиска. Только так, рано или поздно можно рассчитывать на успех. При этом в ходе работы важно проводить работы по поиску сигналов, независимо от конкретного осуществления некоторых приемов — только так можно получить новые данные о проблеме контактов. Здесь, как и в других случаях, можно иметь много вариантов в развитии.

Рис. 1.11.5. Фрагмент письма
А. Д. Сахарова

аппаратуры и расширения методологии поиска. Только так, рано или поздно, можно рассчитывать на успех»⁵⁶.

Поиски сигналов — любой природы — не единственный путь обнаружения ВЦ. В следующих параграфах этой главы мы рассмотрим другие возможности.

1.12. Поиски астроинженерной деятельности

Одно из направлений SETI — поиск следов астроинженерной деятельности ВЦ. Родоначальником этого направления является известный американский физик-теоретик Ф. Дайсон. Обосновывая свою позицию, Дайсон писал: «Размышлять о грандиозном будущем человечества — значит предаваться праздным мечтам или заниматься научной фантастикой. Но строго рассчитывать то, что можно было бы наблюдать, если бы оказалось, что технологически развитые существа обитают в нашем уголке Вселенной — это серьезная и вполне законная часть науки»⁵⁷.

Дайсон рассмотрел ряд проектов возможной, т. е. не противоречащей законам физики астроинженерной деятельности высокоразвитой цивилизации. Наиболее известен проект сферы Дайсона (СД)⁵⁸. Речь идет о создании вокруг звезды (центра планетной системы, где обитает технологически развитая ВЦ), искусственной биосферы, которая, окружая звезду, способна перехватывать всю энергию, излучаемую ею в космическое пространство. Собственно, в этом и состоит цель создания СД — использовать всю энергию своей звезды. (Для сравнения напомним, что Земля перехватывает менее одной миллиардной доли энергии Солнца.) При радиусе СД порядка 1 а. е. (если звезда имеет тот же спектральный класс, что и Солнце) температурные условия на поверхности сферы будут вполне подходящими для жизни. Цивилизация, обитающая в такой искусственной биосфере, может служить моделью цивилизации II типа (по Кардашеву).

Сколько вещества требуется для создания такой биосферы и где взять это вещество? По мысли Дайсона, для этой цели можно использовать вещество больших (необитаемых) планет. Так, если «распылить» планету массой, равной массе Юпитера и использовать

⁵⁶ Сахаров А.Д. Ответ на анкету SETI // Земля и Вселенная. 1990. № 6. С. 65.

⁵⁷ Дайсон Ф. Поиски внеземной инженерной деятельности // Земля и Вселенная. 1968. № 6. С. 68–74.

⁵⁸ Дайсон Ф. Поиски искусственных звездных источников инфракрасного излучения / Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 121–124.

полученное вещество, равномерно распределив его по сферическому слою радиусом 1 а. е., то над каждым квадратным сантиметром поверхности будет находиться приблизительно 720 г вещества. Это сопоставимо с условиями на Земле, где над каждым квадратным сантиметром поверхности находится столб атмосферы массой около 1000 г. Сферический слой вокруг звезды толщиной 2–3 м был бы вполне пригоден для жизни и мог бы содержать оборудование для использования радиации, падающей на него изнутри.

Последующие оценки показали, что массу сферы Дайсона можно значительно сократить. Прежде всего необходимо заметить, что конструкция в виде сплошной сферы вокруг звезды не может существовать — она будет разорвана не скомпенсированными центробежными силами (на это обратил внимание В. Д. Давыдов⁵⁹). Поэтому надо говорить не о сплошной поверхности, а о **системе спутников**, вращающихся вокруг звезды, которые в совокупности перехватывают всю излучаемую ею энергию. Идея создания таких городов-спутников вокруг Солнца принадлежит К. Э. Циолковскому, он называл их «эфирными городами».

Дайсон описал и возможный принцип конструирования подобных сооружений⁶⁰. Возьмем стальной стержень длиной 1 м и диаметром 1 см. Из 12 таких стержней сделаем октаэдр диаметром 1 м и массой 10 кг. Из 100 таких октаэдров, соединив их гранями, построим новый конструктивный элемент — «стержень» второй ступени. Из таких стержней сделаем новый октаэдр; соединив их, получим «стержень» третьей ступени и т. д. Октаэдр шестого порядка будет иметь размер 10^6 км (почти в 80 раз больше диаметра земного шара), а масса его будет составлять всего 5×10^{-11} массы Земли. Дальнейшее увеличение размера невозможно, так как при этом конструкция будет разорвана приливными силами. Таким образом, предельный размер спутника, обращающегося вокруг Солнца по орбите радиусом 1 а. е., составляет 10^6 км. Двести тысяч таких предельно больших спутников с общей массой 10^{-5} массы Земли полностью перекроют поверхность сферы и будут перехватывать всю энергию, излучаемую центральной звездой (солнцем).

Но где взять необходимый материал, как можно «распылить» массу большой планеты? Дайсон предложил такой способ. Вокруг планеты вдоль линий широты прокладываются металлические изолированные провода, через которые пропускается электрический ток. Кроме того, ток пропускается через тело планеты перпендикулярно линиям широты и замыкается через металлические проводники, выведенные на планетоцентри-

⁵⁹ Давыдов В. Д. Сфера Дайсона невозможна // Природа. 1963. № 11. С. 100–101.

⁶⁰ Дайсон Ф. Поиски внеземной инженерной деятельности // Земля и Вселенная. 1968. № 6. С. 68–74.

ческую орбиту или через плазму в магнитосфере. Планета становится, таким образом, якорем гигантского электромотора. В зависимости от направления токов планета может ускоряться или замедляться. Ускоряя вращение планеты, можно довести ее скорость до величины, при которой экваториальные области планеты будут отрываться и улетать в космическое пространство.

Иной проект был предложен советским ученым Г. И. Покровским⁶¹. Согласно его проекту, Солнце (или звезда) окружается не сферой, а системой колец разного диаметра, вращающихся с различной скоростью, подобранной так, чтобы центробежная сила уравновешивалась силой притяжения звезды. Если посмотреть на эту систему колец извне, она будет похожа на раковину с двумя раструбами, повернутыми в разные стороны, через которые, по мысли Г. И. Покровского, могут входить и выходить межзвездные корабли (рис. 1.12.1).

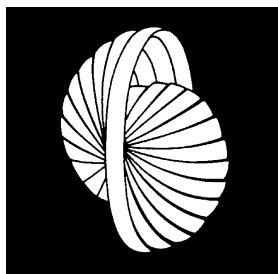


Рис. 1.12.1. Астроинженерные конструкции вокруг звезды (раковина Г. И. Покровского)

Каковы бы ни были инженерные детали подобных конструкций, они, согласно второму закону термодинамики, должны переизлучать падающую на них энергию в космическое пространство в виде отраженного тепла при температуре меньшей, чем температура падающего излучения. Как показывают расчеты, основная часть этого уходящего излучения будет сосредоточена в инфракрасной области спектра с максимумом излучения вблизи 10 мкм. Это излучение нельзя «утайть», независимо от того, хочет ли цивилизация или нет сообщить о своем существовании.

Таким образом, задача поиска астроинженерных конструкций сводится к поиску инфракрасных объектов с максимумом излучения вблизи 10 мкм и планковским распределением энергии в спектре. В случае неполного перекрытия звезды астроинженерными конструкциями, объект будет иметь характеристики обычной звезды с очень сильным инфракрасным избытком. Для обнаружения подобных объектов необходимо провести полный обзор неба в инф-

⁶¹ Покровский Г.И. Два возможных объекта поисков высокоразвитых цивилизаций // Природа. 1973. № 6. С. 17–98.

ракрасном диапазоне. Эта задача была поставлена Н. С. Кардашевым⁶² и вошла в советскую программу СЕТИ⁶³. Поскольку земная атмосфера сильно поглощает излучение в ИК-области спектра, предусматривалось, что обзор должен проводиться с помощью специального ИСЗ, оборудованного аппаратурой для такого исследования.

В 1983 г. в США был выведен на орбиту спутник ИРАС (сконструированный совместно США, Англией и Голландией), предназначенный для составления инфракрасного атласа неба. Установленный на спутнике телескоп диаметром около 60 см охлаждался до температуры 10 К, чтобы уменьшить его собственное ИК-излучение. Детекторы, расположенные в фокусе телескопа, охлаждались до еще более низкой температуры 3 К (всего на три градуса выше абсолютного нуля!). Телескоп работал в четырех диапазонах: 8–15 мкм, 20–30 мкм, 40–80 мкм и 80–120 мкм. Наблюдения продолжались в течение всего 1983 г. (они были прекращены в результате израсходования ресурса жидкого гелия). За время работы было исследовано 98 % всей небесной сферы и было открыто около 200 000 инфракрасных объектов. Среди них есть звезды с сильным ИК-избытком и объекты, излучающие только в инфракрасном диапазоне, в том числе, имеющие планковский спектр с максимумом излучения в области 10–100 мкм. Казалось бы, это свидетельствует об обнаружении сфер Дайсона. Однако подобные же характеристики должны иметь звезды, окруженные плотным газопылевыми оболочками. Такие оболочки возникают вокруг звезд на стадии формирования планетной системы (протопланетное облако), а также на поздней стадии, когда звезда типа Солнца переходит в стадию красного гиганта. При этом атмосфера звезды расширяется до нескольких астрономических единиц, и на периферии ее вновь возникает плотная пылевая оболочка.

Возникает вопрос: каким образом отличить сферу Дайсона от окружающей звезду пылевой оболочки? С. А. Каплан и Н. С. Кардашев указали на то, что это можно сделать, изучая распределение энергии в спектре инфракрасных объектов. Для твердотельных конструкций интенсивность излучения в релеевской части спектра падает с длиной волны пропорционально λ^2 , в то время как для пылинок (размеры которых меньше длины волны) спектр меняется более круто. Кроме того, можно ожидать специфических особенностей

⁶² Кардашев Н.С. Астрофизический аспект проблемы поиска сигналов внеземных цивилизаций / Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи: Под ред. С. А. Каплана. — М.: Наука, 1969. С. 25–101.

⁶³ Программа СЕТИ // Астрон. журн. 1974. Т. 51. С. 1125–1132.

структуры искусственных объектов (резкие края, правильная геометрия и т. д.)⁶⁴. Исследование структуры объектов требует применения крупных космических радиоинтерферометров, которые могут обнаружить твердотельные конструкции по их экранирующему действию. В. И. Слыш обратил внимание на то, что газопылевая оболочка вокруг звезды должна быть источником мощного излучения в линиях гидроксила 18 см. Отсутствие подобного излучения может быть индикатором того, что мы имеем дело с искусственной твердотельной конструкцией⁶⁵.

До сих пор речь шла только об обнаружении астроинженерных конструкций по их ИК-излучению без попытки принять какую-либо информацию. К. К. Ребане обратил внимание на то, что высоко-развитая цивилизация, создавшая искусственную среду обитания вокруг звезды, может (без дополнительных энергетических затрат), передавать информацию, модулируя циркулирующие в такой системе потоки энергии⁶⁶. В этом случае поиск ВЦ должен сопровождаться анализом ИК-излучения с целью обнаружения модулированных сигналов.

В отличие от искусственных сооружений вокруг звезды, Н. С. Кардашев рассмотрел возможность создания астроинженерных конструкций значительно более крупного масштаба, например, создание искусственной биосферы размером несколько парсек вокруг ядер галактик или квазаров⁶⁷. Подобные объекты будут иметь светимость 10^6 – 10^{12} светимости Солнца и могут служить моделью цивилизации III типа. Они являются источниками инфракрасного излучения со спектром, близким к планковскому при температуре излучения от 3 до 1000 К. Спектральная область поиска подобных объектов — от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Н. С. Кардашев рассмотрел конкретную модель подобной кон-

⁶⁴ Каплан С.А., Кардашев Н.С. Астроинженерная деятельность и возможности ее обнаружения / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 45–55; Кардашев Н.С. Стратегия и будущие проекты SETI / Там же. С. 29–45.

⁶⁵ Slysh V. I. A Search in Infrared to Microwave Astroengineering Activity / The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments. Proc. of the 112 th Symp. of the IAU: Ed. M. D. Papagiannis. — Dordrecht etc., 1985. P. 315–319.

⁶⁶ Ребане К.К. Сигнализация между цивилизациями и охрана среды обитания / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 30–35.

⁶⁷ Кардашев Н.С. О неизбежности и возможных формах сверхцивилизаций / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 25–30; см. также: Kardashev N. S. / The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments. — Dordrecht etc., 1985. P. 497–504.

струкции в виде вращающегося диска радиуса 12 пк и толщиной 1 км; такую же относительную толщину имел бы диск размером, равным диаметру Земли и толщиной в 1 мкм!). Масса диска 10^{12} масс Солнца, плотность 8 г/см^3 , период обращения 2600 лет, температура 300 К, светимость 10^{12} светимости Солнца. Поток излучения от такого объекта на расстоянии 1 Мпк составляет 1 Ян, что вполне обнаружимо при современных средствах.

С целью обнаружения подобных объектов, а также классических сфер Дайсона (вокруг звезд) Н. С. Кардашев, М. Ю. Тимофеев и В. Г. Промыслов из Астрокосмического центра ФИАН проанализировали источники, полученные спутником ИРАС⁶⁸. Определив их эффективные температуры, они выделили два узких интервала температур 110–120 К и 280–290 К, в которых концентрировалось большинство источников. Из этих источников были отобраны те, у которых распределение энергии по спектру наилучшим образом совпадает с распределением энергии абсолютно черного тела. В первом интервале температур (110–120 К) таких источников оказалось 38, а во втором (280–290 К) — 60. Таким образом, удалось сильно сузить круг возможных «кандидатов» в СД (напомним, что каталог ИРАС содержит 200 000 источников). В результате тщательного анализа около 30% отобранных источников удалось отождествить с различными астрономическими объектами, в том числе и со звездами. Однако 58 отобранных источников остались не отождествленными. Могут ли среди них быть сферы Дайсона? Пока это уверено установить не удалось.

Упомянем еще об одном виде астроинженерной деятельности ВЦ, не связанной с сооружением крупных астроинженерных конструкций. Так, высокоразвитая цивилизация, желающая сообщить о своем существовании, может ввести в атмосферу звезды, около которой она обитает, некоторое количество вещества, состоящего из какого-нибудь короткоживущего изотопа. Тогда другие цивилизации, наблюдая в спектре этой звезды соответствующие спектральные линии, смогут заключить об их искусственном происхождении. Действительно, короткоживущие изотопы за время существования звезды должны были бы распасться, и их присутствие укажет на то, что «кто-то» намерено подсыпал эти изотопы в атмосферу звезды. Рас-

⁶⁸ Тимофеев М.Ю., Кардашев Н.С., Промыслов В.Г. Исследование каталога IRAS в целях отбора кандидатов в возможные сферы Дайсона / Тезисы XXVII Радиоастрономической конференции. — Санкт-Петербург, ноябрь, 1997.

четы показывают, что количество вещества, которое необходимо распределить в атмосфере звезды, для того, чтобы его можно было обнаружить, относительно невелико, порядка 10^4 – 10^5 тонн⁶⁹. Этот метод, независимо предложенный И. С. Шкловским и Ф. Дрейком, получил название «звездных маркеров».

Развивая эти идеи, литовский астрофизик В. Л. Страйжис пришел к выводу, что в природе существует много астрономических объектов и явлений, которые можно было бы интерпретировать, как результат деятельности высокоразвитых цивилизаций. Так, например, в ряде звездных скоплений имеются горячие голубые звезды, которые на диаграмме Герцшпрунга–Рассела находятся на так называемой главной последовательности. Между тем, если исходить из возраста скопления, эти массивные звезды, эволюция которых протекает очень быстро, должны были давно покинуть главную последовательность и превратиться в красные гиганты. Но эти светила почему-то не подчинились теории звездной эволюции и заняли на диаграмме Герцшпрунга–Рассела совершенно неподобающее им место. Для того чтобы как-то объяснить это противоречие, было выдвинуто предположение, что указанные звезды не образовались вместе со всеми звездными скоплениями, а лишь случайно «залетели» в него: это «странники», блуждающие по Галактике, и лишь временно находящиеся в данном скоплении, отсюда и их название «голубые бродяги». В. Л. Страйжис выдвигает иную гипотезу. По его мнению, «голубые бродяги» принадлежат данному скоплению, но они задержались в своем развитии. В чем же причина такой задержки? Она может быть следствием того, что в ядро звезды поступает большое количество водорода из внешних слоев. Такая «подсыпка» ядерного горючего в ядро, по мысли Страйжиса была выполнена высокоразвитой цивилизацией, обитающей в окрестностях данной звезды. «Легко догадаться, — пишет он, — с какой целью это может делаться: искусственное удерживание звезды на главной последовательности позволяет существенно продлить постоянные температурные условия на ее планетах. Нашей цивилизации через 4 млрд лет будет весьма кстати применить этот метод, чтобы избежать быстрого превращения Солнца в красный гигант»⁷⁰.

⁶⁹ Shklovskii I. S., Sagan Carl. Intelligent Life in the Universe. — San Fransisco etc.: Holden-day Inc., 1966. P. 406–407.

⁷⁰ Страйжис В.Л. Некоторые астрономические явления как возможный результат деятельности высокоразвитых цивилизаций / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1976. С. 47–50. Цит. С. 48.

Другой пример, приводимый Страйжисом, — так называемые пекулярные и металлические звезды. В атмосферах пекулярных звезд содержится аномально большое количество некоторых химических элементов (марганец, ртуть, кремний, стронций, европий, хром); концентрация этих элементов в сотни и тысячи раз превышает их обилие в атмосферах нормальных звезд. Мало того, эти элементы не распределены равномерно по всей атмосфере звезды, а концентрируются в отдельных областях, поэтому, когда звезда вращается вокруг своей оси, линии этих элементов в спектре звезды то появляются, то исчезают. В спектре металлических звезд линии металлов усилены в десятки раз по сравнению с обычными звездами. Все эти факты трудно объяснимы с точки зрения современной звездной эволюции. «При определенной фантазии, — полагает Страйжис, — можно представить себе, что это промышленные отходы инженерной деятельности высокоразвитых цивилизаций»⁷¹. Если это так, то масштабы такой деятельности должны быть, поистине, грандиозны, охватывая миллионы звезд.

