

ПРОБЛЕМА ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

• НАУКА •



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ГОРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ПРОБЛЕМА ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1981

Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

В сборнике освещается современное состояние актуальных аспектов проблемы поиска и связи с внеземными цивилизациями. Здесь представлены наиболее интересные работы известных советских специалистов — физиков, астрофизиков, радиоастрономов, лингвистов и т. д., излагающих новые идеи по обнаружению внеземных цивилизаций и установлению связи с ними.

Сборник рассчитан на читателей, интересующихся этими вопросами.

Ответственные редакторы

чл.-кор. АН СССР В. С. ТРОИЦКИЙ,
чл.-кор. АН СССР Н. С. КАРДАШЕВ

Редакторы-составители

д-р физ.-мат. наук С. А. КАПЛАН,
канд. физ.-мат. наук Г. Л. СУЧКИН

Научный Совет по комплексной проблеме «Радиоастрономия» и его комиссия по поиску внеземных цивилизаций совместно со Специальной астрофизической обсерваторией (САО АН СССР) провели в 1975 г. в станице Зеленчукской школу-семинар по проблеме СЕТИ (Communication with Extraterrestrial Intelligence).

Работа школы-семинара проходила в САО АН СССР в конференц-зале башни шестиметрового телескопа. На семинаре были заслушаны как обзорные лекции, так и сообщения о некоторых новых исследованиях по проблеме СЕТИ. Последний день был посвящен общей дискуссии по всем затронутым в лекциях и докладах вопросам.

Семинар привлек внимание астрофизиков, радиофизиков, специалистов по космической технике, биологии, кибернетике, лингвистике, изучению древних культур и др. В отличие от предыдущих конференций по проблеме СЕТИ на школе-семинаре-75 несколько больше внимания уделялось гуманитарным аспектам этой проблемы.

В работе школы-семинара-75 принимали участие 25 иностранных участников (почти все они выступали с докладами либо принимали участие в дискуссиях) и около 30 сотрудников САО.

Созывом и работой семинара руководил оргкомитет в составе В. С. Троицкого (председатель), Л. М. Гиндилиса, Н. С. Кардашева, И. М. Копылова, Н. Х. Мартиросян, В. Ф. Шварцмана. Успешное проведение школы-семинара в САО было обеспечено местным оргкомитетом в составе Ю. В. Глаголевского (председатель), Н. Ф. Дебур, В. Ф. Шварцмана.

Труды школы-семинара-75 предполагалось опубликовать в 1978 г. Большая предварительная работа в этом направлении была проделана д-ром физ.-мат. наук С. А. Капланом и участниками встречи. Однако трагическая гибель редактора-составителя С. А. Каплана, так много сделавшего для пропаганды проблемы СЕТИ, помешала осуществить это намерение вовремя.

Вместе с тем стало очевидным, что трехгодичный интервал между обсуждением и публикацией материалов таких, как представленные на Зеленчукской школе-семинаре-75, оказался слишком велик.

Часть докладов (например, И. С. Шкловского, Н. С. Кардашева, И. М. Крейн и др.), впервые обнародованных их авторами именно в САО АН СССР, оказались полностью или частично опубликованы.

В. С. Троицкий

РАЗВИТИЕ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ И ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

ликованными в других, в том числе периодических, изданиях. Другая часть либо послужила толчком для развертывания новых направлений исследования, либо легла в основу серии последующих работ. Поэтому представлялось разумным дать всем авторам настоящего сборника возможность довести содержание своих статей до уровня 1979 г. и учесть в них результаты и соображения, возникшие после 1975 г.

На симпозиуме обсуждались гипотезы космических палеоконтактов (М. М. Агрест, И. С. Лисевич). Большинство историков и лингвистов не относятся серьезно к подобному предположению. Однако посещение Земли в прошлом не может быть исключено какими-либо известными научными соображениями. Исследования в данной области представляют определенный интерес.

Мы сочли целесообразным включить в сборник работу И. С. Лисевича как конкретное исследование, основанное на изучении древнекитайских текстов. Аналогичные исследования, например по мифологии племени догонов в Африке, были опубликованы во многих научных изданиях за рубежом.

Дискуссии во время работы школы-семинара-75 явились исходным толчком для ряда новых идей. Так, были предложены некоторые новые способы уменьшения неопределенности в выборе частоты, направления и начала поиска сигналов. Соответствующие работы также представлены в настоящем издании.

Редакторы сборника стремились по возможности охватить весь круг идей, обсуждавшихся на заседаниях школы-семинара-75. Проблема SETI настолько грандиозна по своей сути, что требует нетривиального подхода и смелых идей. Именно в ней предстоит применить весь человеческий опыт и знания.

За последние годы наряду с термином SETI довольно часто употребляется термин SETI (Search of Extraterrestrial Intelligence), когда необходимо подчеркнуть, что речь идет именно о поиске (Search) внеземных цивилизаций. Этому вопросу посвящены полемизирующие с выводами И. С. Шкловского (см.: Вопросы философии, 1976, № 9, с. 80) по вопросу о единственности земной цивилизации работы П. В. Маковецкого, Н. Т. Петровича и В. С. Троицкого «Проблема внеземных цивилизаций — проблема поиска» и Н. С. Кардашева «Стратегия и будущие проекты SETI».

В основном предлагаемый вниманию читателей сборник сохранил все основные замыслы его редактора-составителя, известного астрофизика С. А. Каплана, и в этом смысле он является мемориальным. Все изменения и дополнения возникли только лишь за счет стремления авторов и редакторов модернизировать его содержание, более ярко оттенить роль Зеленчукской школы-семинара-75 в дальнейшем развитии проблемы SETI.

член-корреспондент АН СССР В. С. Троицкий
член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев

Рассмотрение закономерностей и характера развития внеземных цивилизаций в литературе основывается на постулате о неограниченной экспансии разума во Вселенной. Сущность постулата заключается в утверждении неизбежности постоянного прогресса цивилизации, которому в принципе нет предела. Этот прогресс в основном рассматривается как неограниченный рост численности населения, пространства обитания и энергопотребления. В частности, Н. С. Кардашев берет величину энергопотребления в качестве главной характеристики уровня цивилизации. Отсюда возникла предложенная им классификация внеземных цивилизаций (ВЦ) по производству энергии.

Цивилизация первого типа (ВЦI) подобна нашей, занимает планету и владеет энергией планетарного масштаба.

Цивилизация второго типа (ВЦII) использует энергию порядка полной энергии своей звезды и занимает некоторое пространство вокруг нее.

Цивилизация третьего типа (ВЦIII) занимает звезды своей Галактики и владеет ее полной энергией.

Общепризнано, что неизбежность постоянного развития возникшего разума и цивилизации является наиболее общей закономерностью развития этой формы движения материи. Однако характеризовать развитие цивилизации только энергопотреблением, численностью или пространством обитания нам представляется совершенно недостаточным. Эти характеристики не отражают в полной мере сущности цивилизации и ее прогресса.

Владение энергией, несомненно, важный признак развитости, но он не является полным, так как, не учитывая качества энергии, допускает неоднозначность оценки состояния цивилизации. В самом деле, одно и то же количество энергии до известного предела может составляться из качественно разных источников, например химической или термоядерной энергии, соответствующих разным научно-техническим уровням цивилизации. Однако очевидно, что владение большой энергией, например порядка своей звезды, неизбежно исключает химическую, как недостаточно эффективную. При использовании энергии любого вида важной характеристикой уровня цивилизации должна быть величина достигаемой объемной плотности энергии.

Рассмотрение стадий развития цивилизации должно прежде всего опираться на определение понятия цивилизации.

В настоящей работе делается попытка сформулировать общее

определение понятия внеземной цивилизации, на основании которого выявить основные предельные характеристики внеземных цивилизаций, допускаемые законами физики, и рассмотреть возможные пути и стадии развития внеземных цивилизаций.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОНЯТИЯ «ВНЕЗЕМНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ»

При рассмотрении этого вопроса мы будем исходить из антропоморфных представлений, т. е. считать, что на других планетах жизнь образуется на белковой основе и разум возник путем эволюции, а цивилизация, подобно нашей, носит технологический характер и состоит из сообществ особей, обладающих разумом.

Таким образом, всякое определение понятия цивилизации должно основываться прежде всего на определении понятий жизни и разума. Более или менее законченных общепринятых определений этих понятий в настоящее время еще нет. Общеизвестно, что живое характеризуется обменом веществ и энергии, а также способностью к самовоспроизведению. Это достаточно общие существенные характеристики живого, не содержащие гипотез о конкретных физических процессах, лежащих в их основе.

Некоторые авторы [1,2], однако, отдают предпочтение характеристике живого, данной А. А. Ляпуновым, основывая на ней определение понятия жизни. Жизнь характеризуется как «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул». В этом определении подчеркивается другая важная характеристика живого — создание и хранение информации о внутренней и внешней среде и использование ее для выработки реакций, направленных на сохранение и поддержание всех характеристик живой системы. Здесь же указывается и на конкретный механизм кодирования.

По нашему мнению, не следует при определении понятия жизни противопоставлять отдельные характеристики друг другу, пытаясь на одной из них построить определение живого. Невозможность строить определение жизни только на информационной характеристике видна из того, что по этому определению даже простые автоматы могут попасть в разряд живого вещества. Определение живого нельзя сводить ни к информации, ни к обмену веществ в отдельности.

По-видимому, самую основную характеристику, объединяющую все признаки, мы еще не знаем. Поэтому постараемся сформулировать определение, включающее указанные наиболее важные характеристики. Но прежде вернемся к информационной определению жизни. Как нетрудно видеть, оно фиксирует внимание только на использовании информации. Однако прежде всего информация должна быть получена либо из частей самого живого организма, либо от внешней среды через соответствующие рецепторы. Полученная таким образом информация перерабатывается

и в новом виде передается на исполнительные органы и т. д., т. е. в организме осуществляется обратная связь, идет *обмен информацией*. Жизнедеятельность организма характеризуется интенсивным обменом информацией. Например, для поддержания устойчивого состояния параметров живой системы информация, идущая от отдельных частей живого, перерабатывается в некотором центре в управляющую информацию, передаваемую в системы, которые восстанавливают нарушенное постоянство параметров живой системы. Так работает вегетативная нервная система человека и животных.

В Размножение клетки с передачей генетического кода также есть передача информации на молекулярном уровне.

Вместе с обменом информацией внутри живого организма имеет место получение и переработка информации от внешней среды. Здесь, казалось бы, нет обмена информацией, идет односторонний ее поток. Однако это не так: живое вещество, как правило, воздействует на прилегающую среду. Это воздействие тоже своеобразная информация, выдаваемая вовне. Подробнее об этом будет сказано ниже.

Таким образом, мы можем теперь сказать, что *жизнь — это высокоорганизованное самовоспроизводящееся состояние материи, поддерживаемое обменом с внешней средой вещества, энергии и информации, кодируемой состоянием молекул*.

В этом кратком определении заключено все сказанное выше о роли информации, которая создается за счет влияния внутренней и внешней среды и используется для выработки сохраняющих реакций, т. е., иначе говоря, для обеспечения постоянства и неизменности в среднем высокоустойчивого состояния материи путем обмена веществ и энергии внутри и с внешней средой. Это определение включает также и размножение как передачу информации. Слово «высокоорганизованное» подчеркивает сложную структуру и сложное многообразие процессов в живом.

Перейдем теперь к обсуждению определения разума.

Развитие жизни на нашей планете от низших к высшим ее формам хорошо объясняется теорией мутаций и дарвиновской теорией естественного отбора, в результате которого выживают наиболее адаптированные к внешним условиям живые организмы. Таким образом, совершенствование живых организмов сопровождается прогрессирующей их адаптацией к среде и определенному поведению путем выработки сохраняющих реакций.

Разум, как считает американский антрополог Ли [3], тоже можно рассматривать как адаптацию, но к более сложному поведению, чем это было необходимо по отношению к природе. Областью более сложного поведения является сфера отношений особей в их сообществе. Появление орудий труда, коллективная борьба за условия жизни, наконец, разделение труда (сначала на основе пола и возраста) потребовали еще более высокого уровня общения, уровня адаптации. Возникла необходимость обмена информацией, передачи ее от одной особи к другим.

Новые, более сложные общественные отношения, связанные с прогрессирующим развитием производительных сил — орудий и характера труда, вызвали появление языка, который рассматривается как проявление разума.

Таким образом, разум является социальной категорией, возникающей в сообществе живых существ, и формируется в процессе труда и общественных отношений. Но разум — индивидуальное свойство субъекта, общество субъектов образует коллективный социальный разум, выступающий уже как некоторая абстракция, аналогичная соотношению понятий «человек» и «человечество». Поэтому следует разграничить субъектный, или индивидуальный, разум и понятие разума вообще. Таким образом, понятия «разум», «цивилизация» тесно связаны, поэтому часто при их определении не делают разграничений. Нам представляется, что все же эти понятия имеют различия в содержании, хотя понятие разума, несомненно, входит в понятие цивилизации. В силу сказанного мы раздельно рассматриваем эти определения.

Заслуживает внимания характеристика разума как нового уровня адаптации живого для выработки сохраняющих реакций, которая вытекает из приведенных выше рассуждений. Более глубокую характеристику разума можно извлечь из определения цивилизации, данного Э. С. Маркаряном [3], как системы не просто пассивно приспосабливающейся к внешним условиям, но меняющей внешнюю среду, приспосабливающей ее для сохранения жизни. Отсюда можно сказать, что разум — это функция живой материи, делающая ее активно адаптирующейся системой. Качественно другую сторону разума отмечает Ли, говоря, что «разум — это усовершенствованное общение, передача более сложной информации от одного индивидуума к другому». Существенной характеристикой разума являются способность к абстракции и память. Несколько более четкое определение разума и цивилизации без разделения этих понятий дается Н. С. Кардашевым (см. статью в наст. сб.) на основании некоторого перефразирования определения живого, данного Ляпуновым: «Цивилизация — высокоустойчивое состояние вещества, способного собирать, абстрактно анализировать и использовать информацию для получения качественно новой информации об окружающем и самом себе для самосовершенствования возможностей получения новой информации и для выработки сохраняющих реакций. . . цивилизация определяется объемом накопленной информации, программой функционирования и производством для реализации этих функций».

Мы видим из приведенных выражений, что разум определяется через сумму функций живой материи. Наиболее общей функцией выдвигается выработка действий, рефлексов, направленных на сохранение жизни. Все это, видимо, довольно хорошо отражает целевую сторону разума по отношению к живому, но не является исчерпывающей характеристикой.

Действительно, нам представляется, что сущность разума лучше характеризуется способностью к обмену информацией с

внешней средой. Не просто способность «собирать, накапливать и абстрактно анализировать информацию и использовать ее для сохраняющих реакций», под которыми понимается нечто пассивное, а обмениваться ею с внешней средой. На первый взгляд это кажется странным: как можно обмениваться информацией с неживой материей? Что под этим нужно понимать?

Обмен информацией с внешней средой понимается в том смысле, что, получая сигналы от внешней среды непосредственно через рецепторы (органы чувств) или через посредство техники, живая материя анализирует, обобщает информацию, делает выводы и соответственно этому воздействует на среду, что и является передачей информации среде. Это по сути обычный процесс труда или в более сложных случаях целенаправленный эксперимент. Обмен информацией с внешней средой приводит к созданию внебиологического способа хранения и передачи информации (запись, речь), возникновение науки, техники, производительных сил и производственных отношений создает основу прогресса живой разумной материи. С этой точки зрения все созданное человеком во внешнем мире является зафиксированным результатом обратного потока информации от субъекта к объекту или, иначе говоря, материализованной информацией.

При обмене информацией с внешней средой вырабатываются понятия, составляющие основу познания, основу информации. В этих понятиях отражается материальный мир, т. е. внешняя среда. Выражаясь современными философскими категориями, внешняя среда и информация о ней кодируются понятиями. Обмен информацией с внешней средой, ее потоки прямо от объекта к субъекту и обратно от субъекта к объекту проходят сначала прямое кодирование, а затем по соответствующему коду, но в обратном порядке в виде воздействия на среду. Обмен информацией между особями идет как обмен понятиями без их материализации, как в случае обмена со средой. Мы видим, что нет непреодолимой разницы в прямом и обратном течении информации. Разница только в ее хранении в одном случае в виде материализованных понятий, т. е. самих продуктов деятельности, в другом — в виде понятий, хранящихся в памяти живой материи или памяти, искусственно созданной, — в виде письменности. Итак, мы полагаем, что информация о внешнем мире (отражение мира), т. е. в конечном счете внешний мир, кодируется понятиями.