К этим фактам Страйжис добавляет данные об углеродных, бариевых и циркониевых звездах. Все это холодные звезды (с эффективной температурой меньше 3800 К), отличающиеся аномальным обилием соответствующих элементов (углерода, бария и циркония). При этом в углеродных и циркониевых звездах увеличено также содержание тяжелых металлов (стронция, лантана и др.). В некоторых из них наблюдаются линии радиоактивного элемента технеция, период полураспада которого порядка 10^5 лет, в то время как возраст этих звезд превышает 10^9 лет. Наблюдается также аномальное обилие лития, очень редкого быстро сгорающего элемента; в атмосферах некоторых углеродных звезд его содержание увеличено в 100 000 раз. Не являются ли все эти факты указанием на то, что в атмосферах некоторых холодных звезд имеет место искусственное производство химических элементов? Заканчивая этот перечень, Страйжис пишет: «Рассказ о загадочных явлениях в астрофизике можно было бы продолжить. Например, что вызывает появление и свечение объектов Херbiga–Аро? Что происходит со звездой FG Sge, которая быстро передвигается по диаграмме Герцшпрунга–Рассела и в атмосфере которой в течение нескольких лет исчезает железо, но усиливаются линии тяжелых металлов? Не проводится ли над объектом SS 433 гигантский физический эксперимент сверхцивилизации, начатый в 1929 г. и который закончится гигантским взрывом через 50 лет? Не являются ли звездные кольца километровыми столбами спиральных ветвей Галактики?»

«Автор не думает, — заключает он, — что все перечисленные объекты и явления — это продукт деятельности сверхцивилизаций. Пройдут годы, и для многих из них будут найдены естественные причины их возникновения. Однако мы не должны закрывать глаза на возможность, что хотя бы некоторые из этих явлений могли быть вызваны искусственно»⁷².

⁷¹ Там же.

⁷² Там же. С. 50.

Завершая обсуждение данной проблемы, следует обратить внимание на одно важное обстоятельство. Реализация далеко идущих планов переустройства планетной системы (не говоря уже об экспериментировании со звездами) может привести к серьезным экологическим последствиям. В то время, когда были выдвинуты первые астроинженерные проекты, экологическое сознание человечества было неразвитым. Негативный опыт, накопленный нами за эти годы, убедительно показал пагубность пренебрежения экологическими проблемами. Такое пренебрежение, наряду с (отступающей, кажется) угрозой ядерной войны, поставило жизнь на Земле на грань катастрофы. Не следует допускать ту же ошибку применительно к космической среде. Учет экологических факторов приводит к ограничению астроинженерной деятельности ВЦ или к изменению характера и форм этой деятельности. По-видимому, высокоразвитая ВЦ организует свою творческую деятельность таим образом и с таких формах, чтобы не нарушать гармонии Вселенной. Это следует принимать во внимание при разработке стратегии поиска и при анализе проблемы «космического чуда» (см. гл. 6).

Некоторые авторы предполагают, что высокоразвитые внеземные цивилизации могут быть причастны к образованию массивных звезд и черных дыр⁷³, к регулированию распределения плотности в Метагалактике⁷⁴ или даже к расширению видимой Вселенной⁷⁵. Но это уже следует отнести не столько к астроинженерной деятельности цивилизаций в Кем-то созданной Вселенной, сколько к участию Космического Разума в самом акте ее творения.

1.13. Зонды Брейсуэлла и радиоэхо с длительными задержками

Вернемся к радиопоиску внеземных цивилизаций. Как уже отмечалось выше, возможность взаимного поиска в сильной степени зависит от расстояния между цивилизациями. Если расстояние не превышает 10 св. лет, то серьезных проблем здесь не возникает. В сфере радиусом 10 св. лет находится всего несколько подходящих звезд, около которых можно ожидать партнеров по связи. Цивилизации-

⁷³ Лефевр В.А., Ефремов Ю.Н. Космический разум и черные дыры: от гипотезы к научной фантастике // Земля и Вселенная. 2000. № 5. С. 69–83.

⁷⁴ Лефевр В.А. Космический субъект. — М., 1969.

⁷⁵ Кардашев Н.С. Астрофизический аспект проблемы поиска сигналов внеземных цивилизаций / Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи. — М: Наука, 1969. С. 25–101.

отправителю не составит особого труда непрерывно посылать сигналы на эти звезды, а цивилизация-получатель, в свою очередь, вполне может непрерывно обследовать несколько подходящих звезд в поисках сигналов, идущих от одной из них. Здесь не требуются ни слишком большие антенны, ни фантастические значения мощности. Все параметры находятся в разумных пределах, доступных даже уровню нашей земной цивилизации. Если расстояние больше 1000 св. лет, то приходится обследовать уже миллионы звезд. Пропорционально квадрату расстояния возрастает требуемая мощность передатчика или размеры антенн. В этих условиях трудности взаимного поиска для цивилизаций нашего уровня становятся практически непреодолимыми. В этом случае надежды на установление контакта (если исключить случайную удачу) связываются со сверхцивилизациями, которые могут обеспечить непрерывную изотропную передачу в широкой полосе частот при доступном для обнаружения уровне сигнала (§ 1.4).

Для промежуточных значений дальности открывается еще одна возможность — посылка в предполагаемый район обитания космической цивилизации кибернетических устройств (зондов), которые осуществляют поиск и устанавливают контакт с цивилизацией по каналам связи (без непосредственного общения с ней). Идея использования таких зондов была высказана известным американским радиоастрономом Р. Брейсуэллом в 1960 г.⁷⁶

Предположим, что расстояние между ближайшими цивилизациями порядка 100 св. лет. В сфере такого радиуса содержится несколько тысяч подходящих звезд. По мысли Брейсуэлла, цивилизация-отправитель, вместо того чтобы длительное время облучать тысячи звезд, ожидая от них ответа, может направить на каждую подходящую звезду автоматический зонд с радиоаппаратурой и компьютерами (с искусственным интеллектом), управляющими его движением, поиском и установлением контакта. Посылка подобных зондов, в принципе, доступна даже цивилизации нашего уровня. Уже сейчас на Земле разрабатываются проекты посылки подобных зондов к ближайшим звездам, которые, возможно, будут осуществлены в XXI веке. Поэтому цивилизации, опередившие нас в своем развитии (но не обязательно достигшие уровня II типа по Кардаше-

⁷⁶ *Bracewell R. N. Communication from superior galactic communities // Nature. 1960. V. 186. P. 670–671. Русск. перев.: Брейсуэлл Р. Сигналы высокоразвитых галактических цивилизаций / Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 271–277. См. также: Брейсуэлл Р. Жизнь в Галактике / Там же. С. 257–270.*

ву), вполне могут направить тысячу зондов на подходящие звезды в радиусе 100 св. лет, осуществляя поиски с определенной периодичностью, например, 1 запуск в год. Следует иметь в виду, что в отличие от пилотируемых межзвездных перелетов, для которых основная трудность связана с обеспечением перелета туда и обратно за время жизни одного поколения астронавтов, для зондов этого требования не возникает. Поэтому здесь не обязательно использовать фотонную ракету, зонд может перемещаться со скоростью, составляющей доли скорости света (скажем, 100–200 тыс. км/с). Тогда, чтобы достичь самых удаленных звезд в выбранной сфере радиусом 100 св. лет, ему потребуется несколько сотен лет, что вполне приемлемо.

Дальнейший сценарий установления контакта, согласно Брейсуэллу, выглядит следующим образом. По прибытии к месту назначения зонд выходит на круговую орбиту вокруг звезды в пределах ее «зоны жизни» (где имеются приемлемые для жизни температурные условия) и приступает к выполнению программы. Его следующая задача состоит в обнаружении планет и поиске на них признаков разумной жизни. Одним из таких признаков может быть наличие монокролического радиоизлучения, генерируемого планетными радиопередатчиками. Обнаружив подобные сигналы зонд, после некоторой задержки отправляет их обратно на планету (на той же частоте). Приняв собственную передачу из космоса, обитатели планет должны догадаться, что в их планетной системе находится ретранслятор. Чтобы убедиться в этом и уведомить зонд, что его услышали, они должны будут повторить тот же сигнал снова. Получив его, зонд узнает, что вступил в контакт с искомой цивилизацией. После нескольких контрольных проверок с целью гарантий от случайностей и для выяснения параметров аппаратуры инопланетных абонентов (полоса частот, чувствительность и др.) зонд начинает передачу заложенного на его борту Послания. Первое сообщение может содержать, в частности, телевизионное изображение участка неба, откуда прибыл зонд (для этого он, конечно, должен знать, как выглядит этот участок с той звезды, около которой он находится). В дальнейшем, по видимому, может происходить обучение зонда языку исследуемой цивилизации, что даст возможность значительно углубить контакт.

В чем преимущество такого способа установления контакта? Прежде всего, находясь в зоне обитания искомой цивилизации, зонд даже при скромных энергетических затратах может обеспечить в пункте приема гораздо более мощные сигналы, чем его «родительская» цивилизация. Подобные сигналы можно принять на малонаправленные антенны, что значительно облегчает поиск по направлению для

цивилизации-получателя. Отпадает необходимость в длительной непрерывной «службе неба» с целью поиска радиосигналов от подходящих звезд. Наконец, здесь не возникает проблем с выбором частоты сигнала. И, что может быть самое главное, появляется возможность диалога вместо односторонней передачи (и приема) информации. Связь зонда с «родительской» цивилизацией также не представляет труда, ибо между ними может быть установлен высоконаправленный канал связи. Кроме того, на пути следования сигнала могут быть установлены ретрансляторы. Установив контакт с зондом, обнаруженная им цивилизация получает возможность использовать его средства (имеющийся у зонда канал) для связи с цивилизацией-отправителем. В этом случае зонд сам выступает в качестве ретранслятора, вооружая найденную цивилизацию техническими возможностями своей более развитой цивилизации. Если энергетические возможности зонда ограничены, цивилизация-получатель сама может установить связь с цивилизацией-отправителем, используя полученные от зонда координаты и данные, касающиеся параметров канала (частота, полоса, способ кодирования и т. д.).

Развивая описанную стратегию, Брейсуэлл исходил из предположения, что высокоразвитые цивилизации Галактики давно находятся в контакте друг с другом, образуя своего рода «Галактический Клуб» (идея вполне созвучная «Великому Кольцу Разума», описанному в романе И. А. Ефремова «Туманность Андромеды»). Метод зондов, по мнению Брейсуэлла, используется только для поиска и привлечения новых членов. При этом высокоразвитые цивилизации действуют согласованно, производя поиск каждая в своем районе Галактики. Что касается самих членов Клуба, то связь между ними осуществляется по каналам, о которых мы не имеем никакого понятия.

Если эти соображения справедливы, то одно из направлений SETI должно состоять в поисках зонда в Солнечной системе. «Такой зонд, — пишет Брейсуэлл, — может уже сейчас находиться здесь, пытаясь сообщить нам о своем присутствии. <...> Для того чтобы выбрать волну, которая может проникнуть через ионосферу и которая в то же время расположена в исследуемом нами диапазоне, зонд может вначале прослушать наши сигналы, а затем послать их назад. Для нас сигналы зонда будут напоминать эхо с задержками в секунды или минуты типа тех сигналов, о которых 30 лет назад сообщили Штермер и ван дер Пол, и которые так и не получили своего объяснения»⁷⁷. О каких сигналах идет здесь речь?

⁷⁷ Брейсуэлл Р. ...Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 274.

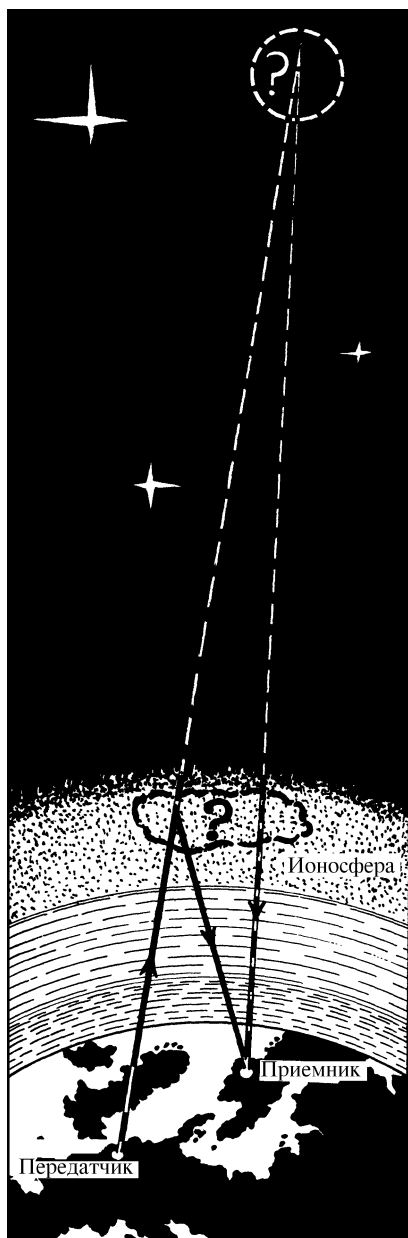


Рис. 1.13.1. Схема эксперимента по обнаружению радиоэха

Еще в 1920-х годах, на заре развития радиосвязи, было обнаружено, что при определенных условиях сигналы передающих станций регистрируются повторно с некоторой задержкой, как своего рода радиоэхо. Иногда задержки достигали нескольких секунд или даже десятков секунд. Это явление получило название радиоэхо с длительными задержками, по-английски *long delayed echoes*, или сокращенно *LDE*.

По-видимому, впервые *LDE* были зарегистрированы американскими исследователями А. Тейлором и И. Юнгом. Однако систематическое изучение феномена было предпринято по инициативе профессора К. Штермера, известного норвежского исследователя полярных сияний. В декабре 1927 г. в беседе со Штермером радиоинженер Й. Халс сообщил, что он регистрировал эхо с 3-секундными задержками от экспериментальной радиостанции *PCJJ* в Эйдаховене (Голландия). Халс полагал, что это было эхо от Луны, Штермер придерживался иной точки зрения — он считал, что радиоэхо приходят от тороидального токового слоя, образуемого электронами, движущимися в геомагнитном поле. Для изучения природы радиоэха Штермер, в сотрудничестве с доктором ван дер Полом из Эйдаховена и Халсом организовал серию экспери-

ментов. Передатчик в Эйдоховене, работавший на волне 31,4 м, передавал в определенной последовательности импульсные сигналы, которые регистрировались Халсом в Осло (рис. 1.13.1). Первоначально каждый сигнал представлял собой последовательность трех точек Морзе, которые повторялись каждые 5 секунд. Серия экспериментов в начале 1928 г. не дала убедительных результатов. В сентябре 1928 г. режим работы передатчика был изменен: промежуток времени между сигналами увеличился с 5 до 20 с. Это было сделано для того, чтобы однозначно опознать эхо, относящееся к данному сигналу.

Днем 11 октября 1928 г. Халс и Штермер зарегистрировали длинную последовательность эха: сначала время задержки составляло 3 с, затем 4 с, потом возросло от 5 до 18 с. Штермер немедленно сообщил об этом ван дер Полу. Получив это сообщение, ван дер Пол снова измерил режим передатчика, увеличив интервалы между сигналами до 30 с. В тот вечер, 11 октября 1928 г., было зарегистрировано 14 радиоэхо со следующими задержками:

№ сигнала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Задержка, с	8	11 15	8	13	3	8	8	8 12	15	13	8	8

От двух сигналов наблюдалось двойное эхо с задержками (11 с, 15 с) для сигнала № 2 и (8 с, 12 с) для сигнала № 8. Если расположить задержки в зависимости от номера эха, то получим следующую последовательность:

№ эха	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Задержка, с	8	11	15	8	13	3	8	8	8	12	15	13	8	8

В последующем LDE с переменными задержками регистрировались неоднократно. Так, 24 октября 1928 г. при сильных атмосферных помехах было принято 48 эхо с задержками от 3 до 30 с. Затем LDE наблюдались 14, 15, 18, 19 и 20 февраля 1929 г., при этом 10 и 20 февраля они были зарегистрированы также английскими исследователями. Все это время передатчик в Эйдоховене работал в прежнем режиме. Интересный эксперимент был проведен 28 февраля 1929 г., в этот день была передана новая серия из девяти сигналов следующего вида:

№ сигнала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид сигнала	- -	---	----	-----	-----	-----	-----	----	---

Интервалы между сигналами по-прежнему составляли 30 с. Эхо точно передает эту последовательность сигналов, при этом задержки менялись от 3 до 30 с, за исключением первого сигнала, для которого задержка составила 3,5 минуты. Затем LDE регистрировались несколько раз в апреле 1929 г. В октябре промежутки времени между сигналами увеличились до 1 минуты, было зарегистрировано несколько последовательностей LDE. 7 ноября 1929 г. эксперимент в Эйхдовене был прекращен. Однако изучение радиоэха не прекратилось.

В мае 1929 г., во время работы французской экспедиции по наблюдению солнечного затмения в Индокитае Ж. Голль и Г. Талон провели исследование LDE с борта экспедиционного судна. Установленный на его борту передатчик мощностью 500 Вт генерировал на волне 25 м последовательность импульсов с интервалом 30 с. Были зарегистрированы длинные серии LDE с переменной временной задержкой.

В 1934 г. LDE наблюдал английский исследователь Е. Эпплтон. Позднее, по мере увеличения числа коротковолновых радиостанций, из-за сильно возросшего уровня радиопомех наблюдать LDE стало все трудней и трудней. В 1947–1949 гг. К. Будден и Дж. Ятис попытались исследовать радиоэхо на волне 14,5 м, но не смогли обнаружить его. Постепенно об удивительном феномене стали забывать, хотя время от времени радиолюбители и операторы коротковолновых телефонных станций слышали радиоэхо от собственных передач (регистрировалась разговорная речь и сигналы Морзе, повторенные через несколько секунд). Как можно судить по этим сообщениям, область частот, в которой регистрировались LDE, простиралась от 0,8 до 140 МГц.

В 1967 г. изучение LDE было возобновлено в Стенфордском университете США Ф. Кроуфордом. Эти исследования подтвердили реальность феномена. Правда, в отличие от 20-х годов, в Стенфорде не наблюдались длинные последовательности LDE. Задержки составляли несколько секунд, особенно часто наблюдались эхо с задержками 2 с и 8 с.

Феномен LDE до сих пор не получил удовлетворительного объяснения. Задержке в 3 с (минимальной из наблюдавшихся в 20-е годы) соответствует расстояние отражающей материи 450 тысяч км от Земли, т. е. она должна располагаться далеко за пределами земной атмосферы, где-то в районе лунной орбиты. Между тем, мощность эха превышала треть мощности сигнала, что не соответствовало ожидаемой мощности при естественном отражении от объекта, находящегося на таком расстоянии. Еще сложнее объяснить изменение задержки эха. Если бы оно было связано с перемещением отражающей материи в пространстве, то скорость перемещения должна быть неправдоподобно высока. Этому противоречит то, что интенсивность эха в данной серии остается неизменной, независимо от вре-

мени задержки. Неизвестно также, каким образом возникает двойное и тройное эхо (а такие случаи наблюдались). Одним словом, тайна мирового эха осталась неразгаданной.

В конце 60-х годов Ф. Кроуфорд предложил довольно сложный (и довольно искусственный) механизм образования LDE. Согласно его гипотезе, в ионосфере, при определенных условиях, происходит преобразование электромагнитных волн в плазменные колебания. Двигаясь по силовым линиям геомагнитного поля, плазменные волны, в конце концов, разрушаются и освобождают «вмороженную» в них электромагнитную волну, которая и наблюдается в виде LDE. Реальность этого механизма подвергалась сомнению⁷⁸. Но если даже он, в принципе, возможен, в рамках этого механизма очень трудно объяснить постоянство интенсивности эха при различных временных задержках. Ведь чем дольше путешествует волна, тем большее расстояние она проходит, до того как возвратится в исходную точку, тем меньше, следовательно, должна быть ее интенсивность. Однако этого не наблюдается. Наконец, имеются данные, указывающие на связь штермеровских эхо с точками Лагранжа в системе Земля–Луна⁷⁹, а именно: время наблюдения LDE коррелирует с временем прохождения точек Лагранжа через меридиан. Можно было бы предположить, что эхо возникает при отражении радиоволн от скопления метеорных тел в окрестностях точек Лагранжа. Однако переменность времени запаздывания и отсутствие изменений интенсивности с изменением времени запаздывания исключает такое объяснение.

Интересная особенность LDE была отмечена Л. В. Ксанфомалити: они неизменно появлялись при освоении каждого нового

⁷⁸ См., например, *Ксанфомалити Л.В.* Проблема зондов внешней цивилизации. Радиоэхо и гипотеза Брейсуэлла / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 55–67.

⁷⁹ Точками либрации Лагранжа называются особые точки в системе двух гравитирующих тел (например, Солнце–планета или планета–спутник). Всего таких точек пять, все они расположены в плоскости орбиты, по которой одно тело обращается вокруг другого. Три из них L_1, L_2, L_3 расположены на линии, соединяющей гравитирующие тела, а две другие L_4 и L_5 — под углом 60° к этой линии, в вершине равностороннего треугольника, образуемого рассматриваемыми телами с соответствующей точкой Лагранжа. Если в точку либрации поместить малое тело, оно будет обращаться вокруг главного тела данной системы так, что взаимное расположение всех трех тел будет оставаться неизменным. В системе Солнце–Юпитер в окрестности либрационных точек L_4 и L_5 находятся астероиды, получившие название троянцев. В системе Земля–Луна в окрестности либрационных точек L_4 и L_5 наблюдается скопление пылевых частиц (облака Кордылевского). Именно об этих точках и идет здесь речь.

диапазона радиоволн; в дальнейшем частота их появления в этом диапазоне постепенно падала⁸⁰. Все это наводит на мысль об искусственном происхождении LDE. В 1973 г. молодой английский астроном Д. Лунен, опираясь на идеи Брейсуэлла, выдвинул смелую гипотезу о том, что штермеровские эха представляют собой сигнал инозвездного зонда, находящегося в Солнечной системе⁸¹. По его мнению, трехсекундные эха, которые наблюдались в конце 1927—начале 1928 годов, означали сообщение: «Я здесь, на орбите вашей Луны». В дальнейшем, когда времена задержки начали меняться, это значило, что зонд перешел к передаче информации.

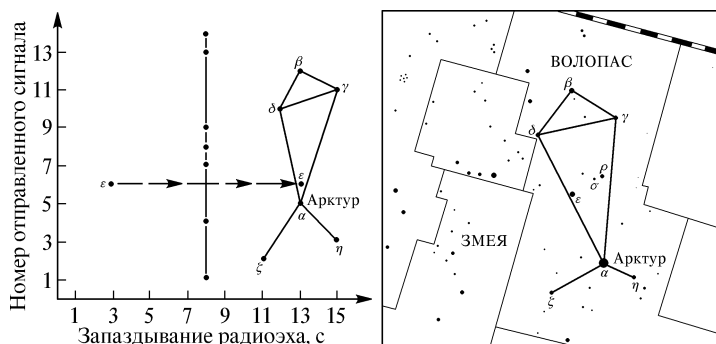


Рис. 1.13.2. Диаграмма Д. Лунена.

По вертикальной оси отложен номер сигнала, по горизонтальной — запаздывание радиоэха в секундах. Справа участок звездного неба в созвездии Волопаса

Д. Лунен пытался интерпретировать эту информацию. Он взял последовательность LDE, наблюдавшуюся вечером 11 октября 1928 г., и построил график зависимости времени задержки эха от номера сигнала (рис. 1.13.2). На графике прежде всего бросается в глаза вертикальный 8-секундный барьер. Слева от него — одна точка, а справа — группа точек, конфигурация которых напоминает фигуру, составленную из наиболее ярких звезд созвездия Волопаса. Правда, в группе из 6-ти точек не хватало одной точки, соответствующей звезде ε Волопаса. Однако если изолированную 3-секунд-

⁸⁰ Ксанфомалити Л.В. Цит. соч. С. 65.

⁸¹ Lunan D. A. Space probe from Epsilon Bootis // Spaceflight. 1973. V. 15. № 4. P. 122–133/ См. также: Космический зонд от ε Волопаса? // Земля и Вселенная. 1973. № 6. С. 68–70.

ную точку перенести вправо симметрично относительно вертикального барьера, то она попадет приблизительно в то место, где должна быть звезда ϵ Волопаса. Лунен предположил, что эта звезда специально была выделена зондом, чтобы показать, что он прибыл именно от этой звезды. Далее, Лунен обратил внимание на то, что самая яркая звезда созвездия α Волопаса (Арктур) на его диаграмме находится левее и выше своего истинного положения приблизительно на 7° . Арктур одна из наиболее близких к нам звезд, ее собственное движение довольно велико и составляет $2,29''$ в год. Дуту в 7° Арктур проходит за 12600 лет. Любопытно, что если перенести положение Арктура на 12600 лет назад, т. е. *против* его собственного движения, то он попадет как раз в соответствующую точку на графике Лунена. Отсюда Лунен сделал вывод, что зонд прибыл в Солнечную систему около 13 тысяч лет тому назад; сразу же по прибытии он составил карту звездного неба и приступил к программе наблюдения за планетами. Все это время зонд терпеливо ждал. А когда у нас появились радиостанции и с Земли стали поступать радиосигналы, зонд активизировался и, в соответствии с программой, начал отправлять нам сигналы обратно.

Итак, зонд прибыл в Солнечную систему со звезды ϵ Волопаса около 13 тысяч лет назад. Звезда ϵ Волопаса — это двойная (а точнее тройная) система, расположенная на расстоянии приблизительно 100 св. лет от Солнца. Главный компонент этой системы (ϵ Волопаса А) представляет собой красный гигант спектрального класса K1. Второй компонент (ϵ Волопаса В) — звезда главной последовательности спектрального класса A2. Эта звезда, в свою очередь, является тесной двойной системой (спектрально-двойная звезда). По современным представлениям, система ϵ Волопаса мало подходит для жизни. Но может быть, наши представления не соответствуют действительности?

В интерпретации Лунена есть определенные несоответствия. Мы не будем останавливаться на них (желающие могут познакомиться с комментарием Ю. Н. Ефремова на эту гипотезу в журнале: «Земля и Вселенная». 1973. № 6. С. 70). Изучая более поздние последовательности LDE, Лунен пытался получить дополнительные данные о планетной системе ϵ Волопаса, в этих интерпретациях много произвола.

В 1976 г. А. В. Шпилевский дал иную интерпретацию «Посланию Зонда»⁸². Он использовал ту же последовательность LDE от

⁸² Шпилевский А. В. Новая интерпретация таинственного радиоэха // Земля и Вселенная. 1976. № 2. С. 74–77.

11 октября 1928 г. и применил сходный с Луненом метод дешифровки. Только, в отличие от него, Шпилевский использовал не номер сигнала, а номер эха (см. *Гиндилис Л. М. Модель контакта, а не доказательство зонда // Земля и Вселенная. 1976. № 2. С. 78–82*)

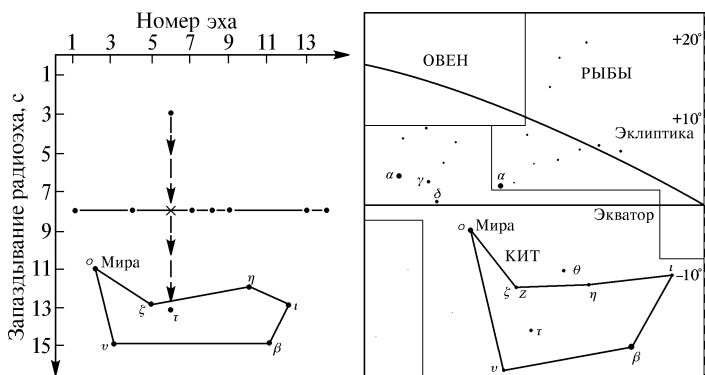


Рис. 1.13.3. Диаграмма А.В.Шпилевского.

По горизонтальной оси отложен номер эха, зарегистрированного в Осло 11.10.1928, по вертикальной оси (сверху вниз) — величина запаздывания в секундах. Справа — участок звездного неба в созвездии Кита

(напомним, что два эха в серии были двойные) и отложил его не по вертикальной оси, а по горизонтальной; по вертикальной оси (сверху вниз) он отложил величину задержки в секундах (рис.1.13.3). Тогда 8-секундный вертикальный барьер трансформировался у него в 8-секундную горизонтальную линию. Эту линию Шпилевский отождествил с отрезком небесного экватора или эклиптики, а точки, лежащие ниже ее, — с созвездием Кита. Одинокая точка выше экватора после симметричного переноса ее относительно экватора вниз попадала в место, соответствующее τ Кита. Отсюда Шпилевский сделал вывод, что зонд прилетел со звезды τ Кита! С точки зрения наших сегодняшних представлений об условиях существования жизни в Космосе, звезда τ Кита, конечно, предпочтительнее ϵ Волопаса. Но здесь кроется и коварная опасность: всегда можно подозревать подсознательный, произвольный элемент подгонки. В этом смысле позиция Лунена сильнее, ибо трудно заранее подозревать такую неподходящую звезду, как ϵ Волопаса в качестве отправного пункта зонда. В одной из последующих работ Лунен отметил, что, если смотреть с τ Кита на наше Солнце, то оно будет видно в созвездии Волопаса. Возникает заманчивая идея:

нельзя ли предположить, что одна и та же последовательность эха несет двоякую информация — как выглядит *наша* область неба, если смотреть от них (т. е. с τ Кита), и как выглядит *их* область неба, если смотреть от нас.

Но вернемся к интерпретации Шпилевского. По его мнению, точки горизонтального барьера не только указывают на положение небесного экватора, но несут еще дополнительную информацию о планетной системе τ Кита. При этом он исходит из того, что послание зонда должно быть одновременно и максимально простым для дешифровки и максимально информативным. В этой связи Шпилевский обращает внимание на то, что две правые точки в горизонтальном барьере кажутся лишними, если единственное назначение барьера состоит только в том, чтобы отметить положение экватора (или эклиптики). Тогда с какой целью они были переданы? Шпилевский полагает, что каждая точка барьера отмечает определенную планету в планетной системе τ Кита. Исходя из позиции максимальной информативности, надо принять во внимание также точку пересечения горизонтального барьера с перпендикуляром, опущенным из одинокой точки, который используется для выделения звезды τ Кита. Тогда получим всего 8 точек. Шпилевский интерпретирует это как указание на то, что в планетной системе τ Кита имеется 8 планет. Выделенная из всех точка пересечения барьера с перпендикуляром является 3-й по счету, следуя в направлении возрастания номера эха. Отсюда можно сделать вывод, что зонд прибыл с 3-й планеты системы Тау.

Читатель, несомненно, отметит как остроумие, так и определенную долю произвола этой интерпретации (как, впрочем, и интерпретации Лунена). Любопытно, что Лунен тоже рассматривал вариант, когда по горизонтальной оси откладывается номер сигнала, а по вертикальной — величина задержки в секундах; но никакой ассоциации с созвездием Кита у него не возникло, и лишь повернув картину на 90° , он получил ассоциацию с созвездием Волопаса. Это иллюстрирует роль субъективного фактора в подобных интерпретациях.

Болгарские любители астрономии во главе с Ильей Илиевым применили другой способ дешифровки «послания зонда». Они разбили последовательность задержек эха на пары и каждой паре значений сопоставили декартовы координаты на плоскости (x, y) . В результате они получили «изображение» созвездия Льва и определили, что зонд прибыл со звезды ξ Льва (Техника молодежи. 1974.

№ 4. С. 54). Советский инженер П. П. Гилев усовершенствовал методику болгарских исследователей: он рассматривал не сами задержки эха, а разности между последовательными задержками. В результате он получил «изображение» того же созвездия, но определил, что зонд прибыл со звезды η Льва, и получил много дополнительной информации о планетной системе этой звезды (см.: Техника молодежи. 1977. № 5. С. 58–60). В связи с этим И. С. Лисевич обращает внимание на то, что звезда η Льва входит в созвездие Сюаньюань, откуда, согласно древнекитайским преданиям, на Землю прилетели космические «пришельцы»⁸³. Все это очень интересно, но такая многозначность интерпретации настораживает. По-видимому, межзвездное послание должно строиться на каких-то иных принципах, исключающих подобную неоднозначность.

Принципиально иной подход предложен математиком из Омска Р. Т. Файзуллиным⁸⁴. Прежде всего он обращает внимание на то, что если задана некоторая произвольная конфигурация точек (например, конфигурация, полученная Луненом) и некоторое множество других точек или объектов (например, звезд на небесном своде), то при достаточном количестве этих точек мы всегда можем выделить среди них заданную фигуру (теорема Рамсея). Конечно, идеально точного совпадения получить нельзя, но увеличивая мощность множества (в данном случае число звезд, — принимая во внимание все более и более слабые звезды), можно получить сколь угодно точную копию заданной фигуры. Таким образом, ошибка Лунена и его последователей, по мнению Файзуллина, состоит в том, что они пытались, используя задержки эха, построить фигуру, которая выглядела бы как созвездие.

Содержание сообщения, согласно Файзуллину, должно представлять собой объективную информацию, зафиксированную в анналах науки. Поскольку речь идет о *космическом* послании, информация скорее всего должна относиться к *звездам* и содержаться в *звездных каталогах*. Исходя из этого, он предложил сопоставлять задержку эха с номером звезды в некоем звездном каталоге. Развивая эту мысль, Файзуллин пришел к выводу, что данной задаче наилучшим образом удовлетворяет совокупность звезд, упорядоченная

⁸³ Лисевич И.С. Древние мифы глазами человека космической эры / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 68–81.

⁸⁴ Файзуллин Р.Т. Попытка расшифровки серий мирового эха — геометрия и астрономия? (<http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/>; раздел «текущие материалы, статьи»)

по видимым звездным величинам (точнее, по фотоэлектрическим визуальным величинам V). Например, самая яркая звезда — Сириус, за ним следует Канопус, потом Арктур, за ним Вега и т. д. Рассмотрим последовательность звезд, упорядоченную по звездным величинам V :

номер звезды	1	2	3	4	5	6	7	8 ...
название	Сириус	Канопус	Арктур	Вега	Толиман	Капелла	Ригель	Процион
					(α Cen)			

Согласно идее Файзуллина, задержке 3 с соответствует звезда под номером 3 — это Арктур, задержке 6 с — Капелла, а задержке 8 с — Процион.

Каждой звезде, в свою очередь, можно поставить в соответствие два числа — координаты звезды на небесной сфере. В астрономии используются три системы координат: галактическая, эклиптическая и экваториальная. Файзуллин взял за основу галактическую систему координат, преобразовав ее из сферической в цилиндрическую. Таким образом, каждой задержке можно поставить в соответствие точку в цилиндрической системе координат Файзуллина с координатами (l, b) , где l и b — галактическая долгота и галактическая широта звезды, номер которой равен величине задержки. Совокупность задержек в последовательности эха дает совокупность точек на поверхности цилиндра, которые образуют определенные геометрические фигуры. Математические свойства этих фигур позволяют сделать определенные выводы о природе задержек.

Возьмем, например, первую серию Штермера:

15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 7, 6

Ей соответствует фигура, изображенная на рис. 1.13.4. Она состоит из 8 прямых, из которых две тройки прямых и еще одна пара прямых взаимно параллельны. Может ли это быть случайным? Если взять координаты 50 ближайших звезд (в той последовательности, как они приведены в каталоге), то такой богатой «параллельности» не получается. Не получается она и в том случае, если рассматривать случайные наборы точек. Файзуллин делает вывод, что фигура, соответствующая первой последовательности Штермера, иллюстрирует математическое *свойство параллельности*.

Изучение последующих серий позволяет углубить представление о математических свойствах получаемых фигур. Интересно, что при этом принимается во внимание не только величина задержек, но и ее дополнение до 20 (напомним, что 20 — это промежуток между посылками импульсов в эксперименте Штермера).

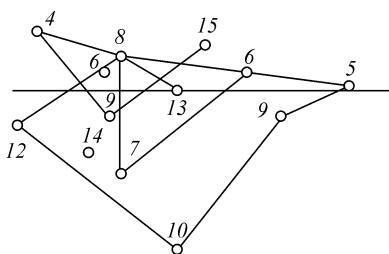


Рис. 1.13.4. Фигура, соответствующая первой серии Штермера. Согласно Р. Т. Файзуллину, она иллюстрирует математическое свойство параллельности

Обработка более длинных последовательностей в независимом эксперименте Эпплтона 1934 г. также даст фигуры с неслучайными геометрическими свойствами. Причем эти свойства симметрии сохраняются при переходе от галактических координат звезд к эклиптическим и экваториальным. Сохраняются они и при изменении начала координат. То есть если за начало координат взять

не Солнце, а другую звезду (проверка делалась для α Центавра и для Прокциона) и соответствующим образом пересчитать звездные величины других звезд, то геометрические свойства полученных фигур сохраняются. Файзуллин обращает внимание на то, что полученные фигуры «в некотором роде» похожи на так называемые *математические конфигурации*, простейшим примером которых может служить конфигурация Брианшона–Паскаля (девять точек удовлетворяют следующим условиям: через каждую точку проходит по три прямые и на каждой прямой лежит по три точки из 9 заданных). Все это, по мнению Файзуллина, позволяет предполагать, что задержки радиоэха имеют искусственное происхождение. Но какой смысл, какое содержание скрывается за полученными фигурами?