Таким образом, *разум — это средство взаимодействия со средой, а не только между разумными особями.*

Любопытно, что там, где обмен в буквальном смысле не осуществляется (например, в астрофизике), наши знания оказываются далеко не полными.

Итак, мы можем записать, что *разум — это способность живой материи к обмену информацией с внешней средой, кодируемой понятиями.* Здесь под внешней средой понимаются также и сами разумные существа и подчеркивается, что информация и сама внешняя среда кодируются в сознании понятиями.

Согласно сказанному выше об обмене информацией со средой приведенное определение разума с неизбежностью связывает его с трудом, технологией, социальной средой, со всем арсеналом настоящих и будущих средств приспособления к среде и среды для сохранения и развития жизни.

Понятия обмена информации в случаях определения жизни и разума имеют различающиеся содержания. В случае определения понятия «жизнь», «живое» имеется в виду указание минимально необходимых свойств, самых главных для отличия живого от неживого. Поэтому в понятие обмена информацией внутри себя и с внешней средой для этого уровня входят лишь необходимые элементы информации вегетативного характера. Информация внешняя и внутренняя в живом кодируется состоянием молекул и передается окружающей среде для ее лучшего приспособления к себе также состоянием того или иного вещества (концентрация, структура и т. д.). На этой стадии обмен с внешней средой был преимущественно в сторону воздействия среды на живое, а обратный поток от живого к среде играл, видимо, меньшее значение.

В случае определения понятия «разумная жизнь» под обменом информацией понимается более высокий уровень обмена, а именно обмена в том числе абстрактной информацией, кодируемой понятиями. Как видно, историческое развитие обмена информацией неуклонно шло к обмену на уровне понятий, к увеличению роли передачи информации в среду с целью все большего приспособления среды к требованиям развития разума.

Теперь мы перейдем к определению понятия цивилизации. Прежде всего цивилизация — это организованная, самоуправляемая общность большого числа разумных существ. Для цивилизации характерен интенсивный обмен (внутри нее и со средой) массой, энергией и информацией, кодируемой понятиями. Обмен информацией со средой, как мы видим, означает труд, технику, науку, материальное производство. Говоря о роли труда, К. Маркс пишет: «Труд, как целесообразная деятельность, направленная на освоение элементов природы в той или иной форме, составляет естественное условие человеческого существования, условие обмена веществ между человеком и природой, независимое от каких бы то ни было социальных форм» [4].

Основная тенденция всякой жизни и живой материи — это самоподдержание жизни, борьба за жизнь, за выживание, за расширение жизни. То же самое характерно и для цивилизации как эффективного средства борьбы за жизнь разумных существ, за жизнь разума. Это по существу выражение мировой необходимости саморазвития материи, ее социальной формы.

Важной характеристикой технической цивилизации является постоянный прогресс, выражающийся в накоплении знаний и совершенствовании орудий взаимодействия с природой с целью создания все новых условий жизни и поддержания развития. Этот тезис часто формулируется как стремление разума к неограниченной экспансии.

Цивилизация — это определенная ступень организации разумной жизни, по существу новый живой организм, состоящий из множества особей, образующих социальную форму движения материи, социальный разум.

Таким образом, сжато можно сказать, что *цивилизация — это общность разумных существ, использующих обмен информации, энергии и массы для выработки действий и средств, поддерживающих свою жизнь и прогрессивное развитие.*

В этом определении, как нам представляется, заключены основные характеристики цивилизации, а именно ее дискретный состав и разумность существ, проявляющаяся, как определено выше, в способности к обмену информацией со средой, т. е. в способности к научному познанию природы и производству, к постоянному и непрерывному прогрессу. Цивилизация характеризуется обменом вещества и энергии с внешней средой и внутри себя. Это вполне аналогично обмену в единичном живом организме, но в отличие от него этот обмен внутри цивилизации определяется не биохимическими закономерностями, а закономерностями социальными, характером производительных сил и производственных отношений. Необходимость обмена информацией внутри цивилизации между ее индивидуумами очевидна, она не менее, а, может быть, и более существенна, чем обмен энергией и массой. Но самое существенное — это общий обмен информацией, вырабатываемой всей цивилизацией, с внешней средой. Как мы видели, это порождается трудом, экспериментом, научной и технической или, иначе, производительной силой цивилизации. В результате формируется социальный разум. Наконец, определение говорит, что это все направлено на адаптацию к среде, на создание условий жизни и развития индивидуумов и системы в целом, т. е. направлено к новым формам самоорганизации живой материи, к новым ступеням развития цивилизации.

Принятое нами определение цивилизации позволяет вести анализ физических условий развития космических цивилизаций, поскольку основные характеристики могут быть выражены количественно. Однако несомненно, что законы развития цивилизации определяются не только законами физики, но и социально-экономическими закономерностями, и в этом основная трудность их анализа. Физические условия развития цивилизации выступают как рамки, в которых цивилизация может развиваться и за которые она не может выйти, не впадая в противоречие с законами физики. Как раз эти закономерности ограничительных условий развития цивилизаций мы и хотим выяснить в дальнейшем.

ОБ ОСНОВНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Будем считать, что ВЦ могут располагаться не только на подходящих планетах, но в принципе и на искусственных сооружениях в космосе около своей звезды.

Мы попытаемся здесь, придерживаясь данного выше определения цивилизации, выявить наиболее общие количественные характеристики ВЦ и определить возможные границы их изменений в процессе развития во времени. Нам представляется, что это является единственным путем определения стадий развития цивилизации и, следовательно, введения их научной классификации.

Основными количественными характеристиками цивилизации являются: величина пространства заселения, общая численность населения, его поверхностная и объемная плотность, общая потребляемая энергия, объемная и поверхностная плотность потребляемой энергии, энергия на одного потребителя, объем информации о внешнем мире и о себе, объем социальной информации, количество информации на одного потребителя, объем транспорта масс и энергии общий и на одного потребителя и, наконец, время жизни цивилизации и среднее время жизни особи. Важной характеристикой также является скорость изменения указанных параметров. Все приведенные характеристики могут быть выражены количественно, и некоторые из них, как мы покажем, имеют определенный предел.

Наименее определенным, очевидно, является время жизни цивилизации. Мы будем считать его достаточно большим, практически неограниченным, что не противоречит никаким известным законам.

Наиболее очевидным является вопрос о предельной плотности населения, которую мы будем определять числом особей на квадратный километр поверхности планеты или обратной ей величиной — жизненной площадью на одну особь. Очевидно, что жизненная площадь не может быть меньше геометрического предела, определяемого размерами особи. Однако реально жизненное пространство должно быть существенно больше, оно определяется биологическими законами и социальными условиями существования цивилизации. Таким образом, рост численности цивилизации, занимающей планету, может идти до известной границы, пока плотность не достигнет своего допустимого предела. Дальнейший рост численности цивилизации должен осуществляться за счет роста ее площади обитания. Конечно, минимальная величина жизненного пространства на одну особь в различных ВЦ может быть различной в зависимости от целого ряда природных и биологических особенностей, однако предел неизбежно существует.

Мы будем рассматривать поверхностную плотность, так как расположение населения в высоту, как в городах, не спасает положения из-за необходимости сохранения привычной среды обитания.

Для земной цивилизации при численности населения в 25 миллиардов человек средняя плотность, рассчитанная на всю поверхность земного шара, включая океаны и полярные континенты, будет $n_{\max} \approx 60$ чел./км², или жизненное пространство около 20 000 м² на человека, что эквивалентно участку всего 140 × 140 м.

Не утверждая, что именно это является предельной плотностью для Земли, мы будем принимать ее чисто условно в дальнейших расчетах для внеземных цивилизаций на планетах.

Рассмотрим теперь очень важный вопрос о производстве цивилизацией энергии. Всякое производство энергии является трансформацией одной ее формы в другую. Чем больше развита цивилизация, тем больше форм энергии используется ею.

Основными видами энергии, которые могут использовать цивилизации, являются: тепловая, химическая, ядерная, электромагнитная, кинетическая, потенциально гравитационная. Под последней имеется в виду, в частности, использование энергии рек, морских приливов и т. п., преобразуемых обычно в электроэнергию в сети гидростанций. Жизнедеятельность нашей цивилизации основывается в настоящее время на использовании главным образом химической энергии (нефть, газ, уголь) и частично гравитационной почти исключительно в виде энергии рек.

Производимая цивилизацией энергия идет на поддержание ее жизнедеятельности, т. е. на бытовые, промышленные, транспортные и другие нужды. Часть энергии может использоваться для посылок сигналов другим цивилизациям.

Необходимо различать два вида производства энергии. Один вид — это производство или потребление энергии внутри среды обитания, а другой — вне ее. Соответственно этому будем называть первую энергией внутреннего потребления, а вторую — энергией внешнего потребления. Их отличие состоит в том, что в первом случае все виды производимой энергии рассеиваются в конечном счете в среде обитания, переходя в тепловую энергию. Во втором виде вся энергия рассеивается в мировом (конкретно в межпланетном) пространстве, минуя среду обитания. Энергия внешнего потребления — это энергия космического транспорта, сигналов ВЦ и т. п.

Энергия рассеивания в среде обитания неизбежно ведет к нагреву среды. Это ставит предел выработки энергии в данной среде, например на планете. Таким образом, рост производства общей энергии должен сопровождаться неукоснительным поддержанием неизменности рассеиваемой в среде обитания энергии на допустимой норме.

Рассмотрим этот вопрос для конкретности в случае естественно сложившейся среды обитания, т. е. на поверхности соответствующей планеты, хотя, конечно, этот расчет действителен и для искусственной среды. Температура поверхности вращающейся планеты будет определяться радиацией звезды и рассеиваемой в ней энергией внутреннего потребления согласно известному закону

$$\frac{1}{4}\alpha S_0 + S = \sigma T^4, \quad (1)$$

где σ — постоянная Стефана—Больцмана, S_0 — средняя плотность потока энергии около планеты от звезды, S — плотность энергии внутреннего потребления, α — среднее альбедо планеты. Если $S_0 \gg S$, то имеет место некоторая естественная температура

среды обитания T_0 , характерная для данной мощности потока энергии от своей звезды, определяемая выражением

$$1/4\alpha S_0 = \sigma T_0^4. \quad (2)$$

Отношение двух равенств приводит к удобному для дальнейших рассуждений выражению

$$1 + 4S/\alpha S_0 = (T/T_0)^4. \quad (3)$$

Будем полагать, что $4S/\alpha S_0 \ll 1$, тогда

$$T = T_0(1 + S/\alpha S_0). \quad (4)$$

Предельное значение плотности рассеянной мощности определяется предельно допустимым повышением температуры среды обитания. Для цивилизации, возникшей путем эволюции на своей планете, это должно быть небольшой величиной, которая не может вызывать заметных изменений. По-видимому, увеличение температуры всего лишь на один процент, т. е. для Земли на 3 К, совершенно недопустимо. Для определенности расчетов мы примем предел, чтобы плотность рассеянной энергии составляла не более 0,1% полученной планетой энергии от своей звезды, т. е. должно быть

$$S/\alpha S_0 \leq 10^{-3}. \quad (5)$$

Несколько иной предел надо установить, когда какая-либо высокоорганизованная цивилизация расселяется на новой безжизненной планете, создавая там необходимые привычные для нее условия, в которых она зарождалась на своей родной планете. Например, при организации жизненных условий на Марсе для землян относительная доля внутренне рассеянной энергии, рассчитанная на поток солнечной радиации на Марсе, может быть на два порядка больше, чем предел (5), так как это только улучшит температурные условия для переселенцев на Марс, где средняя температура на 15–20° ниже, чем на Земле. Однако при этом нужно учитывать возможные неблагоприятные изменения сложившейся среды, например выделение нежелательных газов и т. п.

Посмотрим теперь, каков же порог рассеиваемой мощности для Земли.

Поток солнечной радиации у Земли составляет $S_0 = 2 \cdot 10^3$ Вт/м², что дает полную мощность, перехватываемую Землей, $W = 2 \cdot 10^{17}$ Вт. Полагая альбедо $\alpha = 0,5$, получим согласно (5) допустимую плотность рассеянной энергии

$$S \leq 10^{-3}\alpha S_0 = 1 \text{ Вт/м}^2. \quad (6)$$

Современное производство энергии земной цивилизации в подавляющей части основано на использовании химической энергии и составляет около 10^{13} Вт, практически вся энергия рассеивается в среде обитания. Это дает плотность рассеянной энергии $S = 0,1$ Вт/м², т. е. всего на порядок меньше допустимого предела.

Поскольку белковая форма жизни и ее высшая ступень — разум могут существовать в довольно узких температурных границах (около 300 К), то это довольно жестко определяет необходимый поток энергии от своей звезды αS_0 , а следовательно, и высшую границу внутреннего потребления энергии для всех цивилизаций белковой формы. Следовательно, условие (6) является достаточно универсальным. Таким образом, мы имеем весьма четкую и достаточно резкую границу допустимого внутреннего потребления энергии на единицу площади обитания, примерно равную 1 Вт/м². Эта величина, как мы видим, определена физическими законами и жестко связана с допустимым повышением температуры среды обитания. Из всего сказанного очевидно, что не может безгранично расти также внутреннее потребление энергии на душу населения, поскольку плотность населения и плотность энергии внутреннего потребления ограничены. Максимально допустимая величина расхода энергии внутреннего потребления на душу населения P_m равна $S_{\max}/n_{\max}$. Подставляя полученные выше оценки, будем иметь

$$P_m = \frac{10^6 \text{ Вт} \cdot \text{км}^{-2}}{60 \text{ км}^{-2}} \approx 2 \cdot 10^4 \text{ Вт}. \quad (7)$$

В настоящее время на каждого обитателя Земли приходится $P = 10^{13}/4 \cdot 10^9 = 2,5 \cdot 10^3$ Вт, т. е. внутреннее потребление энергии на душу населения Земли приближается к пределу. Конечно, приведенные величины в реальных условиях развитых цивилизаций могут отличаться и на порядок, колеблясь около некоторого среднего, но предел неизбежно существует.

Сказанное выше не означает, однако, ограничение в производстве энергии вообще. Цивилизация в своем развитии не может ограничиваться полученными мизерными значениями энергии внутреннего потребления. Выход состоит в выносе ряда производств в космос, в околоземное пространство и в «сбросе» тепловых отходов, минуя Землю, в космическое пространство.

Этот уровень развития предполагает освоение термоядерной энергии и овладение скоростями перемещения масс, составляющими заметную долю скорости света! Например, скорость в одну сотую или даже одну тысячную скорости света позволит эффективно использовать пространство около своей звезды. Для Солнечной системы это означает реальность полетов ко всем планетам и возможность постройки искусственных поселений, вращающихся вокруг Солнца по различным орбитам, как впервые обосновано К. Э. Циолковским. Разработка идеи К. Э. Циолковского продолжена недавно О'Нейлом [5], рассмотревшим возможности конструктивного осуществления «эфирных поселений» К. Э. Циолковского. Космические поселения, получившие название «сферы Дайсона» (см., например, [1]), не что иное, как множество «эфирных городов» Циолковского, вращающихся вокруг звезды по орбитам и перехватывающих значительную часть энергии своей звезды.

Следует еще отметить некоторую особенность использования энергетических ресурсов планеты. Мы видим, что потребление химической и ядерной энергии в среде обитания неизбежно приводит к дополнительному нагреву планеты. Но использование энергии рек, морских приливов для выработки электроэнергии и ее внутреннее потребление не дает вклада в нагрев планеты. Дело в том, что эта энергия существует независимо от электростанций, как фон гравитационной энергии. Она все равно переходит в эквивалентную тепловую. Таким образом, перевод гравитационной энергии сначала в электрическую, а затем через ее потребление в тепловую, как совершенно ясно, не изменяет энергетического баланса.

Такое же положение будет иметь место при использовании солнечной энергии, улавливаемой в среде обитания из той части, которая доставляется звездой в среду обитания. Будем для конкретности говорить о планете Земля.

Очевидно, что если солнечная энергия, прежде чем попасть на планету, перехватывается и производит нужную работу, а затем рассеивается в виде тепла, то это не приводит к дополнительному нагреву — сколько взято у планеты, столько и возвращено ей. Следует, однако, иметь в виду, что вопреки часто высказываемому мнению всю падающую на планету радиацию Солнца нельзя использовать. Значительная часть должна быть оставлена нетронутой для поддержания природной среды. Например, можно «перехватить» солнечную радиацию, падающую на пустыни, и рассеивать ее после использования в холодных высоких широтах. Однако это не может делаться в больших масштабах, так как приведет к перераспределению солнечной энергии на планете и может вызвать нежелательные и непредвиденные изменения климата в различных регионах планеты. Вероятно, таким образом можно использовать не более 1% падающей на Землю солнечной энергии, что составит около 10^{15} Вт.