Забудем на время о радиоэхо. Рассмотрим ближайшие к нам галактики и выберем из них семь-восемь ярчайших: Туманность Андромеды, Двигло 1, Туманность Треугольника и т. д. Упорядочим их по звездным величинам и построим фигуры аналогично тому, как это делалось для звезд, сопоставляемых с задержками эха. Оказывается, в экваториальной системе координат получается фигура, аналогичная *конфигурации Паскаля*. Определенные «конфигурационные свойства» и их инвариантность относительно преобразований координат имеют место и для ближайших ярких массивных звезд. Какова природа этих конфигураций? Можно ли придать им некий динамический смысл?

Файзуллин рассмотрел так называемую задачу Штейнера: *заданы N точек на плоскости или в пространстве; необходимо соединить их отрезками прямых так, чтобы сумма длин этих отрезков была минимальна*. При этом можно вводить дополнительные точки, кроме тех, которые заданы. Файзуллина интересовал механический аналог этой задачи, когда минимум длины интерпретируется как некий «экстремальный энергетический принцип» для гравитирующей механической системы. Это по-

звонило решать некоторые динамические задачи, относящиеся к звездной динамике. Результаты Файзуллин опубликовал в ряде специальных статей и в докладах на конференциях, где он ни словом не упоминал о проблем LDE, ему важно было получить апробацию результатов о «конфигурационных свойствах» в системах звезд и галактик. Эти публикации и выступления вызвали острую дискуссию в части, касающейся попыток автора дать динамическую интерпретацию обнаруженным конфигурациям, но сам факт наличия таких инвариантных конфигураций был признан (как пишет сам Файзуллин, «скрипя сердце»).

Здесь мы подходим к одному из принципов, которому, по мнению Файзуллина, должны удовлетворять любые попытки (гипотезы) интерпретировать задержки радиоэха как контакт с ВЦ: «результаты должны пройти стандартную научную апробацию в виде выступлений на конференциях и в виде опубликованных научных статей (без упоминаний или ссылок на проблему SETI), что должно подтвердить независимую от гипотезы Контакта значимость выявленных математических и физических фактов». Конечно, такая процедура затягивает решение вопроса. «Дешифровка сигнала» перестает быть одномоментным событием. Надо сказать, что близкую мысль высказывали ранее Рудольф Пешек и Джон Билленгем в докладе на конференции ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (Юниспейс-82). Касаясь содержания информации и процедуры ее дешифровки, они писали: «Информация, содержащаяся в сигналах другой цивилизации, может быть достаточно богатой, и тогда на ее изучение уйдут десятилетия, а то и жизнь нескольких поколений. Тогда новости в этой области будут обсуждаться скорее на страницах научных книг и в университетских аудиториях, чем на страницах ежедневной печати»⁸⁵.

Вернемся к LDE. Интерпретация задержек по методу Файзуллина привела к определенным математическим конфигурациям, которые не могут получиться при случайном переборе чисел. Дальнейшее изучение показало, что сходные конфигурации наблюдаются в упорядоченных системах звезд и галактик и, вероятно, отражают какие-то природные закономерности, происхождение которых пока неясно. Не может ли Послание зонда намеренно указывать на эти математические закономерности, чтобы подчеркнуть искусственный характер сигнала. Как отмечает Файзуллин, по идее это перекликается с предложением Гаусса о построении фигуры, иллюстрирующей теорему Пифагора (см. Введение).

⁸⁵ SETI: состояние и перспективы // Земля и Вселенная. 1984. № 2. С. 90–93.

Принимая искусственную интерпретацию задержек, можно ли определить местоположение зонда? Файзуллин предпринял такую попытку, в определенной мере отступив от принятой им строгой методологии. Он обращает внимание на то, что большинство задержек и в двадцатые (1920-е) годы и в более поздних экспериментах Кроуфорда равнялось восьми. Задержке 8 отвечает звезда Прокцион. Если взять последовательность Штермера, которую использовал Лунен для определения местоположения зонда, то, следуя процедуре Файзуллина, мы получим фигуру из треугольников с общей вершиной в точке, отвечающей расположению Прокциона. Файзуллин приводит и другие аргументы, указывающие на Прокцион, на которых мы останавливаться не будем. Читатель может познакомиться с ними в цитированной выше статье (см. сноску 84).

Подход Файзуллина представляется методологически более строгим по сравнению с предыдущими попытками расшифровки мирового эха. Однако сомнительным остается намерение искать в последовательности задержек определенную содержательную информацию. *Если исходить из гипотезы зонда*, то последовательность LDE, видимо, не предназначена для дешифровки: скорее всего, это был **сигнал привлечения внимания**. (Может быть, математические конфигурации Файзуллина и являются таким сигналом привлечения внимания.) Если это так, то, в соответствии со стратегией контакта, нам следовало отправить сигнал обратно, соблюдая ту же последовательность задержек. Однако в то время этот шанс был упущен. В 1980–1981 гг. горьковские радиоастрономы провели пробную радиолокацию точек Лагранжа в системе Земля–Луна с целью поиска зонда в этих точках. Результат оказался отрицательным (см. гл. 7). Было бы желательно продолжить эти эксперименты. Высказывались также предложения о посылке космического аппарата в точки Лагранжа и о постановке специального эксперимента по исследованию LDE на космических аппаратах, направляемых к планетам Солнечной системы (Л. В. Ксанфомалити). Было бы также полезно воспроизвести старые сигналы в той же последовательности задержек, которые наблюдались в 1920-х годах, чтобы сообщить зонду, что мы наконец-то поняли его сообщение и посылаем **сигнал готовности** к контакту.

1.14. Послание внеземным цивилизациям

Основные усилия в плане SETI направлены на *обнаружение* внеземных цивилизаций (путем приема сигналов, поиска следов астро-

На необходимость сочетания пассивных и активных методов в поисках ВЦ обращал внимание Андрей Дмитриевич Сахаров.

ги; было отправлено радиотелеграфное сообщение, состоящее из трех слов: «Мир, Ленин, СССР». Страна, отправившая его, уже сошла со сцены истории, но радиоволны продолжают нести послание со скоростью света через звездные дали. Кто знает, быть может, когда-нибудь на пути их встанет чаша чужой антенны и неведомые нам существа прочтут таинственные для них три слова...

Оно было отправлено с уже знакомого нам 300-метрового радиотелескопа к шаровому скоплению М 13 в созвездии Геркулеса, расположенному на расстоянии около 25 тысяч св. лет от Солнца. Луч радиотелескопа целиком покрывает все скопление, насчитывающее сотни тысяч звезд. Если хотя бы около одной из них имеется цивилизация, способная принимать радиосигналы, она может обнаружить наше послание.

Что же представляет собой это послание? Оно содержит 1679 бит информации. Каждый бит передается с помощью импульса на од-

[illegible]

Рис. 1.14.1. Радиопослание из Аресибо к шаровому скоплению М 13

Оно было отправлено с уже знакомого нам 300-метрового радиотелескопа к шаровому скоплению М 13 в созвездии Геркулеса, расположенному на расстоянии около 25 тысяч св. лет от Солнца. Луч радиотелескопа целиком покрывает все скопление, насчитывающее сотни тысяч звезд. Если хотя бы около одной из них имеется цивилизация, способная принимать радиосигналы, она может обнаружить наше послание.

Что же представляет собой это послание? Оно содержит 1679 бит информации. Каждый бит передается с помощью импульса на од-

ной из двух близких частот в диапазоне 2380 МГц. Если импульсы на одной частоте изображать нулем, а на другой — единицей, то мы получим сообщение, состоящее из 1679 двоичных знаков, фрагмент которого воспроизведен на рис. 1.14.1. Число 1679 представляет

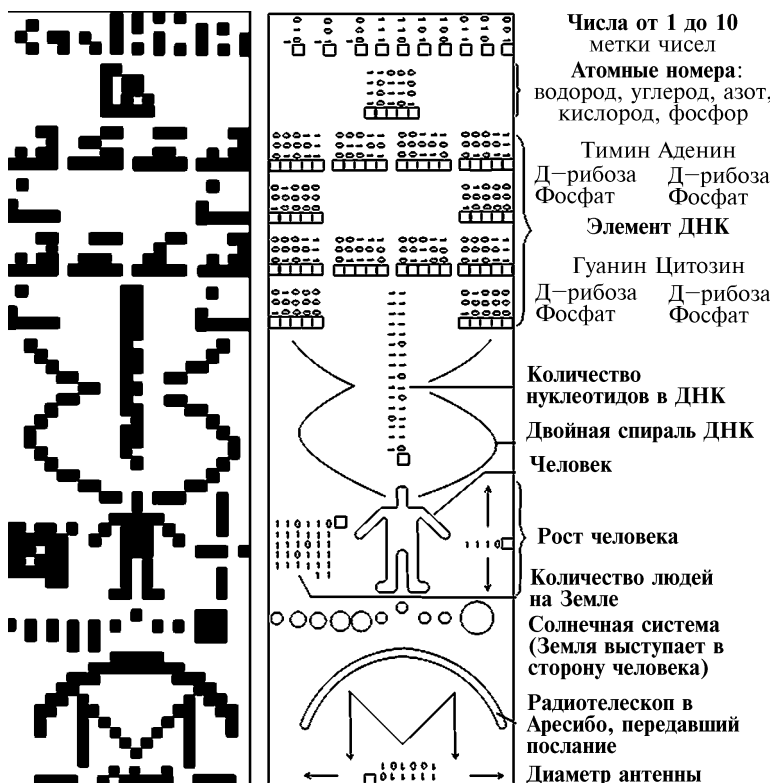


Рис. 1.14.2. Расшифровка радиопослания Аресибо (пояснения в тексте)

собой произведение двух простых чисел: 23 и 73. Наши адресаты должны догадаться, что это неспроста: по-видимому, для расшифровки надо применить «телевизионную» развертку изображения, состоящую из 23 строк по 73 элемента в строке, либо из 73 строк по 23 элемента. Чтобы сделать это изображение наглядным, будем каждый «0» изображать черным квадратиком, а каждую «1» — белым. Тогда получим изображение, показанное на рис. 1.14.2. Оно соответствует второму варианту (73 строки по 23 элемента) и носит явно не случайный характер (если принять первый вариант «развертки»,

то никакой «осмысленной» картины не получается). На рисунке справа дана расшифровка послания. В первом ряду двоичным кодом изображены числа натурального ряда от 1 до 10. Второй ряд — это метки чисел. Третий ряд содержит числа: 1, 6, 7, 8, 15; это — атомные номера водорода, углерода, азота, кислорода и фосфора — химических элементов, лежащих в основании земной жизни. Затем следует 12 групп, каждая из которых состоит из 5 элементов — это молекулы, важные для жизни и состоящие из указанных выше элементов: числа изображают химические формулы этих молекул. Например, 5-я группа не содержит атомов водорода, углерода и азота, а содержит 4 атома кислорода и 1 атом фосфора, следовательно, это фосфатная группа PO_4 . В число важнейших молекул включены 4 нуклеотида: тимин, гуанин, аденин, цитозин (с помощью которых осуществляется кодирование наследственной информации), молекула сахара дезоксирибозы и др. Под этими группами изображена двойная спираль ДНК (6-й ряд). Число нуклеотидов в ДНК (около 4 млрд) изображено в центре спирали — 5 ряд. Ниже — фигура человека. Поскольку двойная спираль заканчивается на схематическом изображении человека, это, по замыслу авторов послания, должно указывать на связь ДНК с разумными существами, передававшими послание. Справа от фигуры человека изображено число 14, указывающее рост человека. За единицу длины при этом принимается длина волны радиоизлучения, несущего послание. Она равна 12,6 см. Таким образом, рост человека здесь равен $12,6 \text{ см} \times 14 = 176 \text{ см}$. Слева от фигуры человека число $4 \cdot 10^9$ — численность человеческого рода на момент отправки послания. Ниже (в 10-м ряду) изображена схема Солнечной системы. Видно, что она содержит 9 планет. Третья планета выделена из общего ряда, что указывает на ее особую роль; поскольку она приближена к человеку, можно заключить, что именно на этой планете обитают разумные существа, отправившие послание. Наконец, в самом низу изображена схема радиотелескопа Аресибо и указан его диаметр — 306 м.

Шаровое скопление в созвездии Геркулеса имеет номер 13 в каталоге, составленном Ш. Мессье в 1781 г. (отсюда его обозначение М 13). Обыгрывая это обозначение, поэт Юлиан Долгин написал следующее шутилиное стихотворение по поводу данного послания:

Мессье, ау!
Mon cher ami!
Черт знает, есть вы или нет.
Но мы являемся людьми
И шлем космический привет.

У нас одна есть голова,
И две руки, и две ноги.
Послания нашего слова
Осилят ли Мессье мозги?

За два года до радиопослания к созвездию Геркулеса была предпринята попытка направить внеземным цивилизациям послание

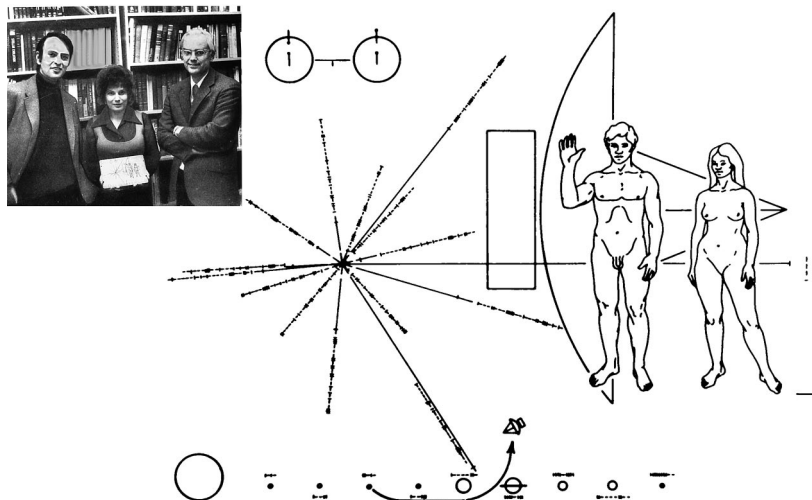


Рис. 1.14.3. Послание внеземным цивилизациям на космическом аппарате «Пионер-10». Вверху слева — фото авторов послания: К. Саган, Л. Саган и Ф. Дрейк

другого рода. Это послание находится на космическом корабле «Пионер-10». Он был запущен в 1972 г. для исследования внешних планет Солнечной системы. В 1979 г. аппарат пересек орбиту Урана и в настоящее время находится у границ Солнечной системы. Ему потребуется 100 тысяч лет, чтобы пройти расстояние до ближайшей звезды Альфа Центавра. Блуждая в межзвездном пространстве, корабль, возможно, попадет когда-либо в зону обитания иной цивилизации. Вероятность этого события, учитывая, как редко распределены звезды в пространстве, исчезающе мала, но не равна нулю! Имея в виду этот шанс, конструкторы корабля сочли возможным снабдить его текстом послания с Земли.

Оно представляет собой пластинку размером 15×25 см с выгравированным на ней рисунком, которая укреплена на борту корабля. В верхнем левом углу пластинки (рис. 1.14.3) изображена схема во-

дорода с параллельной и антипараллельной ориентацией спинов протона и электрона. Если инопланетные физики разгадают наш замысел, то они поймут, что речь идет о спектральном переходе, при котором излучается радиолиния водорода 21 см. Это позволяет сразу установить единицы длины и времени: единица длины 21 см, единица времени — период, соответствующий частоте радиолинии водорода 1420 МГц. Под атомом водорода помещена фигура, состоящая из нескольких лучей, исходящих из одной точки. Двоичные числа над каждым лучом указывают на значение какого-то параметра. Судя по числу значащих цифр, этот параметр определен с очень высокой точностью. Единственным таким параметром может быть только период пульсаров. Итак, каждый луч указывает направление от нашей звезды (Солнца) на соответствующий пульсар. А так как их астрономы знают направление на те же пульсары со своей звезды, то они могут определить положение Солнца относительно своей звезды. Но это еще не все. Период пульсаров меняется со временем. Сравнивая значения периодов, указанных на схеме, с известными им, инопланетные астрономы смогут определить эпоху составления послания. Справа от схемы с пульсарами, на фоне космического корабля (уже известного инопланетянам) изображены обитатели Земли — мужчины и женщины. Двоичным числом справа указан рост женщины: он равен 8 единицам. Поскольку за единицу длины принята длина волны 21 см, то рост женщины получается $21 \text{ см} \times 8 = 168 \text{ см}$. Внизу изображена схема Солнечной системы из 9 планет. Третья планета выделена из общего ряда и показано, что именно с нее стартовал космический корабль, доставивший послание.

Гораздо более богатая информация, адресованная внеземным цивилизациям, находится на борту космических аппаратов «Вояджер-1» и «Вояджер-2». Они были запущены в 1977 г. тоже для исследования внешних планет Солнечной системы. С помощью этих аппаратов были получены великолепные фотографии Юпитера и Сатурна, а также их спутников. Завершив свою миссию у Сатурна, «Вояджер-1» направился к границам Солнечной системы, а «Вояджер-2», совершив гравитационный маневр, прошел вблизи Урана и Нептуна. Он получил фотографии этих далеких планет, их спутников (некоторые из них были открыты благодаря «Вояджеру») и передал на Землю много ценнейшей информации об Уране и Нептуне. Теперь он также движется к границам Солнечной системы.

На борту каждого аппарата находится информационная пластинка с записью звуковых и видеосигналов. Пластинка покрыта зо-

лотом для предохранения от эрозии под действием космической пыли (рис. 1.14.4). Что же содержит послание? 75 % записи посвящено музыке. По мнению авторов послания, сам корабль, с его сложной научной аппаратурой и компьютерами, будет достаточным свидетельством нашего технического развития. Но он ничего не скажет об эстетической или философской сторонах человеческой личности. Музыка представляется хорошим средством выражения этих аспектов. В запись включены произведения Баха, Бетховена, Моцарта, Стравинского, западная легкая музыка (джаз, рок-н-ролл, блюз), классическая музыка Индии, Явы, Японии, древнекитайское про-

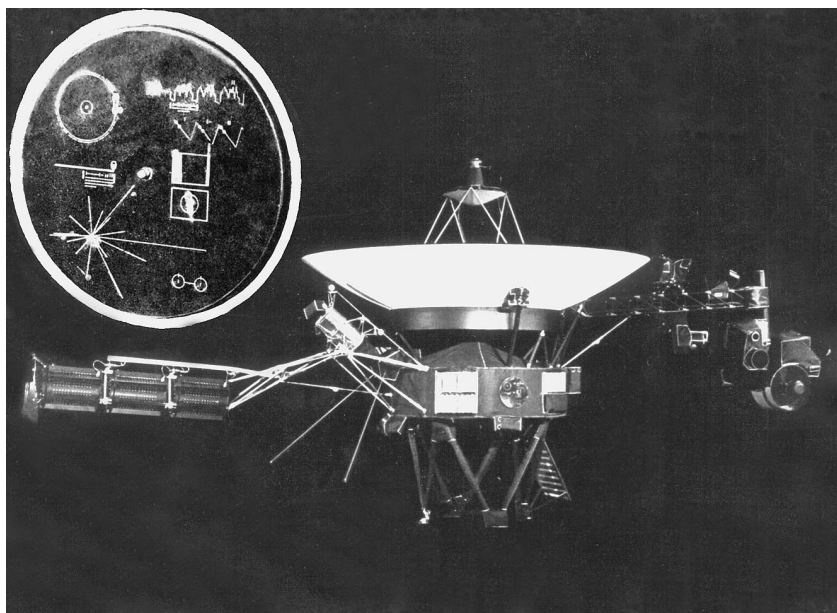


Рис. 1.14.4. Космический аппарат «Вояджер».

Вверху слева в увеличенном виде показан алюминиевый контейнер с информационной пластинкой, на крышке которого выгравирована инструкция по пользованию пластинкой

изведение для семиструнной гитары, народная музыка Перу, Болгарии, Австралии, Африки, мелодии народов Советского Союза: русские песни, азербайджанская музыка для волынки и грузинское хоровое пение. Остальные 25% записи послания «Вояджер» состоят из голосов людей, различных звуков Земли (шум ветра, плеск волн, пение птиц) и 116 рисунков, закодированных в видеосигнал. Человеческие голоса записаны в форме приветствий на 55 наиболее распространенных языках Земли.

KONZERT F-dur

Brandenburgisches Konzert Nr. 2

Joh. Seb. Bach (BWV 1047)



Рис. 1.14.5. Фрагмент музыкального послания «Вояджера»

GREETINGS ON THE VOYAGER SPACECRAFT
(in the order presented)

(prepared by Shirley Arden)

Language	Greeting
Sumerian	Silma khemen
Greek	οἶτινες, ποτ' ἔστε, χαίρετε. εἰρηνικῶς, πρὸς πάντοτε ἐληλύσαμεν φίλοι.
Portuguese	Paz e felicidade a todos.
Cantonese	各位好嗎？祝各位平安健康快樂。
Akkadian	Adanish lu shulmu.
Russian	ЗДРАВСТВУЙТЕ, ПРИВЕТСТВУЮ ВАС!
Thai	สวัสดีค่ะ สหายในอวกาศนี้ พวกเราในอวกาศนี้ขอส่งมิตรจิตมาถึงท่านทุกคน
Arabic	نَحْيَا تَنَا لِلْأَصْدِقَاءِ فِي النُّجُومِ يَا لَيْتَ يَجْمَعُنَا الزَّمَانُ
Romanian	Salutări la toată lumea.

Рис. 1.14.6. Фрагмент послания «Вояджера» с приветствием от жителей Земли

На рис. 1.14.6 воспроизведен фрагмент с текстом приветствия, который содержит приветствие на русском языке: «Здравствуйте, приветствую вас!».

Рисунки, фотографии и схемы, отправленные на «Вояджере» в форме видеосигнала, расположены в определенном порядке, облегчающем дешифровку изображений.

• = 1	= 1	-- = 12
•• = 1-	= 2	--- = 24
••• = 1	= 3	--1-- = 100 = 10 ²
•••• = 1--	= 4	1-- = 1000 = 10 ³
••••• = 1-	= 5	2+3=5
•••••• = 1 -	= 6	8+17=25
= 7	$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$	$5 + \frac{2}{3} = 5\frac{2}{3}$
1--- = 8	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$	2 x 3 = 6
1--1 = 9	$\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$	13 x 28 = 364
1-1- = 10		

Рис. 1.14.7. Послание «Вояджера». Обучение арифметике

Для передачи научной информации прежде всего необходимо договориться о способе выражения количественных соотношений. На рис. 1.14.7 показан пример обучения земной арифметике. Точки на кадре изображают количества (числа) от 1 до 6, рядом дается изображение этих чисел в двоичной и десятичной системах счисления. Показан пример записи больших чисел с помощью степени числа 10 ($1000 = 10^3$). Далее вводятся операции над числами (включая целые числа и дроби).

Следующий шаг связан с введением единиц измерения основных физических величин (рис. 1.14.8). На рисунке вверху слева изображена уже знакомая нам схема атома водорода, излучающего радиолинию на частоте 1420 МГц. Период колебаний, соответствующий этой частоте, принимается за единицу времени. По отношению к ней определяется секунда, сутки, год. За единицу массы принимается масса атома водорода, по отношению к ней определяются: грамм, килограмм, масса Земли. Справа от схемы атома водорода показан участок синусоиды с длиной волны 21 см, которая принимается за единицу длины. По отношению к ней определяются: сантиметр, ангстрем, метр, километр.

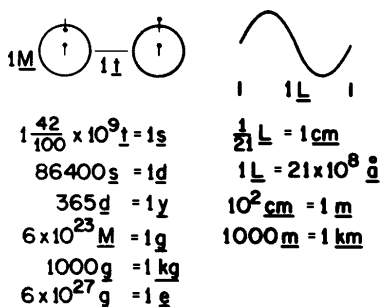


Рис. 1.14.8. Послание «Вояджера». Введение единиц измерения

На рис. 1.14.9 показаны два кадра с изображением основных сведений о Солнечной системе. Поскольку способ записи чисел уже известен, и единицы измерения

ния введены (на предыдущих кадрах), то можно выразить численные значения параметров Солнечной системы. Приводятся массы планет, их размеры, расстояния от Солнца, периоды обращения вокруг собственной оси. На следующих кадрах послания (рис.1.14.10) изображена схема строения атомов водорода, углерода, азота, кислорода — химических элементов, лежащих в основании земной жизни; там же показана схема строения ДНК. Послание содержит также видеоизображения различных пейзажей и ландшафтов, изображения растительного и животного мира Земли, различных типов людей и различных форм человеческой деятельности (войны здесь не показаны).

Если это послание когда-нибудь попадет к внеземным цивилизациям, смогут ли они расшифровать его? Касаясь этого вопроса, один из составителей послания художник Джон Ломберг пишет: «Мы отдаем себе отчет в философском, умственном, семантическом и культурном богатстве нашего послания с Земли, но

может случиться так, что даже развитая раса инопланетян не сможет ничего понять. С другой стороны, поскольку корабль «Вояджер» могут обнаружить существа, имеющие более высокий уровень развития, мы можем предположить, что они не только интеллектуальны, но и опыты. Если их опыт показал им различные пути познания Вселенной и если они очень захотят расшифровать послание, они смогут распознать наши намерения и получают изображение нашей планеты и нас самих. И даже если послания не будут найдены

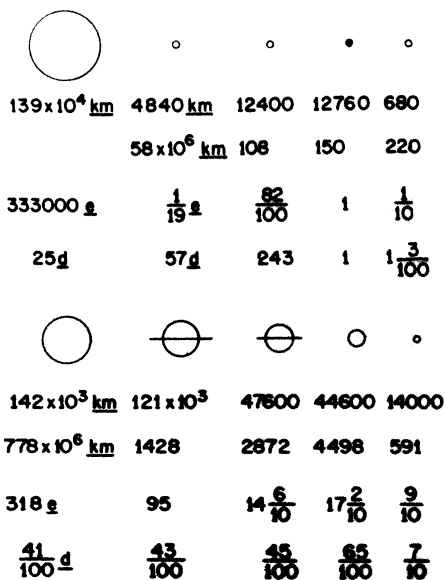


Рис. 1.14.9. Послание «Вояджера». Сведения о Солнечной системе.

Большой круг сверху слева изображает Солнце, далее следуют планеты: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. У Сатурна и Урана отмечено кольцо. Числа под каждой планетой означают: размер в км, расстояние от Солнца, масса, выраженная в единицах массы Земли, и период вращения вокруг собственной оси, в земных сутках. Данные для Плутона не точны

никогда, они послужат нам хорошим уроком в составлении и предугадывании посланий из космоса, если SETI когда-нибудь увенчается успехом»⁸⁶.

Сказанное Ломбергом в отношении посланий «Вояджеров» можно отнести и к радиосообщениям. С момента отправки «Послания Аресибо» прошло 25 лет, и лишь тогда радиопередачи с Земли на-

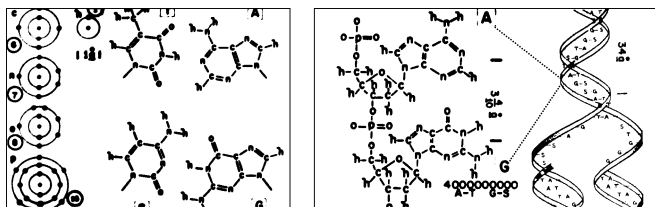


Рис. 1.14.10. Послание «Вояджера». Химические основы жизни

шим далеким братьям были возобновлены в рамках международного проекта «Cosmic Call». Он является частью более обширного проекта «Encounter 2001» («Встреча третьего тысячелетия»). Инициатор проекта — американский бизнесмен Чарльз Чейфер предложил осуществить его на коммерческой основе, привлекая частные средства участников проекта. Суть «Cosmic Call» состоит в передаче радиосообщений к ближайшим звездам с помощью мощного планетного радиолокатора. Попасть в список участников может каждый, заплативший 15 долларов США, это дает ему право отправить индивидуальное послание, не превышающее 30 слов. Предполагалось, что для передачи сообщений будут использоваться планетные радиолокаторы в Аресибо или Голдстоуне. Однако из-за чрезвычайной загруженности инструментов осуществить эти планы не удалось. Тогда А. Л. Зайцев из Института радиотехники и электроники (ИРЭ РАН), работающий на радиолокаторе, установленном в фокусе 70-метровой антенны в Евпатории (по программе защиты Земли от астероидов), предложил использовать этот локатор в проекте «Cosmic Call».

В период с 24 мая по 1 июля 1999 г. из Евпатории осуществлено 4 сеанса передачи информации к четырем звездам солнечного типа (см. таблицу вверху следующей страницы).

⁸⁶ Ломберг Дж. Межзвездное послание «Вояджера» / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 242–247. Цит. С. 247.

Сеанс	1	2	3	4
Дата	24.05.1999	30.06.1999	30.06–1.07	1.07.1999
Начало, УТ	16:20:00	16:45:00	21:10:00	01:22:00
Окончание, УТ	20:15:03	20:40:15	01:05:02	05:17:01
Звезда	HD 186408	HD 178428	HD 190406	HD 190360
Тип	G2 V	G5 V	G1 V	G6 IV
Расстояние, св. лет	70.5	68.3	57.6	51.8

Послание состоит из двух частей. Первая часть содержит основное сообщение и нескольких вспомогательных. Вторая часть — имена и индивидуальные письма участников проекта (около 50 тысяч). Основное сообщение состоит из 23 страниц. Каждая страница представляет собой последовательность 16129 (127×127) двоичных символов. Первые несколько страниц вводные: стр. 1: «Числа», стр. 2: «Операции», стр. 3: «Экспоненциальные представления», затем идут сведения по астрономии, биологии, географии. Страница 21 описывает антенну и передатчик Евпаторийского радиолокатора. Последняя страница приглашает любого, кто прочитал послание, откликнуться и, если можно, сообщить сведения о своей цивилизации. Помимо основного сообщения (из 23 страниц), первая часть Евпаторийского послания содержит описание проекта «Encounter 2001» (составленное Ричардом Браастадом), список участвующего в этом проекте персонала и, наконец, в первую часть включено «Послание Аресибо». Общий объем Евпаторийского послания более 1,7 миллиона двоичных единиц.

Коммерческая основа «Cosmic Call» вызывает определенные сомнения, поскольку представляется предпочтительным, чтобы в космическом контакте, во всяком случае на стадии его установления, субъектом выступали цивилизации, а не отдельные индивидуумы. С другой стороны, такая организация проекта позволяет привлечь к нему внимание широкой общественности, что может быть полезно для целей SETI. Как бы там ни было, проект отражает современный уровень сознания нашей земной цивилизации.

Иногда высказываются сомнения в отношении активных методов поиска, особенно в отношении передачи сообщений по каналам связи — из опасения, что таким путем наша цивилизация может обнаружить себя перед лицом грозных и могущественных обитате-

лей Космоса. Эти опасения основываются на историческом опыте взаимодействия цивилизаций на Земле. До сих пор взаимодействие протекало таким образом, что более сильная цивилизация стремилась подчинить себе более слабую. В какой мере это можно распространять на космические цивилизации? В стремлении к подчинению человечество подошло к опасной черте, поставив себя на грань самоуничтожения. Поэтому можно думать, что возникновение нового мышления, важнейшим элементом которого является переход от конфронтации к сотрудничеству, является не случайным. Существует, видимо, определенная связь между уровнем развития, уровнем знаний цивилизации и ее нравственным состоянием. Причем связь не обратная (как часто бывало на Земле), а прямая: т. е. чем выше уровень развития цивилизации, уровень ее знаний и культуры, тем выше должны быть ее нравственные принципы⁸⁷. Этот закон неизбежно вступает в силу, когда цивилизации достигают определенной ступени развития, ибо знание в безнравственных руках становится разрушительным и неминуемо ведет к самоуничтожению.

«Познание и нравственность — две грани,
В единстве выступающие четком»⁸⁸.
Чтоб высшее открылось людям Знание,
Им нравственность высокая нужна.
А чтоб быть нравственным, необходимо знание —
Зачем нам эта нравственность. Тогда
Ее сознательно мы применим в сердце
И путь откроем к знанию себе.

Впрочем, опасения обнаружить себя с помощью радиосигналов неосновательны по другим причинам. Действительно, если некие цивилизации способны представлять угрозу для человечества, они должны быть достаточно развиты в научном и техническом отношении. Поэтому их информация об окружающем пространстве не зависит от нашей SETI-активности. В частности, нашу цивилизацию легко обнаружить по радиоизлучению телевизионных станций (не говоря уже о других методах обнаружения, доступных высоко-развитой цивилизации).

Одним из тех, кто решительно не соглашался с позицией — ограничить нашу SETI-активность только поисками сигналов ВЦ, был

⁸⁷ Гиндилис Л.М. Внеземные цивилизации: век двадцатый // Общественные науки и современность. 2001. № 1. С. 138–147.

⁸⁸ Сидоров В.М. Возвращение. Сборник стихов. — М.: Сов. писатель, 1980.

А. Д. Сахаров. В ответе на анкету СЕТИ в 1971 г. он писал: «При этом я хотел бы отметить важность проектных работ по посылке сигналов, доведенных до конкретного осуществления некоторых проектов — только так можно понять тонкие аспекты проблемы контактов. Здесь, как и в других делах, эгоисты, в конце концов, оказываются в проигрыше» (Земля и Вселенная. 1990. № 6. С. 63–67).

Еще одно возражение против передачи сигналов сводится к тому, что ответ на свое послание (если он вообще будет) мы получим в лучшем случае через многие десятилетия. Касаясь этого вопроса А. Л. Зайцев пишет: «А разве бескорыстная мессианская деятельность, несущая братьям по разуму благу весть «Вы не одни!», и их озарение ошеломляющим открытием искусственного происхождения нашего послания сами по себе не могут являться достойными целями землян и оправданием радиовещания для ВЦ? Представьте на мгновение нас на их месте и наш прорыв в бесконечность после обнаружения сигнала ВЦ. Так почему бы не предоставить такой шанс другим?»⁸⁹ В самом деле — почему?

В конце XX века отправить свое послание в Космос решили дети Земли. В июле 2000 г. в Москве проходила Международная встреча «Дети Европы XXI века». При подготовке к Встрече группа ребят из Московского городского Дворца творчества детей и юношества решила подготовить Послание внеземным цивилизациям от детей Земли и приступили к его подготовке. В инициативную группу входили Вячеслав Авдеев, Анатолий Аникеев, Татьяна Аникеева, Андрей Гутионтов, Егор Киселев, Виктория Путанш и Владимир Филиппов. В рамках самой Встречи работала секция «Послание внеземным цивилизациям», которая обсудила проект Послания и представила его на рассмотрение Встречи. Было решено продолжить работу над Посланием, подключив к ней с помощью Интернета всех желающих. Участники проекта согласились в том, что Послание должно содержать информацию о нашей цивилизации, о тех, кто его посылает. При этом в Послании должен найти отражение детский взгляд на мир и его проблемы. Содержание Послания включает текстовую часть, рисунок, музыку и описание (алгоритм) некоторых игр.

Было решено включить в текст список ключевых слов, важных для нашей цивилизации и отражающий детский взгляд на проблему. В список вошли следующие 14 слов: *Мама, Мир, Земля, Космос,*

⁸⁹ Зайцев А.Л. Радиовещание для внеземных цивилизаций // Информационный бюллетень SETI. 1999. № 15. С. 31–47.

Контакт, Разум, Жизнь, Радость, Дружба, Любовь, Общение, Свобода, Дети, Человек.

В игровую часть после длительных дискуссий и отбора было решено включить три игры: шашки, шахматы и «крестики-нолики». Все они отражают интеллектуальный мир человека, а «крестики-нолики» в дополнение еще и любимы детьми и легки для передачи.

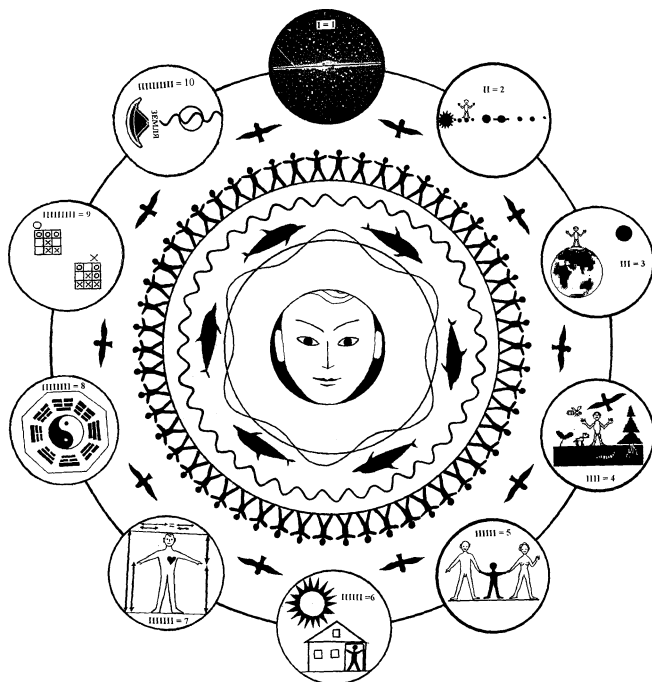


Рис. 1.14.11. Эмблема послания ВЦ от детей Земли

Наиболее тщательно разработана изобразительная часть Послания, которая также служит его эмблемой (рис 1.4.11). Авторами ее являются Владимир Филиппов и Егор Киселев. При построении рисунка-эмблемы используется значение несущей длины волны Евпаторийского локатора 6 см, а также преобразования этой частоты с использованием числа 3 как целочисленной части π .