Для эффективного использования этой энергии ее необходимо преобразовать в наиболее удобную электрическую, что в настоящее время можно делать с КПД около 10%. Таким образом, может быть произведено 10^{14} Вт, т. е. в 10 раз больше современного производства всех видов энергии. Солнечная и гравитационная энергия, будучи естественной энергией, существующей как некий энергетический фон, является «даровой» и наиболее «чистой энергией». Их использование не приводит к «засорению» планеты лишним теплом. Это позволяет повысить внутреннее потребление энергии без изменения общей рассеянной энергии в среде обитания. Как мы убедились, перехват всего 1% солнечной энергии позволит на порядок повысить допустимый уровень внутреннего потребления энергии по сравнению с существующим. Сказанное, конечно, не относится к энергии звезды, перехватываемой из той части, которая идет мимо планеты. Эта энергия, передаваемая на Землю для местного потребления, будет участвовать в ее дополнительном нагреве и поэтому ограничена по величине.

СТУПЕНИ РАЗВИТИЯ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Мы обсуждали выше основные физические границы, в рамках которых должно протекать развитие цивилизации в части роста народонаселения и общего потребления энергии. Теперь мы рассмотрим вопрос о границах роста этих показателей и пространства обитания.

Как уже говорилось выше, цивилизация — это организованная, самоуправляющаяся общность индивидуумов. Общность обеспечивается обменом информацией, массой и энергией. Прогресс цивилизации связан с добыванием информации о себе и внешнем мире и использованием этой информации для активной адаптации к среде для выработки действий и средств взаимодействия с окружающей средой.

Очевидно, что эти действия должны совершаться согласованно, синхронно во всем объеме цивилизации, иначе она не может быть единым целым. Поэтому информация должна достигать различных мест цивилизации практически одновременно, но ее скорость распространения конечна и не может превосходить скорости света. Это существенно ограничивает объем цивилизации. Цивилизация не может функционировать как общность разумных существ, как целое, если время обмена информацией сравнимо с временем жизни ее особей или, точнее, с характерным временем изменений в самой цивилизации (изменение состава науки, технологии, социальных форм и т. п.).

Кроме обмена информацией (научной, технологической, социальной, управленческой и т. п.), цивилизация вынуждена вести обмен энергией, массой, деятельностью между ее частями. Это ставит еще более жесткие ограничения на объем цивилизации. Очевидно, что в пределах цивилизации информация из одного пункта в другой не должна распространяться слишком долго, например, длительность распространения не должна быть более тысячной доли средней продолжительности жизни индивидуума цивилизации. Таким образом, предельный размер цивилизации типа человеческой был бы около 0,1 св. года. Таково ограничение, налагаемое необходимостью передачи и переработки информации. Еще более жесткие ограничения налагает условие передачи энергии и масс внутри ареала цивилизации. Даже на межпланетных расстояниях сколько-нибудь экономная передача энергии в виде электромагнитных волн невозможна из-за их дифракционной расходимости. Остается перевозка соответствующего топлива. Еще более проблематичной оказывается возможность передвижения различных масс и самих обитателей цивилизации. Это требует освоения производства не только вообще большой энергии, но и, что самое трудное, больших плотностей энергии, достижения скоростей космических полетов, сравнимых со скоростью света, например милли- или даже сантисветовых скоростей (тысячная или сотая часть).

Таким образом, мы приходим к выводу, что *размер пространства, занятого цивилизацией, неизбежно будет ограничен небольшим сравнительно с межзвездным расстоянием пространством вокруг своей звезды.*

Рассмотрим теперь вопрос о наиболее характерных показателях степени развития цивилизации, которые могли бы быть положены в основу их классификации. Нетрудно видеть, что для этой цели не подходит энергетический критерий в виде количества общего производства энергии. Дело в том, что, как мы уже отмечали, весьма существенно характеризует уровень цивилизации лишь качество добываемой энергии. Очевидно, что цивилизация, добывающая энергию суммой костров, на много уровней ниже цивилизации, получающей такую же энергию в виде электричества, и еще выше цивилизация, использующая термоядерную энергию, и т. д.

Далее, большое энергопотребление может быть связано с огромным населением около звезды, полностью расходующим энергию на свои нужды. Не будет фантазией, если вообразить, что около какой-то звезды имеется население в 1000 раз большее, чем на Земле. У такой цивилизации получается общее энергопотребление, превышающее современное на Земле в 1000 раз, однако уровень может быть не выше земного. Скорее уровень цивилизации характеризует производство энергии на душу населения. Однако и этого недостаточно без указания на источник энергии.

Для характеристики мощи цивилизации не подходит и территориальный признак, хотя, конечно, расселение цивилизации около своей звезды в искусственно созданных средах обитания под силу только мощной цивилизации.

Предложение принять за основу классификации мощи цивилизации объем накопленной информации тоже не представляется достаточным. Просто количество информации как склад, как сумма знаний еще не делает цивилизацию мощной. Главное — не количество накопленной информации, а тот объем, который используется в деятельности цивилизации, который непрерывно обновляется путем выработки и обмена новой информацией.

Нам представляется, что уровень цивилизации определяется характером источников энергии и достигнутой объемной плотностью ее производства или объемом производства на единицу веса энергетического устройства. Дело в том, что для использования энергии в транспорте, особенно в космическом, который характеризует мощь и возможности цивилизации, необходимы высокие плотности производства энергии, т. е. большая энергия в относительно небольших объемах при небольшой массе самого энергетического устройства. Например, земная цивилизация производит мощность, достаточную для посылки 100-тонной ракеты на Марс с сантисветовой скоростью, однако практически это сделать сейчас нельзя, так как мы не можем сконцентрировать эту энергию в 100-тонной ракете.

Таким образом, мы подошли к тому, что *наиболее показатель-*

ной характеристикой развитости цивилизации является освоение ею скорости передвижения масс. Действительно, здесь содержатся уже признаки владения значительной энергией, причем в очень выгодной ее форме, имеющей большую объемную плотность. Для передвижения масс, например, с миллисветовой скоростью нужно не просто большое количество энергии, но энергии, выделяемой в небольшом объеме, т. е. с громадной плотностью. Это технически грандиозная задача, решение которой, однако, не ограничивается существующими законами физики. Для конкретности представления это, например, ракета, движимая направленными взрывами ядерного горючего.

Влияние достижения различных скоростей передвижения можно проследить на примере земной цивилизации. Объединение действий народов в планетарном масштабе стало возможным с достижением звуковых и сверхзвуковых скоростей передвижения.

В соответствии со сказанным цивилизацией первого типа мы бы назвали цивилизацию, владеющую химической энергией и освоившую космические скорости передвижения, достаточные для преодоления силы притяжения своей планеты обитания.

Цивилизация второго типа владеет ядерной энергией и сантисветовыми скоростями передвижения. Достижение такой скорости позволяет реально думать об освоении цивилизацией всего пространства около своей звезды, т. е. охватывается и территориальный признак. Именно такая цивилизация может реально строить маяки и выделять необходимую мощность для передачи сигналов, строить специальные системы для обнаружения сигналов подобных цивилизаций.

Экстраполируя развитие дальше, можно говорить о цивилизации третьего типа как о такой, которая освоила световую скорость (например, 0,5с). Однако, как показывают работы ряда авторов, это практически мало добавит возможностей по сравнению с возможностями цивилизации второго типа.

ЦИВИЛИЗАЦИЯ ВТОРОГО ТИПА И РЕАЛЬНОСТЬ

Рассмотрим теперь весь процесс развития какой-либо внеземной цивилизации около какой-то звезды в тех границах, о которых мы говорили выше. Для конкретности будем говорить о нашей земной цивилизации. Как мы видим, наша планетная цивилизация подходит к пределу своих возможностей увеличения населения и энергопотребления. Необходимая энергия для бытовых и транспортных нужд еще обеспечивается химической энергией, и имеются некоторые резервы солнечной энергии порядка производимой сейчас на Земле. Все это пока может обеспечить «райскую жизнь» и прогресс науки, техники и быта. Существенную роль в этом будет играть освоение околоземного пространства до уровня синхронных орбит.

Однако такое положение не может продолжаться долго из-за истощения земных природных ресурсов. Станет осуществляться

освоение новых видов энергии, в первую очередь термоядерной. Будет создан космический транспорт с миллисветовой скоростью. Начнутся космические путешествия к телам Солнечной системы. Далее начнется постепенное, робкое освоение Луны и Марса и, возможно, строительство «эфирных городов». Однако это вряд ли может вызвать большую разрядку населения. Потребление мощности на Земле будет сохраняться на том же максимальном уровне. Часть производств будет вынесена в космос. Окажется, что цивилизация станет способна производить большую энергию.

Спрашивается, куда она может быть направлена, ведь для внутренних нужд потребности ограничены. При расселении на других планетах и в «эфирных городах», очевидно, возникнет необходимость в мощном космическом транспорте для обмена массой и энергией. При милли- и сантисветовых скоростях потребуется большая энергия для этого транспорта, превосходящая во много раз потребление населения на бытовые нужды. Космический транспорт также будет необходим для строительства в космосе научных и промышленных сооружений. Стремление разума познать Вселенную потребует сооружения научных устройств, сравнимых с размерами планет. Уже сейчас можно сказать, что это за сооружения. Во-первых, это маяк-передатчик для сигналов другим ВЦ, радиосистема для обнаружения планет у других звезд нашей Галактики, радиосистема для приема возможных сигналов других ВЦ и т. д. Для строительства этих сооружений требуется космический транспорт по крайней мере с миллисветовой скоростью. Казалось бы, энергопроизводство может расти в этом случае неограниченно, но это не так. Очевидно, что мы не можем произвести энергии в солнечной цивилизации порядка той, которая, по Кардашеву, соответствует третьему типу. Это все равно, что в нашей Солнечной системе сконцентрировать энергию всех звезд в Галактике. Ясно, что все превратится в плазму еще задолго до достижения такой энергии.

Какова же допустимая величина энергии, производимой в солнечной цивилизации? Очевидно, что она всего порядка солнечной энергии. Иначе мы сильно изменим межпланетную среду, нарушив эту среду, засорим ее энергетическими отходами. Здесь такое же положение, как и для Земли, где охрана в неизменном виде окружающей среды ограничивает производство энергии внутреннего потребления. Космическое пространство солнечной цивилизации также потребует защиты и охраны. Таким образом, общая энергия, которую может произвести наша цивилизация в пределах Солнечной системы, составляет около 10^{23} Вт, это в 1000 раз меньше солнечной. Но, возражая на это ограничение, можно указать, что никто не мешает выйти за пределы Солнечной системы, в межзвездное пространство. Однако оказывается, что для этого нужно освоение еще больших скоростей, что проблематично, и, кроме того, использование больших скоростей в пределах солнечной цивилизации ограничено по мощности. Таким образом, только медленный транспорт допустимо использовать, чтобы избежать

загрязнения Солнечной системы. Правда, есть надежда на солнечный ветер, который может выметать «мусор», однако это может только несколько ослабить требования.

Итак, как же может распределиться энергия? Если население цивилизации увеличится даже в 100 раз, то, по-видимому, 10^{15} — 10^{17} Вт потребуют бытовые нужды, около 10^{20} — 10^{21} Вт — сигналы маяка для ВЦ и другие научно-технические устройства космического масштаба, и наконец, космический транспорт — 10^{23} Вт частично для обслуживания расселения цивилизации, а главным образом для сооружения маяка и других систем исследования Вселенной.

Нам представляется, что уже сейчас нужно создавать проекты таких систем, чтобы представить себе объем труда и затрат энергии и материалов солнечной цивилизации для их строительства. Это сразу ограничит буйство фантазии о безграничных энергетических возможностях высокоразвитой цивилизации и поможет выработке правильной стратегии поиска цивилизации в нашей Галактике. Ниже делается первая попытка в этом направлении.

ЦИВИЛИЗАЦИЯ И ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧИ ПОЗЫВНЫХ

Вопросу передачи радиосигналов внеземными цивилизациями посвящен ряд работ, однако они не идут дальше подсчета необходимой мощности для связи, например, внутри Галактики при заданных условиях приема и задачах сигнализации (передача позывных, передача максимума информации и т. п.). В этих работах совершенно не обсуждаются возможности передачи радиосигналов, необходимая мощность которых получается сравнимой с мощностью оптического излучения средней звезды.

Оказывается, здесь существуют ограничения [6], не позволяющие надеяться на посылку очень мощного сигнала, что делает весьма сомнительным создание «космического чуда», на неизбежность которого опирается И. С. Шкловский при доказательстве единственности нашей цивилизации в Галактике [7].

Как известно, существуют два пути посылки сигналов с целью обратить внимание других цивилизаций на свое существование. Первый — это посылка направленных к определенным звездам сигналов, второй — посылка всенаправленного сигнала. Очевидно, что второй путь в принципе дает существенно большую вероятность для обнаружения. Рассмотрим возможность и условия создания такого всенаправленного радиомаяка, который обеспечивал бы максимальную вероятность его обнаружения и максимальную, но простую искусственность. Для этого сигнал должен быть строго монохроматичным [8], что в естественных условиях не наблюдается, а является лишь созданием разума.

Для передачи и приема должна быть выбрана волна 21 см, как известная всем цивилизациям. К настоящему времени накоплен определенный опыт поиска сигналов внеземных цивилизаций (см.,

например, [9—11]). Однако все цивилизации хорошо понимают, что из-за относительных движений передатчика и приемника частота приема будет смещена от точного значения на величину, пропорциональную относительной скорости. Значение последней в каждом индивидуальном случае неизвестно, однако почти все они заключены в интервале ± 200 км/с. Это дает неопределенность частоты в полосе ± 1 МГц около частоты 1420 МГц. Поэтому требуется применение приемника с полосой пропускания $\Delta f = 2$ МГц, что значительно ухудшает чувствительность по сравнению со случаем более точно известной частоты. В связи с этим для улучшения чувствительности мы обязаны применить усреднение, т. е. иметь обычный радиометр, используемый в радиоастрономии. Примем время усреднения 1 с. Шумовая температура приемника, равная $T = 20$ К, не является рекордной, но довольно мала и может быть обеспечена неохлаждаемой параметрикой. Эти параметры радиометра дают минимальную обнаружимую мощность сигнала на входе, равную $P_i = kT_i \sqrt{\Delta f} = 4 \cdot 10^{-19}$ Вт. Мы примем самую простую антенну всенаправленного приема — диполь, широко распространенный в обычных приемниках на Земле. Величина обнаруживаемого потока излучения при приеме на диполь равна

$$S_i = kT_i \sqrt{\Delta f} / \sigma_a,$$

где σ_a — площадь приема антенны. Отсюда при $\sigma_a = \lambda^2 / 4\pi = 0,003$ м²

$$S_i \simeq 10^{-16} \text{ Вт/м}^2.$$

Этот поток примерно равен потоку радиоизлучения на Земле от Солнца в той же полосе $\Delta f = 2$ МГц и на порядок больше потока от источника Кассиопея А.

Нетрудно подсчитать, что для создания потока S_i на расстоянии l св. лет при всенаправленной передаче необходимо излучить мощность

$$P = 10^{33} l^2 S_i \text{ Вт.}$$

Для обнаружения сигнала в радиусе $l = 3 \cdot 10^4$ св. лет при $S_i = 10^{-16}$ Вт/м² потребуется мощность $P = 3 \cdot 10^{26}$ Вт, порядка мощности светового излучения Солнца!

Получение столь большой мощности СВЧ-колебаний хотя и сомнительно, но в принципе возможно при освоении термоядерной энергии и методов ее экономичного преобразования в СВЧ-энергию. Однако детальное рассмотрение вопроса преобразования мы оставляем для соответствующих специалистов.

Мы рассмотрим здесь не менее важную проблему излучения столь большой мощности. Очевидно, что для излучения большой мощности антенная система должна быть достаточно большой и в то же время обеспечивать сферическую волну. Большие размеры антенны совершенно необходимы, чтобы рассеять мощность

потерь в ней, которая приводит к нагреванию. Это принципиальное положение, из которого следует, что антенная система должна состоять из отдельных антенн, расположенных, например, на сфере. При этом изотропное излучение можно обеспечить двумя способами: располагая точечные всенаправленные излучатели по сфере и обеспечивая когерентное сложение колебаний в пространстве или помещая достаточно большие антенны, каждая из которых облучает определенный сектор пространства соответственно диаграмме направленности. Таким образом, перекрывается все пространство. В первом случае необходимо обеспечить строгую когерентность и синфазность излучения источников, во втором фазирование, вообще говоря, не является необходимым. При осуществлении антенны по первому способу предвидится тот недостаток, что при вращении сферы относительно звезд спектр сигнала, наблюдаемый на этих звездах, будет размыт, так как излучение в заданном направлении будет содержать компоненты от излучателей, движущихся к наблюдателю и от него, давая соответствующие доплеровские смещения частоты. Ширина спектра будет

$$\Delta f_1 = 2f\Omega R/c,$$

где Ω — угловая скорость вращения, R — радиус передающей сферической антенны. Нетрудно рассчитать и форму спектра. В случае сферы, покрытой остро направленными антеннами, излучение на приемник будет идти от антенны в узком конусе диаграмм шириной $\Delta\varphi$ и уширение составит

$$\Delta f_2 = f \frac{\Omega R}{c} \sin \frac{\Delta\varphi}{2}.$$

Например, при скорости вращения 1 об/сут при $R = 5 \cdot 10^6$ м $\Delta f_1 = 1400$ Гц, $\Delta f_2 = 15$ Гц при $\Delta\varphi = 1^\circ$.

Таким образом, для сохранения максимальной монохроматичности нужно, чтобы антенна передатчика практически не вращалась по отношению к звездам.

Оценим необходимые размеры сферической антенной системы для мощности излучения в 10^{26} Вт. В общем случае размеры будут определяться тем, какую мощность, перешедшую в тепло, нужно удалить из антенны. Легко видеть, что такую антенну нельзя устанавливать на Земле из-за поглощения волн в атмосфере Земли. Хотя поглощение на волне 21 см ничтожно мало — не более 0,02 — оно приведет к рассеянию в атмосфере Земли около 10^{24} Вт, что в миллионы раз превышает полную мощность, поглощаемую Землей от Солнца.

В силу сказанного антенна вместе с генераторами должна быть помещена в космосе на значительном удалении от Земли. Это означает, что ее охлаждение осуществляется только через излучение. Поэтому в тепловом контакте с антеннами должны быть предусмотрены радиаторы — абсолютно черные тела для волн

инфракрасного диапазона, поскольку нагрев антенны и радиаторов не должен превышать, скажем, 300 К.

Пусть R — радиус сферы антенны, T_a — установившаяся температура антенной системы, β — доля поверхности сферы, покрытая радиаторами, η — общий КПД передающей системы, складывающийся из КПД антенны и КПД генератора. Тогда на основании сказанного можем записать

$$4\pi R\beta\sigma T_a^4 = \frac{1-\eta}{\eta} P.$$

Для определения R и T_a используем соотношение, связывающее энергию излучения Солнца с его температурой $T_\odot$ и радиусом $R_\odot$:

$$4\pi R_\odot\sigma T_\odot^4 = P_\odot.$$

Отсюда находим

$$\begin{aligned} R &= R_\odot \left(\frac{T_\odot}{T_a} \right)^2 \sqrt{\frac{P}{P_\odot} \frac{1-\eta}{\beta\eta}} = \\ &= R_\odot \left(\frac{T_\odot}{T_a} \right)^2 l \sqrt{\frac{10^{33} k T_i V \Delta f (1-\eta)}{P_\odot \pi a \beta \eta}}. \end{aligned}$$

Несколько неясной здесь является величина потерь $(1-\eta)$. Если полагать, что все преобразование энергии от термоядерной до СВЧ происходит без потерь, то $(1-\eta)$ будут потерями в антенне. Эти потери даже при очень хорошем качестве антенны будут не менее 1%. Мы положим $(1-\eta) = 10^{-2}$, чем заведомо снижаем оценку величины R . Положим, что нагрев должен быть не более 600 К и $\beta \simeq 1$, тогда для излучения указанной выше мощности, которая обеспечивает сигнал, обнаруживаемый на диполь на расстоянии до $3 \cdot 10^4$ св. лет, необходима антенна радиусом

$$R \simeq 6R_\odot.$$

Таким образом, радиус сферической системы даже при таких нереально благоприятных условиях в смысле КПД должен быть в 6 раз больше радиуса Солнца, т. е. составлять около 0,1 а. е.

Очевидно, что такое сооружение должно быть помещено достаточно далеко от места обитания цивилизации, во всяком случае на порядок дальше, чем собственная звезда, иначе ареал обитания получит дополнительное облучение на волне 21 см, сравнимое по мощности с облучением световым потоком от своей звезды. Для Солнечной системы это означало бы необходимость помещения маяка за орбитой Юпитера. Возможность построения такой системы даже для самой развитой внеземной цивилизации очень и очень сомнительна.

Приведенный расчет имеет прямое отношение к пониманию того, насколько правомерно ожидать «космическое чудо», если даже некоторые цивилизации в нашей Галактике достигли самого высокого уровня развития. Действительно, «космическое чудо» пред-

полагает прежде всего большой энергетический уровень соответствующего явления, соизмеримый с энергией звезды. Мы видим, насколько трудно создать такое чудо, во всяком случае самопроизвольно оно не может появиться. Передача и прием монохроматического сигнала были бы «чудом», однако, как мы видим, его энергетический уровень не может быть таким, чтобы быть обнаруженным на простой диполь. Из приведенного расчета очевидна необходимость искать оптимальные условия обнаружения сигналов не отдельно по приемной и передающей стороне, а исходя из системного подхода создания линии передатчик—приемник. Проведенный расчет передатчика-маяка показывает, что для современной техники значительно проще, экономичнее, доступнее совершенствовать приемную систему, делать ее более чувствительной, чем компенсировать недостатки приемной системы увеличением мощности передатчика. Действительно, всенаправленный маяк должен строиться вне пределов среды обитания, а это требует очень развитого космического транспорта и больших затрат материальных ресурсов. Между тем построение даже весьма чувствительной приемной системы, вообще говоря, не требует выноса ее за пределы среды обитания, что уже на много порядков снижает расходы и трудность. В силу сказанного следует принять следующую тактику поиска: строить всенаправленную антенну с максимально возможной эффективной площадью приема и многоканальной приемной аппаратурой. Приемная система должна быть достаточно чувствительной, чтобы обнаружить сигнал в полосе неопределенности частоты из-за доплер-эффекта.

Посмотрим теперь, как реально можно уменьшить мощность передачи и, следовательно, избежать гигантских размеров антенной системы передатчика. Для этого на приемной стороне нужно применять антенны с большой площадью улавливания и снижать полосу приема. Рассмотрим это подробнее. Мы полагали, что передача должна осуществляться на монохроматическом колебании. Наиболее чистые узкополосные колебания дает квантовый генератор, например, на водороде. Ширина его линии менее 1 Гц, а стабильность 10^{-14} дает уходы частоты не более чем $10^{-14} \cdot 1,4 \cdot 10^9 = 1,4 \cdot 10^{-5}$ Гц или уходы фазы на 1 рад за 10^4 с. Следовательно, применяя узкополосный фильтр в приемнике шириной в 1 Гц, получим уменьшение минимальной обнаружимой мощности в $\sqrt{\Delta f} = 1,4 \cdot 10^3$ раз. Во столько же раз уменьшится требуемая мощность передатчика для той же дальности и почти в 40 раз — радиус сферической антенны. Но как уже говорилось, из-за доплеровского эффекта частота неопределенна, поэтому нужно сооружение спектроанализатора с общей полосой анализа около 2 МГц. Однако здесь возникают трудности в связи с тем, что доплеровский сдвиг частоты меняется со временем, т. е. имеет место дрейф частоты. Это может быть связано, например, с тем, что передатчик вращается по некоторой орбите вокруг своей звезды. При скорости передатчика на орбите $v = 50$ км/с для приемника, находящегося вблизи плоскости орбиты, частота приема будет пе-

риодически меняться на $\pm fv/c \approx \pm 3 \cdot 10^5$ Гц. Если один оборот по орбите происходит за t с, то изменение частоты будет в среднем происходить со скоростью

$$df/dt = 4vf/ct.$$

При обращении за год $t \approx 3 \cdot 10^7$ с и

$$df/dt = 4 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-2}.$$

Таким образом, за 25 с частота изменится на 1 Гц. Очевидно, что существование неизвестного дрейфа частоты накладывает предел на ширину полосы канала фильтра. Ширина полосы Δf_k канала должна быть существенно больше величины дрейфа за время установления, т. е.

$$\Delta f_k \gg \frac{1}{\Delta f_k} \frac{df}{dt}, \text{ или } \Delta f_k \gg \sqrt{df/dt}.$$

Учитывая сказанное, по-видимому, необходимы каналы полосой 1 Гц с числом каналов $2 \cdot 10^6$, полосой 20 и 100 Гц с числом каналов $2 \cdot 10^5$ и $2 \cdot 10^4$. Эта задача может быть решена на современном уровне техники.

Далее, для приема необходимо сооружение всенаправленной приемной антенны с максимальной возможной площадью приема. Ее можно осуществить так же, как и передающую антенну, в виде сферы с расположенными на ней антеннами соответствующих размеров. Например, $60 \cdot 10^3$ параболических антенн диаметром 21 м, располагаясь на сфере, заполнят лучами все пространство. Нетрудно подсчитать, что диаметр сферы при применении этих антенн не может быть меньше 3 км. Каждая антенна должна быть снабжена своим приемником с указанными выше каналами. При этом очевидно, что такая сфера не должна слишком быстро вращаться по отношению к звездам. Допустимая скорость вращения Ω определяется временем отклика τ приемника на сигнал. Необходимо, чтобы источник сигнала был в луче антенны дольше, чем время отклика приемной системы, т. е. $\Delta\varphi/\Omega \gg \tau$. При $\tau = 1$ с, $\Delta\varphi = 1/100$ должно быть $\Omega \ll 10^{-2}$ рад/с, т. е. много медленнее 5 об/мин.

Сделаем теперь расчет основных параметров всенаправленного маяка на волну 21 см для ряда вариантов приемных антенн и полос каналов анализатора на различные дальности связи. Мы примем, что нагрев передающей антенны не должен превышать 300 К, а шумовая температура приемных систем составляет $T_i = 20$ К, $\beta \approx 1$, т. е. почти вся поверхность покрыта радиаторами, а КПД передатчика 99%, т. е. $1 - \eta = 10^{-2}$. Мощность светового излучения Солнца равна $3 \cdot 10^{26}$ Вт, а $R_\odot = 1,5 \cdot 10^6$ км.

Результаты расчета по данным выше соотношениям приведены в таблице.

Мы видим, что даже при использовании приемных антенн диаметром около 20 м (площадь приема около 200 м²) и радиометра спектроанализатора на 10^4 каналов (ширина полосы канала 200 Гц) требуется сооружение больших передающих антенн. Так,

Основные параметры всенаправленного маяка на различные дальности связи

l, св. лет	Диполь				Всенаправленная антенна			
	$\sigma_a = 0,003 \text{ м}^2,$ $\Delta f = 2 \text{ МГц}$		$\sigma_a = 0,003 \text{ м}^2,$ $\Delta f = 200 \text{ Гц}$		$\sigma_a = 3 \text{ м}^2,$ $\Delta f = 200 \text{ Гц}$		$\sigma_a = 200 \text{ м}^2,$ $\Delta f = 200 \text{ Гц}$	
	P, Вт	R, км	P, Вт	R, км	P, Вт	R, км	P, Вт	R, км
10	10^{19}	10^1	10^{17}	10^3	10^{14}	40	$2 \cdot 10^{12}$	5
100	10^{21}	10^5	10^{19}	10^4	10^{16}	400	$2 \cdot 10^{14}$	50
1000	10^{23}	10^6	10^{21}	10^5	10^{18}	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{16}$	500
10000	10^{25}	10^7	10^{23}	10^6	10^{20}	$40 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{18}$	$5 \cdot 10^3$

при дальностях приема — передачи порядка размеров нашей Галактики требуется мощность передатчика порядка 10^{18} Вт и размер сферы антенной системы, равный размеру Земли. Даже при удалении этого передатчика от Земли на 1 а. е. мощность его излучения, попадаемого на Землю, будет всего в 100 раз меньше мощности, производимой в настоящее время всей нашей цивилизацией. Такой передатчик должен иметь орбиту вокруг Солнца. При дальностях 100 св. лет необходима мощность 10^{24} Вт и размер антенны маяка около 50 км. Безопасное удаление в этом случае было бы порядка расстояния до Луны. По-видимому, построение такой антенны в техническом и материальном отношении будет реально для нашей цивилизации с созданием термоядерной энергетики и существенно более экономичного космического транспорта.

Допустим теперь, что высокоразвитая цивилизация решилась построить маяк мощностью 10^{18} Вт на сфере радиусом в 5 тыс. км. Оценим величину необходимой для этого энергии космического транспорта. Поскольку сфера должна быть достаточно жесткой и прочной, примем ее средний объемный вес 100 кг/м³. Полная масса металла сферы будет $m = 5 \cdot 10^{19}$ т, т. е. всего в 500 раз меньше массы Земли. Транспорт металла ракетами с миллисветовой скоростью потребует примерно той же массы ядерного горючего. При этом должно быть выделено около $mc^2 \cdot 0,007 = 4 \cdot 10^{37}$ Дж. Как уже говорилось выше, мощность выделения энергии в межпланетной среде, где будет идти строительство маяка, должна быть существенно меньше мощности излучения звезды, например 0,1%, т. е. для Солнечной системы $3 \cdot 10^{23}$ Вт. При такой мощности космического транспорта, направленного на строительство антенны, требуется $4 \cdot 10^{37} / 3 \cdot 10^{23} \approx 10^{14}$ с, т. е. около 3 млн. лет. Однако это является самой минимальной оценкой, определяемой физическими законами. Если учесть затраты на добычу и создание топлива (дейтерия, трития), добычу материалов, перевозки строителей в пределах всей планетной системы звезды и ограниченные количественные возможности народонаселения, то этот срок надо по крайней мере удесятерить.

Далее, для генерации мощности в 10^{18} Вт необходимо будет сжигать не менее 10^8 т в год ядерного горючего. Потребуются постоянно действующий транспортный мост для перевозки горючего. Очевидно, что мощность этого транспорта должна быть существенно больше мощности передатчика.

Трудно поверить, что какая-либо цивилизация будет создавать подобное сооружение. Положение облегчается, если цивилизация, отказавшись строить заново сферу, расположит антенны на природной сферической поверхности, т. е. на какой-либо планете своей системы, непригодной для жилья или другого необходимого использования. Но это сразу ограничивает мощность передачи размерами планеты. Например, с Марса можно излучить мощность согласно таблице около 10^{17} Вт, что дает дальность около 1000 св. лет. Однако здесь нужна будет большая дополнительная энергия, чтобы уменьшить скорость вращения планеты до необходимых пределов. По-видимому, может быть создан существенно более скромный маяк, например на 10^{14} Вт, о котором говорилось выше в связи с возможностью его строительства для землян в недалеком будущем.

Из приведенных простых расчетов видно, что наша цивилизация, ведя поиск сигналов на средства, требующие от передающей стороны неприемлемо больших антенных сооружений и мощностей, поступает неправильно. Мы, не создавая всенаправленные приемные антенные системы достаточной площади улавливания и многоканальных узкополосных спектроанализаторов, переносим все трудности связи на передающую сторону, и эти трудности оказываются непреодолимыми даже для крайне развитой цивилизации. Вот почему мы не наблюдаем космических чудес. *Энергетический уровень космического чуда, т. е. сигнала, который может быть реально создан, недостаточен для восприятия применяемыми нами средствами обнаружения. Реальное расстояние, с которого можно еще наблюдать «чудо» в мощнейшие современные радиотелескопы, по-видимому, не более 100—1000 св. лет.*

Приведенный расчет имел целью показать, что необходимо переходить от общих оценок к конкретным проектам систем передачи — приема, параметры которых ограничиваются существующими физическими закономерностями и существующей биологией. Нам представляется, что этим расчетом сделан первый шаг, указывающий на направление дальнейших поисков оптимальных решений, допускаемых физическими законами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1976.
2. Кардашев Н. С. О стратегии поиска внеземных цивилизаций. — Вопросы философии, 1972, № 12, с. 43.
3. Проблема SETI (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975.
4. Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., т. 13, с. 23.
5. O'Neill G. Space colonization and SETI. — Cosmic Search, 1979, 1, p. 16.
6. Troitzki W. S. Außerirdische Zivilisation und das Problem des Ausstrah-

lung von Rufzeichen. Warum werden keine Signale außerirdischer Zivilisationen beobachtet? — Sterne, 1980, 56, S. 21.