Центральная часть эмблемы представляет собой лицо человека-землянина, помещенное в круг диаметром 6 см, что равно несущей длине волны, уже известной получателю, это задает масштаб для определения других линейных величин. Следующий круг окаймлен волнообразной линией, длина волны которой также соответствует

несущей волне Послания 6 см, что является дополнительной подсказкой. Третья окружность, на которой изображены символические фигурки человечков, представляет собой образ *поверхности* планеты, где обитает человечество. Диаметр ее вдвое превышает диаметр первого круга и равен 18 см, что соответствует длине волны радиолиний гидроксила. Если количество человечков (54) разделить на 3 (приближенное значение числа π), то получится вновь число 18, что указывает на его важность в структуре Послания. Если получатели догадаются, что это — длина волны линии гидроксила в наших единицах, они смогут установить соотношение между единицами длины в своей и нашей системе. Под поверхностью изображена волнистая линия, длина волны ее 1,35 см, что соответствует длине волны радиолинии воды и, следовательно, указывает на воду, как важный элемент для жизни на Земле. Кроме того, это указывает на существование гидросферы, обитатели которой символически представлены фигурками дельфинов. Над поверхностью Земли изображены обитатели атмосферы (птицы) и тем самым дается понятие о пригодности воздушной среды планеты для жизни.

Внешнюю окружность окаймляют 10 кружков, в которых содержится научная информация, а также информация о других сферах человеческой деятельности. Каждый из этих кружков имеет диаметр 6 см, что опять возвращает нас к несущей длине волны и дает подтверждение принятого масштаба. Число кружков символизирует десятичную систему счисления, принятую на Земле. (Глубокое значение десяти — декады раскрывается в пифагорейской математике, вероятно, известной инопланетянам.) В верху каждого кружка имеются вертикальные палочки: I, II, III, IIII,... IIIIIII. Нетрудно понять, что это числа натурального ряда. Если после каждого такого числа поставить знак «=» и за ним символы 1, 2, 3, 4, ..., 10 (I = 1, II = 2, III = 3, IIII = 4, ..., IIIIIII = 10), то можно догадаться, что общий для всех символ «=» обозначает соотношение равенства, а стоящие за ним символы — обозначение натуральных чисел в принятой на Земле системе счисления. Так как последнее число является двузначным, это указывает на то, что у нас принята десятичная система счисления.

Первый кружок изображает, как выглядит наша Галактика при наблюдении с ребра; стрелкой показано положение Солнечной системы. Второй кружок изображает схему Солнечной системы; фигурка человека на третьей планете указывает, что послание пришло оттуда. Сама планета изображена на третьем кружке. Видны очертания

ния материков и мирового океана; материки изображены черным цветом, океаны — белым (это, конечно, условно: инопланетяне могут изобразить, наоборот, материки — белым, а океан — черным). Фигурка человека на одном из материков указывает на то, что люди обитают на суше. На том же кружке схематически показан естественный спутник Земли — Луна. На 4-м кружке изображена жизнь на Земле, основные ее царства: растительное, животное и человек. Пятый кружок воспроизводит известную «космограмму Дрейка». Здесь изображена человеческая семья (папа, мама и я). Показано, что семья двуначальна. В отличие от космограммы Дрейка, фигурка ребенка здесь выделена — это символизирует тот факт, что данное послание исходит от детей. На 6-м кружке изображен земной дом человека; он находится на одном диаметре с кружком, где изображена наша Галактика — космический дом человечества. 7-й кружок изображает человеческое тело в пропорциях золотого сечения. На 8-м кружке изображен древнейший космогонический символ из китайской «Книги перемен». В центре известный символ Ян и Инь, а черточки вокруг него — 8 основных триграмм, символизирующих жизненный цикл. Включение этого символа в Послание, по мнению авторов, помимо философского содержания, демонстрирует нашу дань уважения к древности, к ценностям иных культур, что должно быть очень важным при межзвездных контактах. На 9-м кружке показана игра в «крестики и нолики» (игра является частью человеческой культуры). На рисунке изображены два исхода этой игры: когда побеждают нолики, и когда побеждают крестики. Наконец, последний, 10-й кружок посвящен технике; причем из множества технических достижений выбран радиотелескоп, так как с помощью него осуществлено Послание.

Для передачи эмблемы может быть использована та же процедура, что и в «Послании Аресибо».

Музыкальная часть Послания включает 8 мелодий, предложенных теми же ребятами, которые составили эмблему Послания — Егором Киселевым и Владимиром Филипповым. При отборе произведений они руководствовались не личными симпатиями, а желанием рассказать с помощью музыки об эмоциях, чувствах, творческих способностях носителя разума на Земле.

По первоначальным наброскам в качестве позывных выбрана мелодия романса *Е. Шашина на стихи М. Ю. Лермонтова «Выхожу один я на дорогу»*, где содержатся такие замечательные слова: «...И звезда с звездою говорит», которые могут быть эпиграфом ко всему

проекту. Далее следует *Финал 9-й симфонии Людвиг Ван Бетховена на слова оды Шиллера «К радости»*. По мысли авторов в этом произведении раскрывается суть каждого человека и всего человечества, его гуманистические идеи и психология. Третий раздел музыкального послания — *Токатта и fuga ре минор Иоганна Себастьяна Баха*. Авторы так аргументируют свой выбор: «...вся картина представляет собой 8-минутный восход солнца, где широкие и певучие аккорды живо описывают нам туман и облака, а беглые пассажи — лучи солнца, пробивающиеся сквозь туман. Чем не пейзажное представление о нашей планете?» Еще одна пейзажная зарисовка: *Антонио Вивальди «Времена года. Март»*. *Allegro*. Помимо изображения природы, музыка несет в себе радостный весенний позитивный настрой земного человека. Затем следует *Этюд № 12 опус 10 «революционный» Фредерика Шопена*. Здесь слышится смятение, боль, злость и отчаяние от бессилия что-либо сделать; и в то же время поверх всей этой гаммы чувств — призыв к борьбе. Авторы считают, что это произведение достойно того, чтобы быть посланным, как «чистый пример человеческих эмоций, не отягощенных никакими образами». Остальные произведения пока в стадии обсуждения. Предполагается включить песню *Александра Дольского «Исполнение желаний»* и две детские песни. Первая *«Галактика орлят»*. *Музыка неизвестного автора на стихи Виктора Макарова*. В песне, родившейся в пионерском лагере «Орленок», говорится о дружбе высокоразвитых обитателей на нашей планете (людей и дельфинов) и о мечтах орлят, устремленных к звездам. Включение этой песни в Послание знаменует факт осуществления орлятской мечты. Вторая песня — *Владимир Ланцберг «Алые паруса»*. Здесь говорится об одном из самых прекрасных человеческих чувств — о любви, и еще о вере (не о суеверии, а о вере) в чудеса. Наконец, в музыкальную часть Послания ребята включили музыкальную интерпретацию энцефалограммы человеческого мозга, выполненную Егором Киселевым. Предусматривается, что сюда могут быть добавлены и другие мелодии по предложениям участников проекта.

Сейчас, когда пишутся эти строки (ноябрь 2000), Послание еще не завершено. Наверное, основные идеи его все же сохранятся и, быть может, будут найдены средства для его передачи в Космос⁹⁰.

⁹⁰ Передача послания состоялась в конце августа—начале сентября 2001 г. с помощью мощного передатчика, установленного на 70-метровой антенне П-2500 Национального центра управления и испытания космических средств Украины (бывший Центр дальней космической связи СССР). См.: *Гиндилис Л. М.* Сигнал отправлен: первое детское радиопослание внеземным цивилизациям // Земля и Вселенная. 2002. № 5. С. 82–96.

Идея использовать музыку и игры в обмене информацией между космическими цивилизациями принадлежит замечательному советскому астрофизику Викторию Фавловичу Шварцману. Он высказал ее в 1975 г. на Зеленчукской школе-семинаре СЕТИ, но опубликовать ее ему удалось много позднее (первая публикация относится к 1983 г., последующая — к 1986 г.⁹¹). Обосновывая целесообразность передачи игр, Шварцман отмечал, что правила игр имеют очень небольшую длину в битах, но они несут в себе гигантскую информацию о всех партиях, которые когда-либо были сыграны и которые, вообще, могут быть разыграны. Передавая правила игры, мы как бы сообщаем нашим партнерам ключ ко всем миллиардам партий, а дальше игра сама раскрывает свое богатство в процессе функционирования. Уже само устройство игр (скажем, число клеток шахматного поля порядка 10^2) позволяет сделать важные выводы о функционировании нашего мозга, а передача нескольких образцов партий, разыгранных между людьми, дает весьма тонкую информацию о том, что представляют собой современные люди. Особый интерес для суждения об особенностях человеческой психики представляют те игры, где наряду с логикой существенную роль играет случай (домино, преферанс и т. п.), или даже такие, где результат, вообще, от логики не зависит (лотерея, рулетка). «В играх, — пишет Шварцман, — находят отражение типичные методы мышления, склонности характеров, ценностные установки и т. п.»

Передача произведений искусства, и прежде всего музыки, позволяет сообщить важные сведения о самих себе. Так об устройстве человеческой психики наша музыка или поэзия могут поведать высокоразвитой цивилизации много больше, чем данные нейрофизиологии и нейропсихологии, считает Шварцман. При различии в уровнях цивилизаций важную роль играет многоплановость и многоуровневость произведений искусства. Научное сообщение, как правило, построено на иерархическом принципе. Пропуск той или иной части сообщения — вследствие технических помех или по каким-либо иным причинам, например, из-за лингвистического непонимания текста — затрудняет или даже полностью исключает возможность понимания большинства следующих частей. К произведениям искусства это не относится.

⁹¹ Шварцман В. Ф. Поиск внеземных цивилизаций — проблема астрофизики или культуры в целом / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 230–236.

Что касается технической стороны передачи музыки внеземным цивилизациям, то, по мнению А. Л. Зайцева⁹², наилучшим способом ее реализации является использование *терменвокса*. Этот уникальный музыкальный инструмент был изобретен замечательным ученым и инженером Львом Сергеевичем Терменом в 1918 г. Он представляет собой два идентичных автогенератора — опорный и управляемый плавными движениями руки исполнителя вблизи антенны. Разностная частота генераторов и есть рождаемая мелодия. Таким образом — это единственный в своем роде *бесконтактный* электромузыкальный инструмент. Терменвокс генерирует узкополосный квазисинусоидальный сигнал с гладкой частотной модуляцией без разрывов фазы при смене частот, что делает его оптимальным для обнаружения и выделения из шумов космоса. Для излучения в космическое пространство по радиоканалу сигнал терменвокса необходимо перенести вверх по частоте в сантиметровый диапазон.

Развивая идеи Шварцмана, Зайцев отмечает, что музыка более универсальна и доступна для понимания, чем обычные «логические» языки. Она передает эмоциональные состояния человека, и это есть очень ценная и нестареющая информация о землянах и о нашей цивилизации в целом, она уникальна, как уникально всякое творчество и заведомо неизвестна абоненту. Зайцев предложил подготовить Первый терменвокс-концерт и передать его в космос непосредственно или в записи из Аресибо или Евпатории. Не исключено, что в концерт (если он состоится) будут включены произведения из Детского послания внеземным цивилизациям.

1.15. Межзвездные перелеты

Это почти неподвижности мука —
Мчаться куда-то со скоростью звука,
Зная прекрасно, что есть уже где-то
Некто, летящий со скоростью света.

Л. Мартынов

В предыдущих параграфах, обсуждая различные возможности связи с внеземными цивилизациями, мы не касались проблемы межзвездных перелетов. Это самостоятельная научная проблема, ведь

⁹²Зайцев А.Л. Одномерное радиопослание «незрячим» абонентам // Информационный бюллетень SETI. 2001. № 17. С. 2–10.

путешествовать к звездам можно не только для установления контактов с ВЦ. Но, конечно, если такие путешествия возможны, они непременно будут использованы для целей SETI.

В начале XX века межпланетные перелеты казались полнейшей фантастикой и, если о них можно было думать, то как о чем-то, относящемся к очень далекому будущему. Тем не менее, уже с середины века межпланетные полеты автоматических аппаратов стали реальностью. И сейчас в «повестке дня» космонавтики поставлены *пилотируемые* полеты к другим планетам (прежде всего к Марсу). А сможем ли мы сделать следующий шаг — к звездам? Переход от межпланетных перелетов к межзвездным — это шаг гораздо более принципиальный, чем переход от авиации к космонавтике. Межпланетные перелеты осуществляются с помощью ракетной техники. Насколько применима она для межзвездных перелетов?

Чтобы вырваться из сферы земного тяготения, надо развить скорость 11,2 км/с, чтобы покинуть Солнечную систему, необходима скорость 42 км/с. Представим себе ракету, которая мчится со скоростью 50 км/с. Ей потребуется приблизительно 26 тыс. лет, чтобы достигнуть ближайшей к Солнцу звезды — Проксимы Центавра. А чтобы побывать в отдаленных областях Галактики, понадобятся миллионы лет. Можно ли увеличить скорость ракеты?

1.15.1. Формула Циолковского. Скорость V , достигаемая ракетой после выгорания части горючего, определяется *формулой Циолковского*:

$$V = S \ln \mu = 2,3 S \lg \mu.$$

Здесь S — скорость истечения рабочего тела, а μ — так называемое *массовое число*, т. е. отношение начальной массы ракеты к конечной (после выгорания горючего), $\ln$ — натуральный логарифм, $\lg$ — десятичный логарифм. При $\mu = 10$ $V = 2,3 S$. Так как μ входит в формулу под знаком логарифма, увеличивать V за счет увеличения μ крайне невыгодно. Действительно, чтобы скорость возросла всего в несколько раз, потребуется увеличить μ на несколько *порядков*. Следовательно, если мы хотим добиться более высокой скорости полета ракеты, **надо увеличить скорость истечения рабочего тела S** . Современные ракеты работают на химическом топливе, и для них S порядка нескольких км/с. Она ограничивается теплотворной способностью топлива и жаропрочностью материала двигателей. Более эффективны ракеты с *плазменными двигателями*, в котором роль рабочего тела выполняет пучок ионов, ускоряемых элек-

трическим полем. В будущем они, возможно, найдут применение в космонавтике. Если в качестве топлива служит атомное горючее (т. е. используется реактор, работающий за счет распада тяжелых ядер), то максимальная скорость выхода рабочего тела $S = 13\,000$ км/с (при стопроцентном к.п.д.). Тогда при $\mu = 10$ конечная скорость ракеты $V = 0,1$ с (одна десятая скорости света). И на путешествие к ближайшим звездам потребуется около 100 лет. Можно увеличить скорость истечения рабочего тела еще в несколько раз, если вместо атомного горючего использовать идеальное ядерное топливо, т. е. *управляемый* термоядерный реактор, работающий за счет реакции синтеза — превращения водорода в гелий. При 100 %-ном к.п.д. это горючее позволяет обеспечить скорость выхода рабочего тела $S = (1/8)$ с. В этом случае при $\mu = 10$ скорость $V \approx 0,3$ с. Полет к ближайшим звездам будет длиться десятки лет (что уже можно считать приемлемым), а путешествие к границам Галактики по-прежнему будет занимать сотни тысяч лет.

Увеличивая μ , мы можем еще ближе подойти к скорости света. Но здесь формула Циолковского уже не действует. Когда скорость ракеты становится сравнимой со скоростью света, вместо формулы Циолковского надо использовать другую, *релятивистскую* формулу:

$$\mu = \left(\frac{c + V}{c - V} \right)^{\frac{c}{2S}}.$$

Чем больше скорость выхода S , тем меньше показатель степени в этой формуле и тем меньше требуемое значение μ , т. е. тем выше эффективность двигателя. Максимальная эффективность достигается при $S = c$, т. е. **когда скорость истечения рабочего тела равна скорости света**. Ракета, для которой выполняется это условие, получила название *фотонной*.

1.15.2. Фотонный корабль. Фотонная ракета работает за счет реакции аннигиляции вещество–антивещество.

Продуктом ее является жесткое электромагнитное излучение (γ -кванты), поэтому скорость истечения рабочего тела равна c . Схематическое устройство фотонного корабля показано на рис. 1.15.1. При этом мы отвлекаемся от трудностей получения и хранения огром-

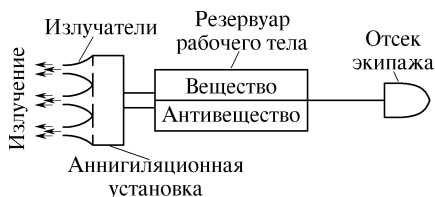


Рис. 1.15.1. Схема устройства фотонного корабля

ного количества антивещества: это проблемы конструкторов далекого будущего, с которыми, мы надеемся, они справятся (если сочтут необходимым создавать подобный корабль).