7. Шкловский И. С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — Вопросы философии, 1976, № 9, с. 80.
8. Троицкий В. С. О возможностях связи с внеземными цивилизациями. — В кн.: Внеземные цивилизации. Ереван: Изд-во АрмССР, 1965, с. 35.
9. Троицкий В. С., Стародубцев А. М., Герштейн Л. Н. и др. Опыт поиска монохроматического радиоизлучения от звезд в окрестности Солнца на частоте 927 МГц. — Астрон. журн., 1971, 48, № 3, с. 645.
10. Troitskii V., Starodubtsev A., Bondar L. Search for radio emission from extraterrestrial civilizations. — Acta astronautica, 1979, 6, p. 81.
11. Murray B., Gulkis S., Edelson R. E. Extraterrestrial intelligence: An observational approach. — Science, 1978, 199, p. 485.

УДК 523.164.42

Н. С. Кардашев

СТРАТЕГИЯ И БУДУЩИЕ ПРОЕКТЫ СЕТИ

Задача обнаружения и исследования внеземных цивилизаций является проблемой исключительной важности для практики человечества, его культуры и философии. Ее значение может быть даже сопоставлено со значением основных проблем, стоящих перед нашей цивилизацией в настоящее время. Ведь информация, полученная в результате обнаружения разума в космосе, вероятно, даст практическое доказательство возможности дальнейшего прогресса и укажет пути развития нашей цивилизации на астрономически большие интервалы времени. Использование этой информации может коренным образом изменить весь наш образ жизни и деятельности. Интерес к решению подобной сверхпроблемы возрастает с каждым годом, подключая все большее число компетентных специалистов различных областей естествознания.

В то же время основные исходные предпосылки о том, кого мы собираемся искать и как это сделать, все еще являются спорными и противоречивыми. Задачей настоящей статьи является попытка сформулировать и критически проанализировать основные концепции и стратегию исследований, выдвигаемые учеными.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. В настоящее время в СССР и за рубежом, в основном в США, существует несколько групп, проводящих поиск радиосигналов из далекого космоса в соответствии с рекомендациями советско-американской конференции SETI [1]. В Академии наук СССР разработана программа таких исследований [2]. Результаты некоторых последних исследований опубликованы в [3, 4]¹, пока они

¹ См.: Acta Astronautica, 1979, 6, N 1/2, а также специализированный журнал о поиске внеземных цивилизаций «Cosmic Search», выходящий с 1979 г.

были негативными. В связи с этим может сложиться впечатление о малой вероятности положительного решения проблемы [5, 6].

Экспериментаторам совершенно очевидна необоснованность такого мнения. Наоборот, ряд новых данных показывает большую вероятность положительного решения проблемы. Кроме того, очень важным моментом, который в явном виде не содержится в существующих публикациях, но хорошо известен специалистам, является то, что все проводившиеся эксперименты, в лучшем случае, относятся к отработке методики поиска. Достаточно сказать, что в последней, достаточно обстоятельной работе с целью поиска искусственных сигналов было просмотрено на волне 21 см около 200 ближайших звезд, но время изучения каждой звезды составляло всего несколько минут [7]. Очевидна ничтожно малая вероятность того, что именно в эти минуты на исследуемой планетной системе включается передатчик и антенна наводится на Землю.

Еще более серьезным недостатком подобных исследований является отсутствие последовательной логически непротиворечивой стратегии — совокупности предположений о том, что собой представляют цивилизации, которые мы пытаемся обнаружить, и что они могут излучать. Фактически наиболее распространенной концепцией о внеземных цивилизациях является так называемая гипотеза «земного шовинизма», предполагающая, что мы должны найти подобных себе и еще к тому же обладающих современной нам технологией. Это положение, совершенно неприемлемое при логическом анализе, к сожалению, еще не изжило себя. Этот вопрос, по-видимому, является в настоящее время самым важным во всей проблеме, и без его разработки все ставящиеся эксперименты и теоретические исследования нисколько не продвинут нас вперед. Для более полного представления о состоянии проблемы необходимо, кроме прямых экспериментов по обнаружению искусственных радиосигналов, проанализировать данные соответствующих исследований в астрофизике и других фундаментальных науках, способствующие ее разрешению. Из анализа достижений астрофизики следует, что ведущей тенденцией в развитии концепции множественности обитаемых миров за последнее столетие является систематическое увеличение числа астрономических объектов, рассматривающихся как возможное пристанище жизни. Однако одновременно с этим успехи биологии, кибернетики и других наук меняют и сами понятия жизни и цивилизации, в связи с чем необходимы обобщения этих понятий. Это определяет разработку стратегии поиска внеземных цивилизаций.

2. Первое положение, которое мы считаем важным обосновать, заключается в том, что нет никаких оснований считать Землю и Солнечную систему уникальными объектами. Одним из важнейших достижений современной астрофизики является получение огромного количества наблюдательных данных, свидетельствующих об одинаковости форм материи на пространственных масштабах в миллиарды световых лет и временных масштабах в милли-

арды лет. В этом объеме содержится более 10 млрд. галактик, в каждой из которых — более 10 млрд. звездных систем. Благодаря конечной скорости распространения света мы видим эти звездные системы такими, какими они были тысячи, миллионы и миллиарды лет назад. Анализ всего этого материала показывает, что наше Солнце не является выделенной звездой ни по одному из известных параметров.

Большие успехи достигнуты в последнее время в области обоснования множественности существующих планетных систем. Успешно разрабатывается теория, описывающая процесс образования планетных систем путем конденсации одновременно с Солнцем из межзвездной пыли и газа. Проведенное машинное моделирование этого процесса показывает хорошее согласие с наблюдаемыми характеристиками Солнечной системы [8—11]. Важным подтверждением правильности теории является обнаружение очень узких колец около Сатурна и Урана [12, 13], которые вместе со спутниками образуют как бы планетные системы в миниатюре — размеры орбит спутников и колец подчиняются одним и тем же закономерностям. Это подтверждает предсказание теории, что кольца вокруг планеты — это еще не сконденсировавшиеся спутники. Процесс их образования идет на наших глазах.

Много данных получено также из прямых наблюдений процесса конденсации других звездных систем. Наиболее эффективным является изучение этого процесса по мазерному излучению в радиодлинах гидроксила (волна 18 см) и особенно водяного пара (волна 1,35 см). Полученные радиоизображения районов звездообразования, выполненные с помощью межконтинентальных радиоинтерферометров [14, 15], указывают, что всегда наблюдается конденсация очень большого количества объектов. Явление кратности уже сформировавшихся звездных систем — очень распространенное явление. Это также подтверждает тенденцию одновременного образования большого количества небесных тел. Важно отметить, что в большинстве случаев кратные звездные системы не только не мешают образованию планет, но скорее даже содействуют этому процессу, поскольку в кратных системах также могут существовать резонансные орбиты (орбиты, время обращения по которым кратно обращению звезд, подобно орбитам спутников системы Урана), которые наиболее благоприятны для процесса конденсации. Возникновение и развитие жизни на планетах около кратных звездных систем также возможно [16, 17]. Например, в случае двойных звезд планета может двигаться по устойчивой почти круговой далекой орбите, если звезды образуют тесную пару. Наоборот, если звезды находятся на большом расстоянии друг от друга, то планета может обращаться по устойчивой почти круговой орбите около любой из них. Пример второго типа орбит хорошо известен опять же в Солнечной системе — это движение трех тел: Солнца, планеты и спутника. Для возникновения жизни важно, что для обоих типов орбит освещенность планеты, а следовательно, и тепловой режим будут достаточно стабильны.

Надо упомянуть и о последних результатах наблюдений ближайших звезд с целью обнаружения около них планет. Наиболее тщательные и однородные наблюдения изменения положения звезды Барнарда в течение 1960—1974 гг. подтверждают наличие по крайней мере двух спутников с массами порядка 1 и 0,4 массы Юпитера. Подобные наблюдения показывают, что звезды ε Эрида-на и ζ 18.2354 также имеют планеты [18—21], и нет оснований сомневаться в большой распространенности планетных систем.

Крупным открытием является обнаружение сложных органических молекул в астрономических объектах, которые, как считается, необходимы для зарождения жизни. Главным образом методами радиоастрономии обнаружены линии излучения и поглощения, которые показывают почти повсеместное присутствие органических соединений в облаках межзвездной среды. С каждым годом обнаруживаются все новые и часто более сложные молекулярные соединения. В процессе конденсации планет такие соединения могут попадать на их поверхность, и можно не сомневаться, что исходного материала для генерации жизни достаточно.

Перейдем к вопросу о возникновении жизни. Как хорошо известно, сам механизм возникновения жизни пока еще не выявлен. Однако имеющиеся данные указывают, что этот механизм представляет строго закономерный физико-химический процесс, описывающий поведение очень сложных органических молекул и обеспечивающий очень быстрое возникновение универсального генетического кода на ранних этапах эволюции Земли [22]². Поэтому попытка доказать малую вероятность образования живой клетки в результате случайных столкновений отдельных атомов и молекул кажется совершенно неприемлемой. Выяснение процесса первоначального синтеза живой материи является исключительно трудной задачей, поскольку, по-видимому, все следы этого процесса на Земле стерты последующей биологической эволюцией. Считается, что мы живем на пороге революции в биологии. Первые шаги этого процесса были тесно связаны с расшифровкой механизма наследственности, выявленного при изучении строения клетки на молекулярном уровне. Но в то же время ясно, что биология клетки начала развиваться сравнительно недавно и, вероятно, легче научиться управлять уже существующей клеткой, чем понять, какой она была миллиарды лет назад и как возникла.

Точно так же кажется закономерным процесс эволюции жизни, возникновение цивилизации и превращение ее в высоко технически развитое общество, хотя и в этой области еще очень далеко до строго научной теории, описывающей все этапы развития.

3. В заключение этого раздела приведем некоторые оценки ожидаемого числа цивилизаций в нашей Галактике. При обсуждении проекта «Циклоп» [23] были приняты следующие величины: скорость звездообразования в Галактике 20 звезд в год; доля

из них с планетами 50%; число планет, пригодных для обитания, для каждой планетной системы 1; доля из них планет, на которых развивается жизнь, 20%; доля планет с жизнью, на которых появляется разумная жизнь, 100%; доля планет с разумной жизнью, на которых развивается техническая цивилизация, желающая установить контакты с другими, 50%. Эти цифры дают ожидаемое количество цивилизаций, одновременно существующих в Галактике, которое оказывается численно равным продолжительности (в годах) существования каждой цивилизации в фазе, когда она способна вступать в контакт с другими. Эта величина совершенно неопределенна. Она может составить и величину, сопоставимую с возрастом Галактики, т. е. миллиарды лет и миллиарды цивилизаций, одновременно существующих в нашей звездной системе. Но если исходить из предсказания скорой гибели нашей цивилизации (через десятки лет, согласно известным расчетам Римского клуба [24]), то и число одновременно существующих цивилизаций в Галактике может составлять соответственно несколько десятков. Возможно, что коэффициенты, приведенные выше, имеют несколько меньшие значения. Например, одна из последних работ [25] дает их произведение, в 50 раз меньшее. Поэтому, если принять короткую шкалу жизни, появляется аргумент доказательства единственности и уникальности жизни на Земле [5, 6]. Однако нет никаких объективных оснований полагать, что во Вселенной действует некий фатальный закон, уничтожающий любую цивилизацию через несколько десятков лет после вступления ее в стадию коммуникативности, и что этот закон уже начинает проявлять себя на Земле. Безусловно, возможность уничтожения земной цивилизации в результате разрушительной войны или истощения природных ресурсов существует. Это произойдет неизбежно, если борьба с подобными проблемами не станет в ближайшее время важнейшим аспектом человеческой деятельности. Учитывая серьезность современного положения, нет оснований отрицать возможность конструктивного решения вопроса сохранения цивилизации на Земле. Именно эта проблема и связанные с ней оценки деятельности технологического, культурного и научного развития общества являются определяющими для выработки стратегии поиска цивилизаций. Без обсуждения и принятия логически непротиворечивой модели развития цивилизаций, как уже отмечалось, невозможно проведение дальнейших исследований.

КОГО МЫ МОЖЕМ НАЙТИ?

Приведем здесь с некоторыми добавлениями соображения, изложенные ранее в [26, 27]. Мы постараемся формализовать понятие цивилизации, отдавая себе отчет, что в этой области мы еще очень мало знаем. В то же время мы не сомневаемся в возможности и полезности обобщения понятий о любой области деятельности нашей цивилизации. Исходя из главного фактора, надежно установленного астрофизикой, — единства всех основных законов

² Новые исследования данного вопроса содержатся в специальном выпуске: Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева, 1980, 25, № 4.

природы во всем наблюдаемом объеме и в течение всей эволюции Вселенной, мы вправе полагать, что известные нам естественные закономерности известны и другим цивилизациям и используются ими. Важно отметить, что наша цивилизация, как способная вступить в контакт с другими, имеет еще очень малый, возможно, даже нулевой возраст. Учитывая, что Солнечная система — объем второго поколения и ее возраст около 5 миллиардов лет, а возраст старейших объектов Вселенной может быть около 20 миллиардов лет, становится очевидным, что возраст других цивилизаций (в частности, коммуникативный возраст) может быть неизмеримо большим, чем наш. Поэтому они могут знать и много больше нашего, но их знания, во всяком случае, должны содержать то, что знаем мы. Более того, исходя опять из единообразия форм объектов и закономерностей их эволюции во всем наблюдаемом объеме Вселенной, весьма вероятно, что наши познания являются обязательным этапом в начальном развитии любой цивилизации. Эта общность делает возможной попытку сформулировать (хотя бы в самом грубом приближении) определение цивилизации. Основой для этого может быть функциональное определение понятия жизни на Земле, данное А. А. Ляпуновым [28]: «Высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул».

Это определение довольно точно отражает сущность понятия, однако, на наш взгляд, оно обладает значительным недостатком — ничего не говорит о закономерностях, в силу которых происходит зарождение, развитие и усложнение форм жизни. По-видимому, жизненный путь каждого индивидуума можно рассматривать как некоторый случайный процесс, который обусловлен определенными статистическими закономерностями. И то и другое определяется взаимодействием с внешней средой и собственным состоянием живого объекта в каждый момент. Эволюция видов также представляет статистическую закономерность в развитии индивидуумов. Общим результатом эволюции является процесс накопления информации и возможностей ее использования. Поэтому, как нам кажется, основной статистической закономерностью живых организмов является стремление получить и использовать максимум информации об окружающем и самом себе. Весьма правдоподобным представляется, что жизнь возникает благодаря возможности синтеза особого вида молекул, способных запоминать и использовать вначале самую простейшую информацию об окружающей среде и собственной структуре, которую они используют для самосохранения, воспроизводства и, что для нас особенно важно, получения еще большего количества информации. Эта закономерность проявляется в результате действия физико-химических сил, присущих этим молекулам, а также зависит от окружающих условий. Согласно биологической терминологии для низших форм жизни закономерность реализуется благодаря мутациям и естественному отбору. Можно думать, что та же закономерность яв-

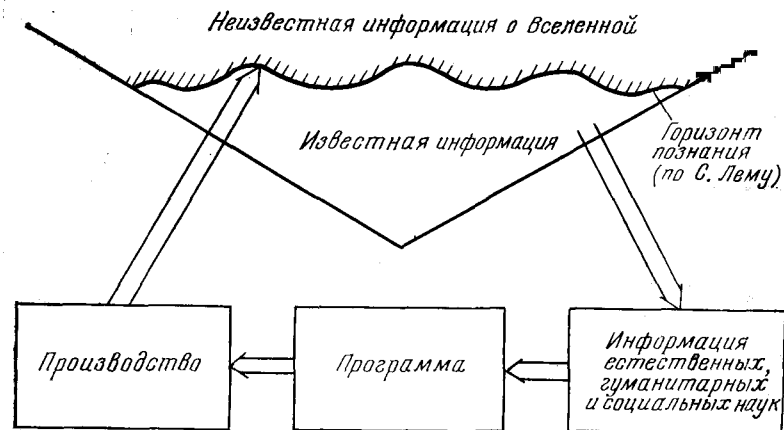


Рис. 1. Схема функционирования цивилизации

ляется единственным стимулом развития для высших форм цивилизации.

Существенным отличием высших форм жизни является способность абстрактного анализа собираемой информации. С развитием форм жизни существенную роль в эволюции начинают также играть системы живых организмов, для которых проявляется та же закономерность. Используя приведенное выше определение жизни, можно предложить следующее функциональное определение цивилизации на высшем уровне.