Рассмотрим кинематические характеристики фотонного корабля. Пусть ракета в течение некоторого времени t движется с ускорением a , после чего двигатель выключается. Если в момент остановки двигателя отношение начальной массы к конечной равно μ , то путь, пройденный ракетой в ускоренном полете, будет равен

$$X = \frac{c^2}{2a} (\mu + \mu^{-1} - 2).$$

В конце этого пути ракета разовьет скорость V , определяемую выражением

$$1 - \frac{V}{c} = \frac{2}{\mu^2 + 1} \approx \frac{2}{\mu^2}.$$

При этом длительность полета на активном участке траектории (пока работает двигатель) *по часам земного наблюдателя* будет равна

$$t = \frac{c}{2a} (\mu + \mu^{-1}).$$

Оговорка насчет часов земного наблюдателя неслучайна. Дело в том, что для космонавтов, движущихся с околосветовой скоростью, темп течения времени замедляется. Поэтому время ускоренного полета или длительность активного участка траектории в системе отсчета, связанной с движущимся кораблем, будет меньше, чем для земного наблюдателя. Оно выражается формулой

$$\tau = \frac{c}{a} \ln \mu.$$

Релятивистское сокращение времени к моменту остановки двигателя составит

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta t} = \frac{2}{\mu - \mu^{-1}} = \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{1/2}.$$

Для проведения численных расчетов удобно выражать время в годах, а расстояние в световых годах. Если при этом ускорение a выражено в $\text{м}/\text{с}^2$, то приведенные формулы принимают вид

$$X \approx \frac{5}{a} (\mu + \mu^{-1} - 2),$$

$$t \approx \frac{5}{a} (\mu + \mu^{-1}),$$

$$\tau \approx \frac{22}{a} \lg \mu.$$

Таблица 1.15.1

**Параметры межзвездного полета с постоянным
ускорением (замедлением) $a = 10 \text{ см/с}^2$**

Дальность полета, св. годы	Полное время полета туда и обратно, годы		Полное массовое число μ^4
	в системе неподвижного наблюдателя	в системе корабля	
8	20	9	10^4
10^2	200	18	10^8
10^3	2000	26	10^{12}
10^4	$2 \cdot 10^4$	35	10^{16}
10^5	$2 \cdot 10^5$	44	10^{20}
10^6	$2 \cdot 10^6$	52	10^{24}
10^7	$2 \cdot 10^7$	61	10^{28}
10^8	$2 \cdot 10^8$	70	10^{32}
10^9	$2 \cdot 10^9$	79	10^{36}
10^{10}	$2 \cdot 10^{10}$	88	10^{40}

Пользуясь этими формулами, читатель сможет самостоятельно проверить результаты приводимых ниже расчетов.

Чем дольше работает двигатель фотонного корабля, тем выше скорость, развиваемая им в конце активного участка траектории. Поэтому при заданной дальности полета минимальное время достигается тогда, когда корабль ускоряется до половины пути, а затем начинает тормозиться с тем же ускорением (замедлением), так что в конце пути его скорость равна нулю. На обратном пути все повторяется в том же порядке. Параметры такого полета приведены в таблице 1.15.1.

Последняя строка в этой таблице соответствует границам наблюдаемой Вселенной. Как видно, фотонный корабль может за время жизни одного поколения космонавтов ($\tau < 100$ лет) достичь практически любой, самой удаленной области Вселенной и вернуться обратно. Но какой ценой это достигается!

Пример 1. Пусть дальность полета составляет 1000 св. лет. Примем следующую схему полета (рис. 1.15.2). Корабль ускоряется в течение времени t , затем двигатель выключается и дальнейшее движение корабля

происходит по инерции со скоростью V , которая была достигнута в конце участка ускорения. Перед прибытием в пункт назначения включается тормозная установка, работающая с тем же ускорением (замедлением), которая гасит скорость корабля до нуля. Пусть ускорение на активном участке траектории $a = 10 \text{ м/с}^2$ (ускорение свободного падения на Зем-

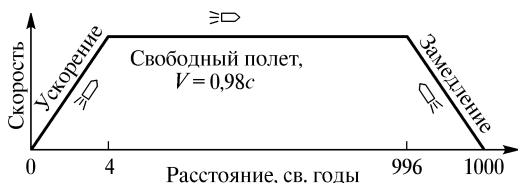


Рис. 1.15.2. Кинематическая схема полета космического корабля. Масштаб по осям не выдержан

ле). И пусть массовое число μ в конце участка ускорения равно 10. Тогда скорость после выключения двигателей будет составлять $V = 0,98c$; путь, пройденный кораблем в ускоренном полете, $X = 4$ св. года; такой же путь будет пройден при замедлении. Следовательно, длина пути, который корабль пройдет в свободном полете, составит $1000 - 2 \times 4 = 992$ св. года. Подсчитаем теперь время полета. По часам земного наблюдателя длительность ускоренного полета $t = 5$ лет, такова же длительность на участке торможения. Время свободного полета будет равно $992/0,98 = 1012$ лет. Полное время полета туда составит $5 + 1012 + 5 = 1022$ года, а время полета туда и обратно 2044 года. По часам космонавтов длительность ускоренного полета составит $\tau = 2,2$ года. При скорости $0,98c$ релятивистское сокращение времени $\Delta\tau/\Delta t = 0,2$. Следовательно, длительность свободного полета по часам космонавтов составит $0,2 \times 1012 \text{ лет} = 202$ года. Полное время полета туда будет равно $2,2 + 202 + 2,2 = 206,4$ года, а полет туда и обратно займет 413 лет. То есть в этом случае не удастся завершить полет за время жизни одного поколения звездоплывателей. Заметим, что если массовое число на участке ускорения равно μ , то и на участке торможения оно тоже равно μ . Значит, полное массовое число при полете туда будет равно μ^2 , а при полете туда и обратно μ^4 ; в нашем примере $\mu^4 = 10^4$, таково отношение начальной массы корабля к конечной после выгорания всего топлива.

Пусть теперь дальность полета R по-прежнему равна 1000 св. лет, и пусть корабль ускоряется до половины пути, а затем тормозится до прибытия в точку назначения. Ускорение $a = 10 \text{ м/с}^2$. Длина пути на участке ускорения $X = R/2 = 500$ св. лет. Следовательно, $\mu = 10^3$, $1 - V/c = 2 \cdot 10^{-6}$ (!). Длительность ускоренного полета по часам земного наблюдателя 500 лет, полная длительность полета туда 1000 лет, а туда и обратно 2000 лет. По часам космонавтов время ускоренного полета $2,2 \times 3 = 6,6$ лет, время замедленного полета тоже 6,6 лет, полное время полета туда 13 лет, а туда и обратно 26 лет. Значит, полет можно завершить при жизни одного поколения космонавтов. При этом в конце путешествия отношение начальной массы к конечной будет составлять $\mu^4 = 10^{12}$ (!)

И пусть массовое число μ в конце участка ускорения равно 10. Тогда скорость после выключения двигателей будет составлять $V = 0,98c$; путь, пройденный кораблем в ускоренном полете, $X = 4$ св. года; такой же путь будет пройден при замедлении. Следовательно, длина пути, который ко-

Итак, при дальности полета 1000 св. лет полное массовое число равно 10^{12} . Если полезная масса корабля составляет 100 тонн (что совсем немного для такого дальнего путешествия), то начальная масса должна равняться 10^{14} тонн, это намного превышает общее количество массы, которое перерабатывает современная человеческая цивилизация. При дальности полета, сравнимой с размерами Галактик (100 тыс. св. лет) начальная масса становится равной 10^{22} тонн, что превышает массу Земли. Если расстояние порядка 10^7 св. лет, что равно расстоянию до соседних галактик, то начальная масса будет превышать массу Солнца. Наконец, если мы хотим лететь к границам Вселенной, то потребуются начальная масса корабля, превышающая массу Галактики! При этом не следует забывать, что надо еще произвести соответствующее количество антивещества!! Цена оказывается непомерно велика. Вероятно, дальние межзвездные путешествия на расстояние, превышающее 1000 св. лет, с помощью фотонного корабля все-таки невозможны.

Об этом свидетельствуют и энергетические характеристики полета с околосветовыми скоростями. Для фотонной ракеты удельная мощность двигателя, т. е. мощность, приходящаяся на единицу начальной массы, равна

$$\frac{P}{m} = ca.$$

При ускорении g (ускорение свободного падения на Земле) удельная мощность составляет $3 \cdot 10^6$ Вт/г. Это фантастически большая величина! Такую удельную мощность имела бы крупная электростанция (типа Днепрогэса), если бы она весила 200–300 г. Постараемся представить, что это означает применительно к межзвездным путешествиям.

Пример 2. С. Хорнер приводит следующий поучительный пример. Пусть межзвездный корабль, полезная масса которого составляет 10 т, движется с ускорением g , вплоть до достижения скорости 0,98 c . Масса аннигиляционных установок и излучателей тоже равна 10 т. Как мы видели, для достижения скорости 0,98 c необходимо массовое число $\mu = 10$. Следовательно, начальная масса ракеты должна составлять 200 т. При этом полная мощность двигателей будет равна $6 \cdot 10^{14}$ Вт. Это приблизительно в 100 раз превышает современное энергопотребление по всему земному шару. Предположим, как это делает фон Хорнер, что каждая аннигиляционная установка имеет мощность 15 МВт (приблизительно такова мощность судового реактора), а каждый излучатель имеет мощность 100 кВт. Тогда потребуется 40 млн таких аннигиляционных установок и 6 млрд излучателей. И все эти 40 млн аннигиляционных установок и 6 млрд из-

лучателей должны весить всего 10 тонн! Только при этих условиях ракета может двигаться с ускорением g и спустя 2,2 года достичь скорости 0,98 c . Если же мы хотим на такой ракете совершить путешествие туда и обратно, то полное массовое число $\mu^4 = 10^4$. Начальная масса ракеты будет составлять $2 \cdot 10^5$ т, полная мощность $6 \cdot 10^{17}$ Вт, что в несколько раз превышает энергию, получаемую Землей от Солнца. В этом случае уже потребуется 40 млрд аннигиляционных установок мощностью 15 МВт каждая и 600 млрд излучателей мощностью 1 МВт. И все это по-прежнему должно весить 10 т.

При полете к удаленным областям Галактики, на расстояние порядка 10^5 св. лет, как можно видеть из табл. 1.15.1, полное массовое число должно равняться 10^{20} , при этом мощность двигателей весом 10 т должна превысить энергетический выход десяти миллионов Солнц!

Можно было бы сказать, что это трудности количественного порядка. Но они столь велики, что, как справедливо подчеркивает Шкловский, явно перерастают в *качественные*.

Помимо энергетических проблем существуют и другие трудности, с которыми сопряжен полет фотонного корабля. Одна из них связана со столкновением корабля с частицами межзвездной пыли. Несмотря на микроскопические размеры пылинок, столкновение даже с одной из них при околосветовой скорости корабля может иметь катастрофические последствия. А ведь корабль при полете к ближайшим звездам должен испытать 10^{10} столкновений на 1 кв. м поверхности лобового сечения. И здесь вряд ли поможет ионизация пылинок и отклонение их мощным магнитным полем, как предлагалось в некоторых проектах.

Наконец, существует еще одно важное обстоятельство, на которое обратил внимание Э. Парселл. Выше мы видели, какая гигантская мощность выделяется при полете фотонной ракеты. Но ведь это не «безобидный» поток энергии — это жесткое γ -излучение, губительное для жизни. И поток его направлен в сторону Солнечной системы. Так что возникает проблема защиты и не только экипажа, а Земли и даже всей Солнечной системы!

Все это указывает на то, что полеты с околосветовыми скоростями, которые требуются, чтобы космонавты могли за время своей жизни достигнуть любых самых удаленных уголков Вселенной и вернуться обратно, по-видимому, вряд ли возможны. «Вопреки мнению писателей фантастов, — пишет И. С. Шкловский, — межзвездные фотонные ракеты, движущиеся с релятивистской скоростью, вероятнее всего, никогда не будут построены». Означает ли это что межзвездные путешествия невозможны?

1.15.3. Путешествие без возвращения... Венгерский ученый Г. Маркс, чтобы обойти трудности, связанные с фотонной ракетой, предложил использовать давление лазерного луча для разгона межзвездного корабля. Основная проблема при таком способе путешествия состоит в том — *как вернуться обратно*. Вероятно, отправить корабль обратно (подобным же образом с помощью лазерного луча) могла бы другая цивилизация. Но тогда мы должны быть уверены, что она обитает и ждет нас в той точке, куда мы направляем свой полет. Кроме того, она должна обладать соответствующей техникой и должна согласиться применить ее для нашей отправки. По-видимому, без предварительного контакта по каналам связи вряд ли кто-либо решится на подобное путешествие. Но если даже «договоренность» достигнута, неизбежная временная задержка может радикальным образом изменить обстоятельства. Так что путешественникам лучше все же полагаться на свои силы.

Вернемся к путешествиям с нерелятивистскими скоростями. Физически они вполне возможны, например на ракетах с ядерным горючим. При таком полете отпадают все те трудности, о которых говорилось выше, но остается, конечно, проблема, связанная с длительностью полета. В настоящее время разработано несколько проектов полета к ближайшим звездам, реализация которых, в принципе, возможна уже в первой половине XXI века. Один из наиболее известных и глубоко проработанных — проект «Дедалус» Британского межпланетного общества. Другой проект, предусматривающий посылку беспилотного зонда к одной из ближайших звезд, предложен советскими учеными У. Н. Закировым и М. Я. Маровым в 1981 г. В проекте предусматривается использовать пятиступенчатую ракету с начальной массой 3000 т и полезной нагрузкой 450 кг. При этом одновременно запускаются две ракеты, одна из которых служит дозаправщиком. Она присоединяется к основной ракете после выхода за пределы Солнечной системы. Это позволяет развить скорость 0,4 с и достичь окрестностей ближайших звезд за время жизни одного поколения.

Таким образом, полет к ближайшим звездам, как будто, не представляет особых затруднений. Но для более дальних путешествий возникает проблема возвращения. Можно ли обеспечить путешествие с возвращением при полете с нерелятивистскими скоростями? Принципиально это возможно, если... подавляющую часть пути экипаж проведет в состоянии глубокого анабиоза. Еще один способ путешествия состоит в том, чтобы послать в межзвездный полет многочисленную колонию землян, потомки которых через много

поколений вернутся на Землю. Вероятно, межзвездный корабль в этом случае должен напоминать «маленькую планету». Если когда-то удастся решить все эти проблемы, все равно временной барьер будет оставаться непреодолимым препятствием. Ведь путешествие в пределах Галактики может занять сотни тысяч лет, а полеты к другим галактикам — миллионы лет. За это время человеческое общество может измениться неузнаваемо. Что же застанут космонавты, возвратившись из далекого путешествия? Общество чужое и непонятное, перед которым будут стоять уже совсем другие проблемы. А может быть, они никого не застанут...

Надо отметить, что подобная перспектива ожидает и путешественников на фотонной ракете (если она когда-нибудь все же будет создана!). Ведь время сокращается только для космонавтов. На Земле оно течет в прежнем темпе. Поэтому к моменту возвращения фотонного корабля на Земле пройдут тысячи или даже миллионы лет. Вероятно, именно, этот *морально-психологический фактор*, связанный с временным барьером, а не физические ограничения, исключает возможность дальних межзвездных перелетов с возвращением. Об этом очень образно написал Артур Кларк в своей книге «Черты будущего»:

«Когда вам случится выйти на улицу в летнюю ночь, посмотрите на небо. Почти прямо над головой у вас будет сиять самая яркая звезда северного полушария — Вега из созвездия Лиры. Она удалена на 26 световых лет. Для нас, недолговечных существ, это почти предел дальности космического путешествия, из которого мы еще можем возвратиться обратно. Но глубже за рубеж, отмеченный этим голубовато-белым маяком, сияющим в пятьдесят раз ярче нашего солнца, может быть, проникнет наш разум и наши тела — сердца человеческие туда посылать нельзя. Ибо ни один человек не сумеет, вернувшись из путешествия на Вегу, вновь обнять тех, кого он знал и любил на Земле».

Что же касается полетов без возвращения (например, «диффузия» цивилизаций в космическое пространство — рис. 5.3.1, п. 5.3.1), то такой процесс, во всяком случае, физически представляется вполне возможным. Встанет ли цивилизация на этот путь — это уже другой вопрос. Это, как справедливо заметил Дайсон, — проблема побуждений, движущих обществом, а не физическая проблема. Итак, перспективы межзвездных путешествий, мягко говоря, не очень оптимистичны. Но, может быть, мы еще просто мало знаем?

Писатели-фантасты легко справляются с проблемами межзвездных путешествий, полагая, что неизвестные нам свойства пространства-времени допускают почти мгновенное перемещение в простран-

стве на любые расстояния без существенной затраты энергии. В середине XX века эти идеи целиком относились к области фантастики. Но в последние десятилетия ими серьезно заинтересовались физики-теоретики. В ряде теоретических работ показана возможность существования особых топологических туннелей в пространстве, которые могут соединять любые сколь угодно удаленные области Метагалактики или даже мини-вселенные в Большой Вселенной (см. гл. 2) и через которые возможно движение вещества и излучения. Они получили название мосты Эйнштейна–Розена, горловины Шварцшильда, кротовые (или червячные) норы. Вероятно, эти структуры сохранились с момента образования нашей Вселенной. Горловины туннелей могут образовывать двойные системы, обращающиеся по круговым орбитам вокруг общего центра тяжести. Для внешнего наблюдателя такая система будет весьма сходной с двойной системой, состоящей из черной и белой дыры. Через аналог черной дыры возможен проход из одной части нашей Вселенной в другую ее часть или в другую Вселенную. Через аналог белой дыры возможен доступ к нам из отдаленных областей нашей Вселенной или из других вселенных⁹³. При путешествии через топологические туннели не существует временного барьера: путешествие совершается практически мгновенно. Казалось бы, это решает проблему межзвездных сообщений. Но, во-первых, не ясно, существуют ли топологические туннели? Законы физики допускают их существование, но есть ли они в действительности — это не известно. Во-вторых, топологические туннели соединяют особые точки во Вселенной. А как быть, если мы хотим долететь от одной звезды до другой, между которыми не прорыты «кротовые норы»? Проблема, таким образом, все же остается.

1.15.4. Есть ли надежда? Все трудности межзвездных перелетов, о которых говорилось выше, порождаются одним обстоятельством — существованием *предельной* скорости распространения физического взаимодействия. А это вытекает из теории относительности. Энтузиасты межзвездных путешествий легко справляются со всеми трудностями, полагая, что теория относительности неверна. Они надеются, что будущая физика опровергнет теорию относи-

⁹³ Кардашев Н.С. Скрытая масса и поиск внеземных цивилизаций. Препринт ФИАН № 65, Москва, 1999. *Он же*. Космология и проблемы SETI // Земля и Вселенная. 2002. № 4. С. 9–17.