Цивилизация — высокоустойчивое состояние вещества, способного собирать, абстрактно анализировать и использовать информацию для получения качественно новой информации об окружающем и самом себе, для самосовершенствования возможностей получения новой информации и для выработки сохраняющих реакций; степень развития цивилизации определяется объемом накопленной информации, программой функционирования и производством для реализации этих функций.

Конкретизация метода кодирования информации в данном случае кажется неуместной, поскольку сюда следует включить и книги, и средства записи изображения, и память ЭВМ, и, возможно, искусственные формы жизни, которые могут быть созданы в будущем. Под информацией об окружающем и самом себе следует понимать сведения о неживой и живой природе (включая цивилизации), науке, технике, экономике, культуре, искусстве и т. д.

Рис. 1 поясняет приведенное выше определение. На нем показано взаимодействие цивилизации с окружающей ее Вселенной. Цивилизация использует для реализации поставленных целей производство и сумму накопленных знаний, состоящую из информации естественных и социально-гуманитарных наук, а также программу, которая анализирует эту информацию и выдает команды управления производством. Определение цивилизации предпола-

гает, что трудовая деятельность является не самоцелью, а средством реализации перечисленных в определении функций.

Следующим важным вопросом является понятие о структурности и иерархичности информации о природе и обществе. Часто вводится понятие об информационном дереве, в котором на данном этапе нам известны только отдельные ветви. Именно поэтому в определении цивилизации подчеркивается, что для развития необходимо непрерывное получение качественно новой информации — либо информации более высокого ранга, обобщающей известные законы, либо обнаружение новых, еще неизвестных ветвей информационного дерева. В связи с этим встает вопрос о связи длительности развития цивилизаций с конечностью или бесконечностью числа еще неизвестных фундаментальных законов природы. Однако по крайней мере в настоящее время имеется огромное количество фундаментальных проблем и в естественных, и в социальных науках, которые очень далеки от решения, а в процессе их решения наверняка возникнет еще большее количество новых, более глубоких проблем. Приведем несколько примеров таких не разрешенных в настоящее время проблем.

В естественных науках:

единая теория гравитации и релятивистской квантовой механики;

теория элементарных частиц;

теория, объясняющая численное значение фундаментальных физических постоянных: скорости света, постоянной Планка, гравитационной постоянной, заряда и массы электрона и протона (или объясняющая значение их безразмерных комбинаций);

вопрос о конечном или бесконечном многообразии фундаментальных законов для микромира;

теория, объясняющая, что было в начале и до начала наблюдаемого расширения Вселенной;

теория, объясняющая численные значения скорости и ускорения расширения Вселенной, ее среднюю плотность и энтропию;

теория, показывающая, что происходит внутри черных дыр (для «внутреннего» наблюдателя);

односвязно ли космическое пространство? Если нет, то, кроме наблюдаемых микро- и макромира, есть еще и другие миры;

конечно ли количество фундаментальных законов о макромире;

теория происхождения жизни на Земле и формы возникновения жизни в других областях Вселенной;

теория деятельности мозга человека и животных.

В социальных науках:

теория оптимальной организации экономики и общества, чтобы обеспечить развитие, предотвратить войну и сохранить среду обитания;

как будет зависеть эволюция цивилизации от открытия фундаментальных законов в естественных науках.

Таким образом, есть множество очень важных проблем, решение которых невозможно предсказать. Отсюда несколько выводов.

Первый вывод — для цивилизации есть очень большое, вероятно, неограниченное поле деятельности, связанное с решением проблем, подобных приведенным выше. Поэтому время развития и коммуникативной фазы очень велико, возможно, даже неограниченно.

Второй вывод — наш современный уровень составляет лишь ничтожную часть от этой фазы, и поэтому встретить «братьев по разуму» на той же ступени развития, что и мы, представляется крайне маловероятным.

Третий вывод — высокоразвитые цивилизации знают и широко используют законы, которые нам еще не известны. Это последнее обстоятельство также необходимо учитывать при разработке стратегии поиска внеземных цивилизаций.

Далее, по-видимому, целесообразно проанализировать несколько гипотетических моделей развития цивилизаций.

1. В работах [5, 6] выражается удивление, почему «взрывная волна разума» одной такой сверхцивилизации не поглотила всю Вселенную. Против такой возможности, если учесть приведенные выше соображения, можно возразить, что расширение занимаемого объема вовсе не является необходимым в деятельности цивилизации. Во-первых, если во Вселенной все одинаково, то зачем расширяться? Во-вторых, увеличение размеров системы невыгодно с точки зрения скорости обмена информацией между ее частями. Наоборот, двум цивилизациям, находящимся на больших расстояниях, выгоднее совместиться — это увеличит объем информации каждой, но число цивилизаций и занимаемый ими объем станут даже меньше.

2. Вместо модели неограниченной пространственной экспансии можно предположить следующие возможные пути деятельности цивилизации с перспективой получения информации о новых фундаментальных законах:

исследование микромира;

целенаправленные космические перелеты к наиболее интересным объектам в нашей Вселенной (например, в перспективе не полететь ли нам к центру Галактики?);

изучение возможности перехода в другие измерения (например, через заряженную черную дыру [29]).

Можно предположить, что для такой деятельности цивилизации используют большое количество энергии, и естественно ожидать, что КПД использования этой энергии достаточно высок. Тогда из термодинамических соображений расход энергии в основном перерабатывается в излучение, болометрическая интенсив-

ность которого примерно равна интенсивности окружающего источник фонового излучения, а спектральное распределение этой интенсивности будет близко к распределению излучения черного тела. Это дает одну из возможностей для поиска цивилизаций. Второе естественное предположение, которое следует попытаться проверить наблюдениями, — большое количество твердого вещества, используемого цивилизацией для астроинженерной деятельности. И наконец, последнее предположение — информационные сигналы в виде электромагнитного излучения.

Приведенные выше примеры, конечно, не исчерпывают все возможные направления деятельности цивилизаций. Однако, по-видимому, все они имеют прямое отношение к проблеме выработки стратегии поиска цивилизаций, к которой теперь мы можем непосредственно и перейти.

КАК НАДО И КАК НЕ НАДО ИСКАТЬ?

Учеными обсуждаются в настоящее время две концепции и соответственно две диаметрально противоположные стратегии поиска внеземных цивилизаций.

Первая концепция. Каждая цивилизация стабилизируется или гибнет при уровне развития, близком к нашему [24].

Стратегия. Поиск цивилизаций, подобных нашей, т. е. связанных с планетной системой, использующих технику связи, подобную нашей. Проводится поиск монохроматических сигналов от всех ближайших звезд, похожих на Солнце, с постепенным увеличением радиуса обзора.

Вторая концепция. Предполагается возможность намного более высокого развития, чем наш современный уровень.

Стратегия. Поиск суперцивилизаций, обладающих более мощными передатчиками и высокоразвитой астроинженерной деятельностью. Исследования проводятся в двух направлениях. Во-первых, изучается природа наиболее мощных (и часто наиболее далеких) известных источников излучения во Вселенной. Только после окончательного установления их естественного функционирования целесообразно перейти к исследованию более слабых объектов. Во-вторых, проводится поиск новых мощных источников излучения, особенно в малоисследованных диапазонах электромагнитного спектра.

Целесообразно искать монохроматические или импульсные связанные сигналы из центра Галактики, ядер других галактик и квазаров, от других классов астрономических объектов (если будут основания связать их с развитием цивилизации), искать следы астроинженерной деятельности на изображениях этих объектов, полученных со сверхвысоким разрешением, и детально изучать обнаруженные пекулярные источники (например, могут быть обнаружены очень большие твердотельные конструкции,

часть из которых может перемещаться с околосветовыми скоростями).

Проведенные наблюдения, сопоставление и анализ всех научных данных указывают на логическую противоречивость и бесперспективность первого направления и на необходимость сосредоточения усилий на второй возможности. При этом основное внимание надо обратить на поиск новых объектов и исследование ядер галактик и квазаров. Здесь возможны две гипотезы. Одна предполагает, что сами ядра галактик и квазары связаны с деятельностью цивилизаций. Вторая — цивилизации используют огромный поток излучения, испускаемый ядрами галактик и квазарами, подобно тому как мы используем солнечную энергию. По современным данным, мощность излучения ядра нашей Галактики в 10^6 раз, а квазара в 10^{12} раз больше светимости Солнца. По-видимому, всегда можно себе представить большие астроинженерные конструкции, находящиеся для безопасности на определенном расстоянии от этих сверхмощных энергетических источников. Поскольку плотности вещества в квазарах и ядрах галактик невелики, то, вероятно, возможно размещение конструкций и внутри них. Если использование излучения происходит с высоким КПД, то, как уже отмечалось, указанные конструкции будут источниками почти чернотельного излучения. Его температура будет находиться в диапазоне от 2,7 К (равновесие с реликтовым фоном) и выше, если это необходимо для нормального функционирования конструкций или если интенсивность окружающего фона превышает реликтовое излучение.

Развитие земной цивилизации с сохранением современных темпов, экстраполированное на интервалы времени, даже много меньшие космологических, соответствует уровню энергетики квазаров и ядер галактик. Важно отметить, что по астрофизическим представлениям эти источники являются объектами, родившимися в первом поколении эволюции Вселенной, одновременно с образованием первых звезд в галактиках.

Другими объектами первого поколения являются звезды-субкарлики, которые составляют около 20% всех звезд нашей Галактики (или 20 млрд. звезд). Основная особенность звезд-субкарликов — сферическое распределение с концентрацией их к галактическому центру.

Орбиты этих самых старых в Галактике объектов почти радиальны, они проходят весьма близко от галактического ядра, а возраст субкарликов (следовательно, и возможный возраст цивилизаций, зародившихся на них) на 10—15 млрд. лет больше возраста Солнечной системы. Поэтому задачей исследований, связанных с поиском цивилизаций в нашей Галактике, и одновременно важнейшей задачей астрофизики является полное понимание явления, происходящих в сферической составляющей звездного населения и ядре.

Оптимальный диапазон длин волн для поиска искусственных сигналов из ядра нашей Галактики, ядер других галактик и ква-

заров существенно отличается от диапазона наиболее выгодной связи с ближайшими звездами. Эти объекты, природа которых до сих пор не известна, обладают сильным собственным радиоизлучением синхротронного происхождения, охватывающим весь радиодиапазон. Кроме того, для них оказывается очень сильным эффект рассеивания радиоволн в облаках окружающей их плазмы. Учитывая оба обстоятельства, вероятно, наиболее выгодной является волна не 21 см, а район максимума интенсивности реликтового фона. Более подробно вопрос о выборе диапазона будет рассмотрен ниже. Интересно отметить, что если цивилизация, находящаяся в далеком внегалактическом объекте, излучает сигналы в этом диапазоне, то наблюдатели в нашей галактике, несмотря на изменение спектра фона за время распространения сигнала, будут регистрировать сигналы также в области максимума реликтового фона, который они наблюдают. Для нас диапазон максимума интенсивности реликтового фона соответствует длине волны 1,7 мм, и в этом диапазоне можно пытаться обнаружить и специальные информационные сигналы, и тепловое излучение больших астроинженерных конструкций. В этой связи исключительно интересным является выяснение того, что собой представляет точечный радиоисточник (менее размеров Солнечной системы), излучающий на коротких волнах и расположенный строго в центре Галактики [30, 31]. Что собой представляют несколько источников инфракрасного излучения около центра, температура которых близка к комнатной [32—34]? Нас не должны пугать всплески сильного рентгеновского излучения из района центра [35] — ведь мы можем рассчитывать на технологию и меры защиты, совершенно несопоставимые с нашими современными возможностями.

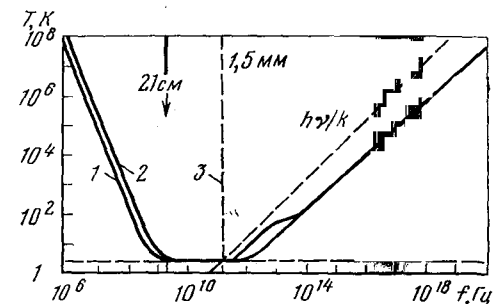
Нет ли опасности потерять здравый смысл, если приписывать реально наблюдаемым астрофизическим явлениям такое содержание? Вероятно, на современном этапе наиболее целесообразно для объектов неизвестной природы одновременно держать в голове обе возможности — «естественное» объяснение объектов, возникших в результате эволюции безжизненной Вселенной, и объектов, которые можно было бы назвать «космическим чудом», которые могли бы возникнуть как следствие длительной эволюции разумной жизни во Вселенной. Обе концепции способны генерировать эксперименты, ставя которые мы выясним, какое из предположений ближе к истине. Поэтому «презумпция естественности» каждого астрономического объекта [36] кажется совершенно неприемлемой. Такая презумпция является насилием над творческой деятельностью. Каждый ученый имеет право работать в рамках своей системы взглядов и интуиции.

Есть еще очень важное обстоятельство, которое надо иметь в виду при обсуждении возможности существования и программы поиска суперцивилизаций. Их деятельность может быть в основном связана с тем, о чем мы не подозреваем. Как уже отмечалось выше, очень важным и совершенно неразработанным является,

например, вопрос о возможной многосвязности нашего пространства. Не может ли оказаться, что после некоторого периода развития каждая цивилизация узнает «все о своей Вселенной» (учитывая, что ее свойства одинаковы во всех направлениях и во времени)? И тогда единственный выход из тупика — контакт с другими сверхцивилизациями и, если это возможно, уход в иное пространство. Может быть, все это и есть причина, почему не видно следов деятельности других цивилизаций на Земле и в ближайших окрестностях Солнечной системы? Это все, конечно, только предположения, которые показывают разнообразие ситуаций при решении задачи поиска.

Рис. 2. Частотная зависимость яркостной температуры космического электромагнитного фонового излучения

1 — данные радио-, субмиллиметрового и инфракрасного диапазонов для галактического полюса;
2 — то же, для галактической плоскости;
3 — центроид спектра реликтового фона.
T — планковская температура



Приведем, наконец, основные оценки возможности обнаружения внеземных цивилизаций для современных технических средств. Достоверность таких расчетов весьма высока, так как она опирается на известные условия распространения электромагнитных сигналов в космической среде.

В работе [37] рассматривался выбор оптимального диапазона длин волн для передач СЕТИ. Рис. 2 показывает частотную зависимость яркостной температуры электромагнитного излучения фона из далекого космоса. На рисунке отмечены два главных диапазона СЕТИ. Область знаменитой линии водорода около 21 см соответствует предположению о всенаправленном излучении передатчика и обосновывает поиск сигналов в этом диапазоне от ближайших планетных систем. Нам кажется, что стратегия изотропного излучения очень маловероятна. Применение высоконаправленных антенн дает огромный выигрыш в потенциале связи. В то же время направления, куда наводит передающую и приемную антенны, хорошо известны по крайней мере для программ изучения ближайших звездных систем.

Кажется, не будет большим преувеличением считать, что в перспективе недалекого будущего могут быть известны все звезды нашей Галактики. Их около 10^{11} — число, которое может быть записано даже в настоящее время на магнитной ленте, а перспективные телескопы, работающие в оптическом и инфракрасном диапазоне, способны обнаружить звезды типа Солнца (и более слабые) на противоположном краю Галактики и даже через пылевые

облака. Поэтому о существовании нашей планетной системы для другой цивилизации скорее всего будет известно.

Таким образом, предположение о взаимной направленности передающей и принимающей антенн кажется обоснованным. В этом случае оптимальным диапазоном является район минимума яркостной температуры фона неба, что близко к центроиду спектра реликтового фона ($\lambda \approx 1,5$ мм) или к выдающейся спектральной детали легчайшего атома, образованного рекомбинацией электрона и позитрона — позитрония. Его основное состояние имеет расщепление у $\lambda = 1,47$ мм (аналогичное линии 21 см водорода). Этот диапазон является одинаково оптимальным как при исследовании ближайших планетных систем, так и для больших расстояний.

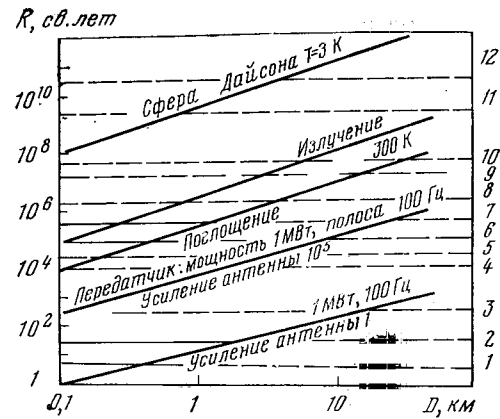
Миллиметровый диапазон может также использоваться для обнаружения больших астроинженерных конструкций. Для подобных исследований необходимо очень высокое угловое разрешение, которое может быть достигнуто применением методики интерферометрии со сверхдлинными базами в этом диапазоне.

Поиск связанных сигналов и теплового излучения (или экранирования) большими конструкциями может проводиться на существующих и строящихся радиотелескопах миллиметрового диапазона. Но, вероятно, для получения положительных результатов необходимо иметь специальные очень большие радиотелескопы и интерферометры с базой, существенно превышающей диаметр Земли. Такие радиотелескопы, вероятно, необходимо создавать не на Земле, а в космосе (на геостационарной или более высоких орбитах). Оценки затрат показывают, что при диаметре антенн в несколько километров их стоимость при сооружении в космосе даже меньше, чем сооружение антенн с эквивалентной площадью на Земле. Это обусловлено в первую очередь отсутствием силы тяжести. Отметим также существенное преимущество космического варианта благодаря отсутствию атмосферы, которая является существенным препятствием при исследованиях в миллиметровом диапазоне. Проекты крупных космических радиотелескопов разрабатываются как в нашей стране [38], так и в США [39].

Согласно работе [38], рассматривается проект сооружения космических радиотелескопов с диаметром зеркала до 10 км. Расчеты показывают, что дальность обнаружения цивилизаций по собственному излучению астроинженерных конструкций, поглощению или отражению ими радиоизлучения фона и по информационным сигналам возрастает до предельной величины, сравнимой с радиусом кривизны Вселенной, в зависимости от диаметра антенны D . Эти выводы иллюстрируются рис. 3. Оценки обнаружения астроинженерных конструкций (сфера Дайсона с температурами 3 и 300 К) или связанных сигналов приведены для весьма скромного энергопотребления сверхцивилизации — порядка одной солнечной светимости и диапазона миллиметровых

Рис. 3. Зависимость радиуса обнаружения R от диаметра принимающей антенны D

Горизонтальные штриховые линии:
1 — ближайшая звезда;
2 — 10^3 ближайших звезд;
3 — 10^6 ближайших звезд;
4 — ближайшее шаровое скопление М31;
5 — центр Галактики;
6 — граница Галактики;
7 — ЛМС;
8 — галактика М31;
9 — радиогалактика Cent A;
10 — скопление галактик Комы;
11 — квазар 3C273;
12 — радиус Вселенной



волн. На рисунке показаны также возможности обнаружения передатчиков, аналогичных существующим на Земле (концепция «земного шовинизма»). Дальность обнаружения для эволюционной концепции при тех же средствах исследования оказывается на много порядков большей.

В заключение приведем основные выводы. Астрофизические исследования, данные биологии, кибернетики и других наук показывают большую вероятность обнаружения внеземных цивилизаций. В настоящее время необходим кардинальный пересмотр исходных представлений о том, какими могут оказаться эти цивилизации и какова должна быть методика их поиска. По нашему мнению, единственной плодотворной концепцией является предположение о существовании суперцивилизаций (в которую может, в частности, превратиться и наша). Основными методами их обнаружения является ряд экспериментов.

Во-первых, поиск и исследование источников чернотельного излучения с максимумом интенсивности в диапазоне миллиметровых — инфракрасных волн с целью выявления очень больших конструкций. Обнаружение конструкций возможно также по их экранирующему действию или по отражению от них фонового космического излучения в различных диапазонах. Здесь кажется очень перспективным синтезирование изображений исследуемых источников с помощью интерферометров со сверхдлинной базой или выявление очень компактных объектов методом мерцания (т. е. модуляция излучения, обусловленная прохождением сигнала через неоднородную космическую плазму). Для получения сверхвысокого разрешения в интерферометрическом режиме и при наблюдениях методом мерцаний необходимо размещение радиотелескопов на расстояниях, превышающих диаметр Земли.

Во-вторых, поиск связанных сигналов от подозреваемых объектов. Оптимальный диапазон длин волн для таких сигналов должен рассчитываться с учетом фонового радиоизлучения в окрестностях источника и условий распространения сигналов в косми-

ческой плазме. Весьма перспективным представляется диапазон миллиметровых волн, где находится максимум реликтового фона. Предполагается, что эти эксперименты либо приведут к выявлению связи уже известных астрономических объектов с деятельностью цивилизаций, либо позволят обнаружить совершенно новый класс таких источников. Оценки возможности обнаружения показывают, что в результате реализации тщательно подготовленных экспериментов, основанных на логически непротиворечивой эволюционной концепции и использующих новые крупнейшие радиотелескопы, программа поиска внеземных цивилизаций может дать положительные результаты даже в течение ближайшего десятилетия и огромный объем информации, накопленный во Вселенной за миллиарды лет, станет доступным и для человечества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 319.
2. Программа СЕТИ. — Астрон. журн., 1974, 51, № 5, с. 1125.
3. *Dizon R. S., Cole M. D.* A modest all-sky search for narrowband radio radiation near the 21-cm Hydrogen line. — *Icarus*, 1977, 30, p. 267—273.
4. *Murray B., Gulbis S., Edelson R.* Extraterrestrial intelligence: An observational approach. — *Science*, 1978, 199, N 4328, p. 485—492.
5. *Шкловский И. С.* О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — *Вопросы философии*, 1976, № 9, с. 80—93.
6. *Hoerner S. von.* Where is everybody? — *Naturwissenschaften*, 1978, 65, S. 553.
7. *Horowitz P.* A search for ultra-narrowband signals of extraterrestrial origin. — *Science*, 1978, 201, p. 733.
8. *Доул С.* Планеты для людей. М.: Наука, 1974.
9. *Dole S.* Computer simulation of the formation of planetary systems. — *Icarus*, 1970, 13, p. 494.
10. *Isaakman R., Sagan C.* Computer simulations of planetary accretion dynamics: sensitivity to initial conditions. — *Icarus*, 1977, 31, p. 510—533.
11. *Morrison N., Morrison D.* Supernova-induced formation of stars and planetary systems. — *Mercury*, 1978, 7, p. 40.
12. *Elliot J., Duuhem E., Mink D.* The rings of Uranus. — *Nature*, 1977, 267, p. 328.
13. *Dermott S., Gold T.* The rings of Uranus: Theory. — *Nature*, 1977, 267, p. 590.
14. *Батчелор Р., Джонси Д., Джонстон К.* Глобальный телескоп. — *Письма в «Астрон. журн.»*, 1976, 2, с. 467.
15. *Walker R., Johnston K., Burke B., Spencer J.* VLBI Observation of high-velocity H₂O emission in W49N. — *Astrophys. J.*, 1977, 211, p. L135.
16. *Fleck R.* On the origin of close binary and planetary systems. — *Astrophys. J.*, 1978, 225, p. 198.
17. *Harrington R., Harrington B.* Can we find a place to live near a multiple star? — *Mercury*, 1978, 7, p. 40.
18. *Kamp P. van de.* Astrometric study of Barnard's star from plates taken with the Sproul 61-cm refractor. — *Astron. J.*, 1975, 80, p. 658.
19. *Kamp P. van de.* Unseen astrometric companions of stars. — *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.*, 1975, 13, p. 295.
20. A planet for a third nearby star? — *Science News*, 1977, 111, p. 404.
21. Barnard's star updated: News notes. — *Sky and Telescope*, 1979, 57, p. 247.
22. *Tze-Fei Wong J.* — *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1976, 73, p. 2236.
23. *Oliver J. B., Billingham J.* Project Cyclops: A Design Study of a System for Detecting Extraterrestrial Intelligent Life. NASA Contract Rept., 1973, CR114445.

24. The limits of grows. N. Y.: Univ. books. Potomac Associated book, 1972.
25. *Hohlfeld R., Terzian Y.* Multiple stars and the number of habitable planets in the Galaxy. — *Icarus*, 1977, 30, p. 598.
26. *Кардашев Н. С.* — В кн.: *Внеземные цивилизации*. М.: Наука, 1969, с. 43—52.
27. *Кардашев Н. С.* О стратегии поиска внеземных цивилизаций. — *Вопросы философии*, 1977, № 12, с. 43.
28. *Ляпунов А. А.* Об управляющих системах живой природы и общем понимании жизненных процессов. — *Проблемы кибернетики*, 1963, вып. 10, с. 179.
29. *Кардашев Н. С.* — В кн.: *Проблема СЕТИ*. М.: Мир, 1975, с. 166—172.
30. *Davies R., Walsh D., Booth R.* The radio source at the Galactic nucleus. — *Month. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1976, 177, p. 319.
31. *Kellermann K., Schaffer D., Clark B.* The small radio source at the Galactic Center. — *Astrophys. J.*, 1977, 214, p. L61.
32. *Rieke G., Low F.* Infrared Mars of the Galactic nucleus. — *Astrophys. J.*, 1973, 184, p. 415.
33. *Becklin E., Neugebauer G.* High-resolution maps of the Galactic center at 2,2 and 10 microns. — *Astrophys. J.*, 1975, 200, p. L71.
34. *Lacy J., Baas F., Townes C. H.* Observation of the motion and distribution of the ionized gas in the central parsec of the Galaxy. — *Astrophys. J.*, 1979, 227, p. L17.
35. *Hyles C., Skinner G., Willmore A., Rosenberg F.* X-ray outburst from the direction of the Galactic center. — *Nature*, 1975, 257, p. 291.
36. *Шкловский И. С.* — В кн.: *Проблема СЕТИ*. М.: Мир, 1975, с. 133.
37. *Kardashev N. S.* Optimal wave length region for communication with extraterrestrial intelligence: $\lambda = 1,5$ mm. — *Nature*, 1979, 278, p. 28.
38. *Буякас В. И., Гааличава А., Горшков Л.* и др. Неограниченно наращиваемый космический телескоп. — *Космич. исслед.*, 1978, 16, № 5, с. 767; № 6, с. 924.
39. *Morrison Ph., Billingham J., Wolf J.* The Search for Extraterrestrial Intelligence — SETI. NASA Spec. Publ., 1977, SP419.

УДК 523.164.42

С. А. Каплан, Н. С. Кардашев

АСТРОИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ОБНАРУЖЕНИЯ

Термин «астроинженерия» уже широко используется в литературе по проблеме СЕТИ, хотя до сих пор нет его четкого определения. По-видимому, под этим следует понимать деятельность разумных систем, изменяющих структуру и свойства небесных тел. Здесь можно представить себе, по крайней мере в первом приближении, две возможности.

1. Цивилизация не может ограничиться рамками той планеты, на которой она возникла, и выходит за ее пределы, создавая так называемые космические колонии, т. е. конструкции, на которых можно осуществить условия для постоянного проживания заметной или даже большей части населения данной цивилизации. Эти колонии используют заметную часть энергии основной звезды и могут быть построены из материала вещества других планет.

2. Еще более развитые цивилизации могут, по крайней мере в принципе, преобразовывать звезды с целью получения тех или иных выгод.

Долгое время вопрос об астроинженерной деятельности казался сугубо фантастичным, но теперь ему уделяется серьезное внимание, поскольку представляется достаточно вероятным предвидение Циолковского, что по мере развития земной цивилизации все большая часть человечества будет переселяться в космос, а основой такого переселения может быть только астроинженерная деятельность.

Даже если решение проблемы СЕТИ отодвинется в далекое будущее, астроинженерия (точнее, ее первый этап развития) должна скоро оказаться в центре интересов заведомо существующей нашей земной цивилизации.

Сейчас очень трудно говорить о каких-либо конкретных деталях возможной астроинженерной деятельности, но можно сформулировать определенные требования и на основе их описать принципиальные возможности.

Недостаток строительного материала и требование получить как можно больший объем (например, для расселения цивилизации) или как можно большую поверхность (для перехвата энергии излучения центральной звезды системы) диктуют следующие направления деятельности.

1. Можно строить конструкции «оболочечного» типа, т. е. конструкции в виде замкнутых полостей, внутри которых могут быть смонтированы технические устройства или созданы условия для жизнедеятельности.

2. Возможны конструкции «иерархического» типа, состоящие из последовательных ступеней. Лучше всего пояснить этот тип конструкций на примере, предложенном Дайсоном [1]. Элементом первой ступени является стальная балка, длина которой в 100 раз больше толщины. Двенадцать таких балок соединяются в правильный октаэдр. Далее 100 октаэдров соединяются последовательно в линейную конструкцию, которая служит «балкой» второй ступени — октаэдра, каждое ребро которого представляет собой «столб» из 100 октаэдров первой ступени. Сто соединенных последовательно октаэдров второй ступени дают ребро октаэдра третьей ступени и т. д.

В конструкциях оболочечного типа (мы ниже рассмотрим модель такой конструкции, предложенной О'Нейлом [2]) масса конструкции M увеличивается с ее размером D , как $M \propto D^2$. Здесь предполагается, что толщина оболочек примерно постоянна. В конструкциях иерархического типа увеличение массы с размером системы более медленное — в идеальном случае $M \propto D^{1/2}$. В таких конструкциях плотность вещества в системе быстро падает с увеличением ее размеров: $\rho \propto D^{-1/2}$. Здесь, может быть, стоит упомянуть об аналогии с известной моделью Вселенной Шарлье. Иерархические конструкции, которые легко могут быть сделаны сплошными при помощи тонких пленок, можно исполь-

зовать, в частности, для создания огромных экранов, отражающих или поглощающих энергию излучения, т. е. для построения известных сфер Дайсона.

Перейдем теперь к оценке максимального размера астроинженерных конструкций, базируясь на данных технологии современного уровня цивилизации. Очевидно, что этот размер определяется балансом между действием приливных гравитационных сил, стремящихся ее разорвать, и сопротивлением твердых тел изгибам или разрывам, т. е. действием сил упругости. Максимально допустимый размер следует из таких соображений. В поле тяжести с ускорением g твердое тело сопротивляется сжатию. Если его высота D , предел прочности T и плотность ρ , то они связаны соотношением $gD \approx T/\rho$. Отсюда, кстати, находится и высота земных гор $D \approx 10$ км, если принять для $T/\rho \approx 10^9$ см²/с².

У астроинженерной конструкции, находящейся на орбите вокруг центрального тела, роль ускорения силы тяжести играет приливное ускорение, которое зависит от размера тела D и радиуса орбиты R . По существу приливное ускорение в D/R раз меньше гравитационного. Подставляя вместо g величину gD/R , где g — ускорение силы тяжести на орбите, получим соотношение

$$D \approx \sqrt{(T/\rho)(R/g)}, \quad (1)$$

которое и определяет верхний предел размера астроинженерной конструкции. Для тела, находящегося на круговой орбите вокруг Земли с высотой 300 км при $T/\rho \approx 10^9$ см²/с², получим $D \approx 260$ км, для геостационарной орбиты $D \approx 4000$ км, а для конструкции на орбите вокруг Солнца (на расстоянии 1 а. е.) имеем $D \approx 1,5 \cdot 10^6$ км, т. е. в 2 раза больше Солнца [1]. Вероятно, однако, эти максимальные размеры сильно завышены, и такие конструкции, находящиеся на пределе разрушения, вряд ли удастся осуществить. Однако величины, в несколько раз меньшие, уже кажутся реальными.

Теперь возвратимся к идеализированной иерархической модели Дайсона. Если считать, что основой конструкции является стальная балка толщиной в 1 см и длиной в 1 м, то для построения конструкции размером в 260 км потребуются четыре ступени с общей массой 10^6 т, а для создания огромной конструкции размером порядка 10^6 км понадобится всего шесть ступеней с общей массой $3 \cdot 10^{11}$ т, т. е. $5 \cdot 10^{-11}$ массы Земли.

Дайсон [1] считает, что земная цивилизация, построив 200 тысяч подобных конструкций и затратив на них массу, равную всего 10^{-5} массы Земли, сможет перехватывать все излучение Солнца и тем самым добиться полного использования солнечной энергии. То же могут сделать и другие внеземные цивилизации. Более того, Дайсон в той же работе предлагает и механизм «раскрутки» планет, с помощью которого можно ускорить вращение планеты до такой степени, что из ее экваториальной области начнется истечение вещества — оно и будет использоваться для постройки сфер Дайсона.