тельности и откроет возможность межзвездных путешествий с любыми скоростями. Надо ясно отдавать себе отчет в том, что *в таком виде* эти надежды неосновательны. Дело в том, что, когда речь идет о фундаментальных теориях, то новая теория не отменяет старую, а лишь указывает *область ее применимости*, где она остается совершенно справедливой. Иначе не было бы никакой преемственности в развитии науки. Так, теория относительности не отменила механику Ньютона, а лишь установила границы ее применимости: механика Ньютона оказывается справедливой, когда скорости тел малы по сравнению со скоростью света. Более того, при этих условиях формулы теории относительности переходят в формулы механики Ньютона, которая, следовательно, является частным (а точнее, *предельным*) случаем теории относительности. Точно так же будущая новая, более общая теория, несомненно, откроет новые возможности, связанные с неизвестными нам формами материи и неизвестными законами природы. Но она не отменит теорию относительности, а включит ее как свой частный предельный случай. Следовательно, мы не можем в своем сегодняшнем теле, состоящем из обычной материи, путешествовать со скоростью больше скорости света. Вот если бы наше тело состояла из тахионов! Или если бы вдруг оно приобрело форму торсионных полей. Тогда другое дело. Но здесь мы выходим за границы признанного современной наукой. Значит, надо не бороться против теории относительности, а **искать новые возможности**.

Новые возможности станут следствием новых *неожиданных* открытий. Конечно, они потребуют коренного изменения наших представлений о Мире, прежде всего о свойствах времени и пространства. Бесполезно гадать, каковы будут эти открытия. Экстраполируя современные тенденции развития науки, можно предвидеть ее будущий характер на небольшой срок вперед. А дальше — неожиданные открытия перечеркнут все наши прогнозы. Вот почему «истинное будущее, — как справедливо замечает А. Кларк, — не поддается *логическому* предвидению».

1.16. Типы контактов и пути поиска внеземных цивилизаций

Подведем итоги главы 1. Теоретически мыслимы следующие типы контактов: 1) непосредственные контакты или взаимные посещения; 2) контакты по каналам связи; 3) контакты смешанного типа, т. е.

посылка автоматических устройств (зондов) в район обитания других цивилизаций, с которыми зонд устанавливает контакт по каналам связи; 4) поиски следов астроинженерной деятельности. Эти мыслимые типы контактов, с их разветвлениями, показаны на рис.1.16.1.

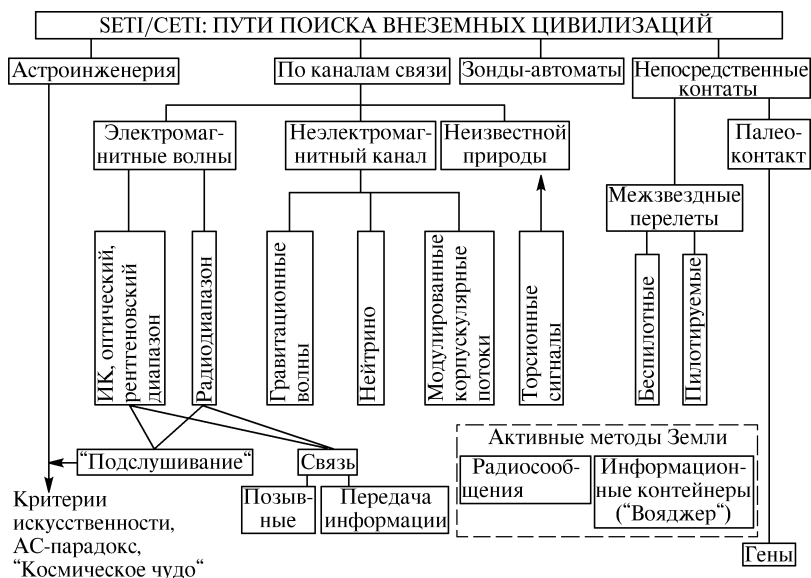


Рис. 1.16.1. Пути поиска внеземных цивилизаций

Что касается контактов по каналам связи, то здесь прежде всего следует отметить связь с помощью электромагнитных волн — единственный доступный нам в настоящее время тип связи. Он включает поиск сигналов в инфракрасном, оптическом и рентгеновском диапазонах, а также поиск радиосигналов. Помимо электромагнитных волн, возможно использование иных физических носителей сигнала (и соответственно организация различных неэлектромагнитных каналов): гравитационные волны, нейтрино и другие, рассмотренные нами в § 1.11, включая каналы неизвестной природы.

Как мы видели, начиная с 1950-х годов на первый план выдвинулось направление, связанное с поисками радиосигналов. Это вызвано как развитием технических средств связи в радиодиапазоне, появлением крупных радиотелескопов, развитием радиоастрономии, так и тем обстоятельством, что в радиодиапазоне реализуются оптималь-

ные условия передачи (и приема) сигналов на межзвездные расстояния. С самого начала в поисках радиосигналов наметились два направления: 1) попытка поймать сигналы, предназначенные для внутренних ВЦ («подслушивание»), и 2) поиск сигналов, специально предназначенных для установления связи. Последняя задача, в свою очередь, делится на две: поиск позывных и прием информативной передачи (космическое вещание). В обоих случаях стратегия поиска зависит от наших предположений о характере и уровне развития ВЦ. Здесь наметились два подхода и, соответственно, две стратегии поиска. Первый подход ориентируется на уровень ВЦ, близкий к уровню нашей земной цивилизации (энергетическая мощность $\sim 10^{12}$ Вт); второй — на поиск сверхцивилизаций, располагающих мощностями порядка 10^{26} – 10^{37} Вт, т. е. сравнимыми с энергетическим выходом звезд, галактик, квазаров. Принимая во внимание неопределенность наших знаний, было бы ошибочным канонизировать какое-то одно направление. Необходимо проводить самый широкий поиск, в рамках которого каждый разумно обоснованный проект заслуживает внимания и поддержки. В настоящее время в различных странах проведено больше 50 экспериментов по поиску сигналов ВЦ (см. § 1.9).

Возможности *двусторонней* радиосвязи между космическими цивилизациями ограничиваются гигантскими масштабами межзвездных расстояний. Мы редко задумываемся об истинных размерах окружающей нас Вселенной. «Если бы астрономы-профессионалы, — писал И. С. Шкловский, — постоянно и осязательно представляли себе чудовищную величину космических расстояний ... вряд ли они могли бы успешно развивать науку, которой посвятили свою жизнь»⁹⁴. Хотя радиоволны распространяются с максимально возможной для физического взаимодействия скоростью 300000 км/с (скорость света!), им требуется порядка десяти лет, чтобы достичь ближайших звезд и миллиарды лет, чтобы достичь границ наблюдаемой Вселенной. Таким образом, при межзвездном радиодialoge минимальная задержка между вопросом и ответом составляет десятки лет, для внутригалактической связи она может достигать сотен тысяч лет, а для межгалактической — миллиарды лет. Какую задержку можно считать приемлемой? Вероятно, она не должна превышать характерное время развития (или изменения) цивилизаций. Для нашей цивилизации вряд ли допустима задержка более 100 лет, следовательно, максимальный радиус двусторонней связи должен быть порядка 50 св. лет.

⁹⁴ Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1965. С. 15.

Представим себе, что мы хотим связаться по радио с ближайшей галактикой М31 (знаменитая Туманность Андромеды). Мы посылаем сигнал и... через 4 миллиона лет получаем ответ. Можно ли вести диалог в условиях такой временной задержки? Кого застанет ответ на посланный нами вопрос, будет ли он интересен нашим далеким потомкам, да и застанет ли он вообще кого-нибудь на Земле? Ясно, что если время распространения сигнала превышает время жизни цивилизаций (или длительность коммуникативной фазы), двусторонняя связь между ними невозможна. Поэтому, нравится ли нам это или нет, мы должны признать, что радиосвязь между цивилизациями, если исключить самых близких соседей, может быть только односторонней (космическое вещание). Мы уже касались этой проблемы в § 1.4. Отметим, что это справедливо и в отношении всех других каналов связи, основанных на иных физических носителях сигнала, для которых выполняются законы физики, в частности, ограничение на скорость распространения, которая не может превышать скорость света. Что касается каналов неизвестной природы, то для них могут действовать совершенно иные закономерности, для которых эти ограничения необязательны. Такая (чисто умозрительная) возможность, которую, однако, не следует сбрасывать со счета, открывает перспективу установления двусторонней связи (диалога) между космическими цивилизациями на любые расстояния во Вселенной. Однако — подчеркнем еще раз — к известным в настоящее время формам материи (физические поля и частицы), которые описываются четырьмя известными физическими взаимодействиями, указанная перспектива не относится.

При «подслушивании» сигналов вопрос о двусторонней связи не возникает. Речь идет только об *обнаружении* ВЦ по их радиоизлучению и, возможно, о приеме информации (если ее удастся расшифровать!). О каких сигналах можно говорить в этом случае? Часть сигналов, предназначенных для внутренних нужд данной цивилизации, может циркулировать по строго направленным каналам типа наших кабельных или радиорелейных линий. Такие сигналы недоступны для других цивилизаций, и ими можно не интересоваться. Но *если* какие-то из «внутренних» сигналов (подобно земному телевидению или радарам) излучаются в космическое пространство, они могут достигнуть зоны обитания другой цивилизации и, при определенных условиях, могут быть обнаружены. Это так называемый «сигнал утечки».

Для иллюстрации воспользуемся примером Ф. Дрейка, относящимся к 1971 г. В то время на обсерватории Аресибо в фокусе 300-метровой

антенны был установлен передатчик для радиолокации планет Солнечной системы, мощность которого составляла 10^6 Вт. Когда телескоп лоцирует планету, только небольшая часть его излучения перехватывается ее поверхностью, большая часть излучения проходит мимо, проникая далеко за пределы Солнечной системы. Если на пути радиолуча попадает какая-нибудь цивилизация и она случайно (или намеренно) направит свою антенну на Солнце, то импульсы, посылаемые с Земли, могут быть обнаружены. Если цивилизация располагает такой же 300-метровой антенной и такой же, как в Аресибо, приемной аппаратурой, то дальность обнаружения составит приблизительно 6000 св. лет. Это довольно большая величина, в сфере такого радиуса находятся сотни миллионов звезд. Если же увеличить мощность передатчика примерно на порядок, то дальность обнаружения будет уже сравнима с размерами Галактики.

Возможность обнаружения «сигналов утечки» от ближайших звезд была изучена А. В. Архиповым (Радиоастрономический институт Национальной АН Украины). Он рассмотрел сигналы типа земного телевидения, излучаемые в диапазоне 10^2 – 10^3 МГц и ограничился расстоянием 20 парсек (60 св. лет). Полагая, что полная мощность, которой располагает ВЦ, составляет $\sim 10^{25}$ Вт (цивилизация II типа по Кардашеву) и на радиоизлучение в «телевизионном» диапазоне она тратит такую же долю мощности, как и наша цивилизация на Земле, Архипов рассчитал, что на расстоянии 20 пк это излучение создает спектральную плотность потока порядка 1 Ян, что вполне доступно для обнаружения с помощью современных радиотелескопов. Где искать подобный источник и каковы его признаки? Архипов предположил, что «промышленная зона» ВЦ из экологических соображений удалена на расстояние 1000 а. е. от своей звезды. Тогда с расстояния 20 пк она будет наблюдаться на угловом удалении от звезды порядка 1 угловой минуты. Следовательно, такая «промышленная зона» должна наблюдаться в виде радиоисточника, находящегося вблизи солнцеподобных звезд на угловом расстоянии порядка 1 угловой минуты и излучающего в диапазоне 10^2 – 10^3 МГц, с плотностью потока порядка 1 Ян. Существуют ли такие источники? Архипов проанализировал каталог близких звезд (предельное расстояние 20 пк) и каталог радиоисточников на частоте 408 МГц в надежде отыскать радиоисточники, попадающие в заданную (1 угл. минута) окрестность звезд. Ему удалось выделить около десятка таких источников, причем 4 из них попали в заданную окрестность *солнцеподобных* звезд спектрального класса F 8–K0. По оценкам Архипова, вероятность случайного совпадения (случайной проекции) для этих звезд составляет весьма малую величину $2 \cdot 10^{-4}$. Подобные объекты представляют, конечно, интерес с точки зрения SETI.

А как выглядит «радиопортрет» Земли? Что могли бы наблюдать внеземные цивилизации, если бы они исследовали «сигнал утечки» нашей планеты? Чтобы ответить на этот вопрос, надо было бы «посмотреть» на Землю со стороны. Американские радиоастрономы У. Т. Салливан и С. Х. Ноулес, используя оригинальный метод, добились этого, не покидая поверхности земного шара. Они воспользовались Луной как рефлектором и исследовали отраженные от Луны радиосигналы Земли. На рис. 1.16.2 показан полученный ими спектр радиоизлучения Земли в одном из участков диапазона ультракоротких волн (УКВ), отведенных для телевидения. Поскольку теле-

визионные станции распределены неравномерно по поверхности земного шара, то вследствие вращения земли вокруг оси интенсивность радиоизлучения меняется со временем. Подобное закономерное изменение интенсивности для внеземных радиоисточников, в сочетании с линейчатым спектром, могло бы служить критерием искусственности, а анализ такой переменности позволяет определить период вращения планеты вокруг собственной оси. Любопытно, что в процессе этих исследований Салливан и Ноулес неожиданно обнаружили очень сильный импульсный сигнал на частоте 217 МГц, который, как выяснилось, принадлежал мощнейшему радару службы Космического надзора американского флота. Так, с помощью Луны, которая играет роль зеркала нашей технической цивилизации, можно определить, что могли бы наблюдать ВЦ, если бы они прослушивали нашу планету с целью обнаружения «сигнала утечки».

К поиску сигналов ВЦ близко примыкает направление, связанное с поисками следов астроинженерной деятельности. Особенно близко оно смыкается с «подслушиванием», так как в обоих случаях речь идет о попытках обнаружить цивилизацию по ее проявлениям, независимо от того, желает ли она заявить о своем существовании. Анализ этих направлений привел к постановке вопроса о критериях искусственности и к формулировке астросоциологического парадокса (мы рассмотрим его в гл. 6).

Контакт смешанного типа (зонды) уже рассматривался в § 1.1.3. Находясь в зоне обитания космической цивилизации, зонд может вступить в двусторонний контакт с нею и обмениваться информацией по каналам связи. Поскольку зонд действует в пределах опре-

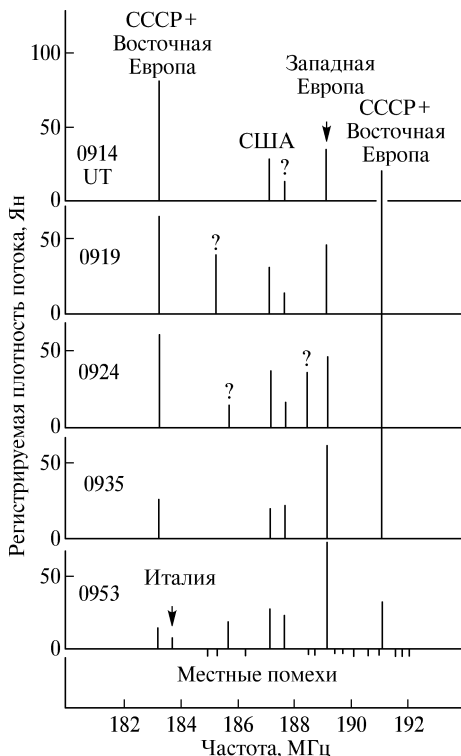


Рис. 1.16.2. Радиопрослушивание Земли. Спектр радиоизлучения наземных станций, полученный по исследованию радиоизлучения Земли, отраженного от Луны (У. Т. Салливан, С. Х. Ноулес, 1985). Приведены данные, относящиеся к различным моментам всемирного времени (УТ)

деленной программы, такой контакт лишь частично заменяет двусторонний контакт с пославшей его цивилизацией. Чем мощнее искусственный интеллект зонда, чем сложнее и пластичнее его программа, тем в меньшей мере сказываются эти ограничения. Но, конечно, такой контакт не может заменить взаимные посещения.

Возможность межзвездных перелетов обсуждалась нами в § 1.15. Коль скоро речь заходит о таких путешествиях, это неизбежно приводит к вопросу о посещении Земли в прошлом и настоящем представителями высокоразвитых внеземных цивилизаций. Применительно к прошлому — это проблема палеовизита; применительно к настоящему она связывается обычно с неопознанными летающими объектами НЛО. Обе проблемы сталкиваются со значительными трудностями из-за двух крайних тенденций. Одна из них состоит в не критическом отношении к фактам, в склонности к слишком поспешным и неосновательным выводам; представители другой точки зрения отрицают саму постановку проблемы и крайне негативно относятся к любым исследованиям в этих областях. На мой взгляд, обе тенденции одинаково вредны, им надо противопоставить подлинно научное изучение проблемы.

Мы перечислили (и частично рассмотрели в этой главе) основные типы контактов и пути поиска ВЦ, как они представляются в настоящее время. Вместе с тем, обращаясь к истории, мы видели, что представления о путях поиска внеземных цивилизаций существенно менялись со временем под влиянием таких факторов, как характер общественного сознания, парадигма, уровень развития науки и техники. Поэтому весьма вероятно, что наши современные взгляды также претерпят кардинальные изменения и, быть может, уже в недалеком будущем. Углубляясь в изучение проблемы, надо постоянно иметь в виду эту перспективу, такая позиция поможет нам избежать абсолютизации современных подходов и односторонних выводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каплан С.А. Элементарная радиоастрономия. — М.: Наука, 1966. С. 276.
2. Салливан У. Мы не одни. — М.: Мир, 1967. С. 384.
3. Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 324.
4. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум / Под ред. Н. С. Кардашева и В. И. Мороза. 6-е изд., доп. — М.: Наука, 1987. С. 320.

5. *Голдсмит Д., Оуэн Т.* Поиски жизни во Вселенной / Под ред. М. Я. Марова. — М.: Мир, 1965. С. 320.
6. Внеземные цивилизации. Труды совещания. — Бюракан 20–23 мая 1964 г. С. 152.
7. Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи / Под ред. С. А. Каплана. — М.: Наука, 1969. С. 438.
8. Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). — М.: Мир, 1975. С. 352.
9. Проблема поиска внеземных цивилизаций / Под ред. В. С. Троицкого и Н. С. Кардашева. — М.: Наука, 1981. С. 264.
10. Проблема поиска жизни во Вселенной / Труды Таллинского симпозиума: Под ред. В. А. Амбарцумяна, Н. С. Кардашева, В. С. Троицкого. — М.: Наука, 1986. С. 256.
11. *Гиндилис Л.М.* Космические цивилизации. — М.: Знание, 1973.
12. *Петрович Н.Т.* Кто вы? — М.: Молодая гвардия, 1974. С. 240.
13. *Петрович Н.Т.* Тайна внеземных цивилизаций. Спор оптимиста и пессимиста. — М.: Ягуар, 1999. С. 95.
14. *Мизун Ю.В., Мизун Ю.Г.* Разумная жизнь во Вселенной. — М.: Вече, 2000. С. 432.