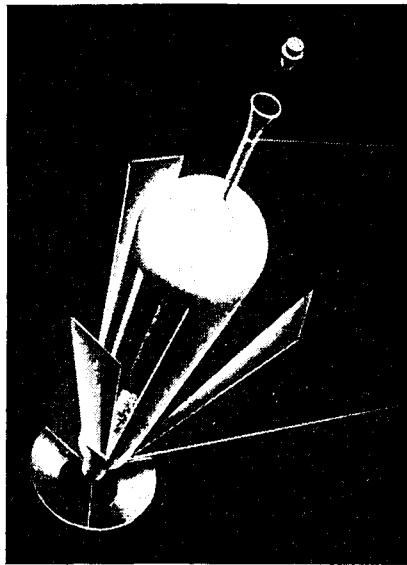


Рис. 1. Общий вид цилиндрического поселения по О'Нейлу

для своего дальнейшего развития лишь тот материал, который она может добывать, например, на астероидах.

На рис. 1 дана схема устройства такой колонии, которую мы здесь и опишем в общих чертах.

Основой структуры колонии является цилиндр, разделенный на шесть продольных секций (по новым моделям вместо цилиндра строится тор). Три секции сделаны из прозрачного материала (солнечные окна) и три секции, чередующиеся с ними, непрозрачны (автор называет их «долинами»). Конструктивно такой цилиндр может быть сделан из продольных лонжеронов в виде стальных канатов и кольцевых шпангоутов. В непрозрачной части имеется покрытие из титана и алюминия, т. е. элементов, имеющих в изобилии на Луне. Прозрачные секторы покрыты пластиком. Внутри цилиндров имеется воздух при атмосферном давлении, и сами цилиндры находятся в состоянии быстрого вращения. Конструкция должна выдержать атмосферное давление и центробежные силы, что и определяет требования к прочности, количеству материала и его стоимости.

Внутри цилиндров создаются условия для нормальной жизни, максимально приближенные к земным условиям.

Непрозрачные секторы — «долины» — покрыты слоем почвы толщиной около 1,5 м. Более того, здесь может быть создан холмистый или даже горный пейзаж. Диаметр цилиндров настолько большой, что рассеяние света в воздухе внутри цилиндров создает голубой цвет неба. Более того, в атмосфере внутри цилиндров можно создать

Модели Дайсона представляют собой некоторые идеализированные схемы, и сейчас невозможно сказать, когда они могут стать реальностью.

О'Нейл [2] опубликовал проект уже более реальной астроинженерной конструкции, к которому вполне серьезно отнеслись компетентные круги, в частности НАСА. В основу системы О'Нейла положена оболочечная конструкция. Каждая колония представляет собой замкнутую экологическую систему, полностью обеспечивающую себя энергией и почти полностью — технологическими и сельскохозяйственными материалами.

Каждая колония может существовать почти независимо долгое время, не загрязняя окружающей среды и используя

облака, плавающие на расстояниях в несколько сот километров от внутренней поверхности цилиндров.

На поверхности «долин» строятся жилые дома земного типа (двух-трехэтажные), перемежающиеся садами и парками. Технологические устройства вынесены в отдельные районы.

Впрочем, такие детали (горы, облака с дождями, сады) нужны лишь для создания «земного уюта» — продукты питания могут производиться в отдельных агрокультурных площадях, расположенных снаружи обитаемых цилиндров. Каждая из агрокультурных конструкций может быть создана так, чтобы выращивать наиболее экономичным образом именно тот сельскохозяйственный продукт, для производства которого она предназначена.

Прозрачные секторы — окна имеют подвижные «ставни» — зеркала. В открытом состоянии они направляют солнечное излучение внутрь цилиндров, в закрытом — создают «ночь» для обитателей колонии. Цилиндр всегда направлен осью на Солнце, и его ближайшее к Солнцу основание имеет солнечную электростанцию мощностью 120 кВт в расчете на одного человека.

Особое значение имеет поддержание и изменение по программе ориентации всей конструкции в пространстве. О'Нейл предлагает для решения этой проблемы строить колонию из двух связанных цилиндров, вращающихся в разные стороны, так что суммарный угловой момент системы равен нулю. Одновременно можно создать и медленный поворот оси станции для того, чтобы имитировать сезонные изменения. Расстояние между цилиндрами обеих станций может всего в несколько раз превышать их диаметры, и путешествие из одного цилиндра в другой займет всего несколько минут. О'Нейл подробно описывает, насколько оптимальной будет жизнь в предлагаемых им астроинженерных сооружениях; в частности, там можно заниматься всеми земными видами спорта и придумать новые. При этом стоит учесть, что для конструкций, связанных с оболочкой цилиндров, эквивалентная сила тяжести, созданная вращением, уменьшается по мере «подъема», т. е. перемещения от «жилой» внутренней поверхности к оси цилиндра. Конструкции, не связанные с оболочкой цилиндров, могут свободно парить во внутреннем объеме.

Приведем некоторые числовые данные, характеризующие проект О'Нейла. По его мнению, уже сейчас можно реально обсуждать последовательное построение четырех моделей космических колоний, и он предлагает следующие сроки для их сооружения, которые кажутся нам, однако, слишком оптимистическими: 1988, 1996, 2002 и 2008 гг. Первая модель могла бы иметь радиус 100 м при длине 1000 м. Вращение с периодом в 21 с создает на ее внутренней поверхности земное ускорение силы тяжести. В подобной колонии можно было бы разместить до 10^4 человек.

Основная задача первой колонии — разработать систему полного самообеспечения и начать сооружение второй колонии с внутренней поверхностью цилиндров, в 10 раз большей. Затем еще дважды удесятывается площадь и, наконец, конструируется чет-

вертая модель с диаметром в 6—7 км и длиной цилиндров в 30—40 км. Период вращения цилиндров около 2 мин. Это уже постоянные колонии с постоянным же населением, включая и детей. По мнению О'Нейла, в каждой колонии четвертой модели может жить до 20 млн. человек. По его мнению, через 35—40 лет до 90% всего земного населения будет жить в подобных космических колониях, а в дальнейшем космическое население во много раз превысит земное (рис. 2).

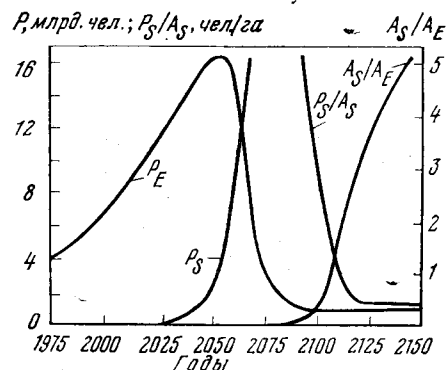


Рис. 2. Темпы космической колонизации по О'Нейлу

P_E и A_E — население и используемая площадь Земли; P_S и A_S — население и используемая площадь колоний; P_S и P_E выражены в млрд. человек; P/A — плотность населения, выражена в единицах человек/га

Автор думает, что космическая колонизация позволяет решить все важнейшие экономические затруднения на Земле: перенаселенность, ограниченность производства продуктов питания, энергетики, природных ресурсов, проблему загрязнения среды.

О'Нейл отмечает ряд преимуществ жизни в подобных колониях. Здесь очень упрощается решение многих технологических и транспортных проблем, и поэтому жизнь оказывается более экономичной и в то же время более комфортабельной.

Детально рассчитывалась стоимость создания первой и второй модели колоний. Колония первого типа весит около 500 тыс. т. Если основные материалы для ее постройки доставляются с Луны, то ее удобнее всего поместить в одной из двух точек либрации системы Земля—Луна, это обеспечивает устойчивость конструкции и экономично при доставке грузов. Оценки показывают, что 98% материала для постройки первой колонии можно взять с поверхности самой Луны. Поэтому первую колонию удобнее строить из алюминия и стекла — этих элементов на Луне много. С Земли следует привезти только машины, некоторое начальное оборудование и, главное, жидкий водород (кислород на Луне есть). Понадобится доставить на место сборки станции с Земли около 4 тыс. т оборудования и 5,4 тыс. т жидкого водорода. Разумеется, с Земли доставляют и примерно 2000 человек, которые будут создавать колонию.

Любопытны сделанные О'Нейлом оценки финансовых затрат на создание первой колонии (в долларах 1972 г.). Всего потребуется около 30 млрд. долларов. Это примерно равно стоимости

всей программы Аполлон. Из них только 8,5 млрд. долларов понадобится для того, чтобы перевезти свыше 400 тыс. т материала с поверхности Луны в место нахождения станции. Доставка людей с Земли потребует 2,2 млрд. долларов, их зарплата (из расчета 20 тыс. на человека в год для работающих на Земле и 50 тыс. на человека в год для работающих на орбите) составит 7,8 млрд. долларов. Впрочем, и эти числа кажутся, по-видимому, нереальными. Последние оценки стоимости проекта уже повышены до 100 млрд. долларов, в действительности осуществление проекта типа предложенного О'Нейлом, вероятно, будет стоить многие сотни млрд. долларов.

Далее автор оценивает стоимость сооружения второй модели: она будет всего на 10% больше первой, несмотря на десятикратное увеличение полезной площади. Существование первой модели, на которой будет проведена большая часть подготовительных работ, даст ощутимую экономию при сооружении второй. Для построения второй модели также можно использовать лунный материал, но дальше, для третьей и четвертой моделей, удобнее использовать вещество астероидов, тем более что их разбирать легче, чем планеты. Между прочим, автор отмечает существенную выгоду как строительства колоний, так и жизни в них, связанную с тем, что транспортные расходы при перемещении в пространстве вне планет будут очень дешевыми, а распределение энергии в каждой колонии не потребует сложных и длинных коммуникаций.

О'Нейл также обсуждал и социально-политическую структуру таких колоний, каждая из которых в случае четвертой модели может иметь многомиллионное население. По существу каждая такая колония рассматривается как государство, которое может быть независимым от других колоний-государств в смысле обеспечения себя энергией и продуктами сельского хозяйства.

Мы несколько подробнее остановились на проекте О'Нейла потому, что сравнительная реальность этого проекта наглядно иллюстрирует возможности и перспективы астроинженерной деятельности. Можно не сомневаться, что астроинженерная деятельность является необходимой в развитии любой технологической цивилизации.

До сих пор мы рассматривали астроинженерную деятельность, сводящуюся к преобразованию планетных систем. Очень продвинутые цивилизации могут заняться и звездами. В той же работе Дайсона [1] приводятся соображения, как разумные существа могут изменить направление движения звезд, сталкивать их между собой, добывая таким образом массу и энергию. Все это не противоречит известным законам физики.

Астроинженерная деятельность может, по крайней мере в принципе, распространяться на атмосферы звезд. Подобный проект предложил Андерсон [3]. В самом деле, искусственное сооружение в атмосфере звезды может быть защищено от высокой температуры магнитной ловушкой, а от поля излучения можно защититься отражающим плазменным экраном с лентгмюровской

частотой, большей частоты максимума излучения в спектре звезды. Размеры подобных конструкций должны быть невелики (порядка 100 м), так как большие размеры не выдержат сильного гравитационного поля. Массы этих конструкций могут достигать сотен и тысяч тонн. Впрочем, магнитные поля могут не только служить защитой от высокой температуры, но и поддерживать конструкции. Необходимая напряженность — порядка 10^3 — 10^4 Гс. По мнению Андерсона, в атмосферах звезд может быть создана технология, более эффективная по коэффициенту удельной мощности по сравнению с земной технологией и более выгодная по экономическим условиям.

Поэтому Андерсон предлагает искать подобные внеземные цивилизации у пекулярных магнитных звезд класса Ар.

В связи с изложенным очень важное значение имеет обсуждение возможностей наблюдения результатов астроинженерной деятельности. Конструкции космических колоний представляют собой твердые тела, температура которых не может превышать 10^3 К и, вероятно, порядка 300 К. Правда, возможно, что астроинженерные конструкции будут построены из сверхпроводящих материалов, и тогда их температура может быть очень низкой, даже близкой к температуре реликтового фона (3 К). Очевидно, что астроинженерные конструкции должны излучать свою тепловую энергию в диапазонах инфракрасных, субмиллиметровых и миллиметровых волн со спектром, близким к планковскому. Максимум в спектре попадает в интервал длин волн от 2 мм (при $T = 3$ К) до 7 мкм (при $T = 10^3$ К). Наиболее вероятен максимум излучения около 10—20 мкм ($T \approx 300$ К) или около 1—2 мм ($T \approx 3$ К).

Если астроинженерные конструкции используют большую часть энергии центральной звезды (как в случае сферы Дайсона), то такая система должна быть очень эффективным источником с инфракрасной или «миллиметровой» светимостью порядка солнечной. Следовательно, наличие очень интенсивного инфракрасного или радиоизлучения позволяет подозревать существование в подобных источниках внеземных цивилизаций.

В настоящее время известно много источников со светимостью в этих диапазонах, близкой к солнечной или даже много большей. К таким источникам принадлежат протозвезды, звезды с очень протяженными оболочками, плотные пылевые туманности. Особенно интересен класс так называемых звезд-коконов. В этом случае инфракрасное излучение обязано переизлучению света звезд частицами космической пыли, находящейся в окрестностях звезды. До сих пор ни в одном случае не было каких-либо данных, указывающих на существование искусственного происхождения инфракрасного излучения во всех этих объектах.

Наиболее важной представляется на первом этапе задача проведения поискового обзора всего неба (или хотя бы плоскости Галактики) в инфракрасном и миллиметровом диапазонах с последующим анализом природы обнаруженных источников.

Однако один район неба нам хотелось бы отметить уже теперь.

Существующие представления о строении и эволюции Галактики выделяют в особую область район ее ядра. По-видимому, именно здесь процесс звездообразования начался раньше всего. Наблюдающееся большое количество пыли и газа в центре Галактики указывает на обилие исходного материала для конденсации планет. В то же время для высокоразвитых цивилизаций, образовавшихся вне центрального района, эта область должна представлять несомненный интерес как самое богатое «месторождение» вещества и самый мощный (потенциально) источник энергии. Отметим, что в сфере радиусом 100 пк (составляющей менее одной миллионной объема Галактики) содержится около миллиарда звезд, а в сфере радиусом 1 пк (порядка расстояния от Солнца до ближайшей звездной системы в созвездии Центавра) содержится масса около 10 миллионов солнечных масс! Интереснейшей проблемой ближайших лет представляется исследование структуры и физических условий в этом районе.

Из многочисленных работ известно существование необычного скопления инфракрасных источников в центре нашей Галактики и в центрах других галактик. В работах [4—8] были получены инфракрасные карты центральной области Галактики с разрешением до $1,5''$. В сфере диаметром 1 пк вокруг центра было обнаружено 15 источников. Для четырех самых ярких источников температуры равны 250—300 К. Наиболее вероятно, что все эти источники являются естественными астрономическими объектами. Однако прямых доказательств этому пока еще нет. В этой области в самом центре обнаружен необычный точечный радиоисточник с угловым размером менее $0,001''$ (менее 10 а. е.) [9], спектр которого растет с частотой (спектральный индекс 0,5) [10]. Интересно, что на месте этого радиоисточника нет сильных инфракрасных объектов, яркостная температура по измерениям на волне 20 мкм менее 76 К [6].

Область центра Галактики выделена по многим параметрам, и можно обсуждать предположение о наличии там цивилизации очень высокого уровня. Недавние наблюдения движения газа внутри объема галактического центра диаметром 1 пк совершенно неожиданно показали, что ось вращения вещества здесь практически совпадает с плоскостью Галактики (т. е. перпендикулярна оси вращения Галактики) [8]. Это, по-видимому, говорит о реликтовом происхождении этого района. Масса центрального объекта, определяемого по вращению газовых облаков, составляет около $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Эти данные, возможно, указывают, что в самом центре, может быть, имеется черная дыра с массой в несколько миллионов масс Солнца. Расчет показывает, что при пересечении границы черной дыры с такой массой астроинженерные конструкции могут противостоять приливным силам, так что здесь возможно существование цивилизаций с черными дырами [11].

Сказанное выше есть не более как некоторое «рабочее» предположение. Изучение центральных частей галактик занимает боль-

шое место в современной астрофизике, и здесь можно ожидать новых существенных открытий. В то же время обсуждаемый вопрос о существовании и проявлениях внеземных цивилизаций (как и всякая другая научная проблема) не может развиваться без принятия к рассмотрению тех или иных гипотез.

В заключение подчеркнем важность попыток поиска астроинженерной деятельности внеземных цивилизаций. Ведь только в этом случае обнаружение возможно независимо от их желания, знания основных параметров системы связи и даже при отсутствии коммуникационных сигналов.

Оценки показывают возможность обнаружения собственного излучения больших конструкций (типа сферы Дайсона) с межзвездных расстояний с помощью современной техники астрономических исследований. Так, сфера радиусом в 1 а. е. с собственной температурой около 300 К может обеспечить излучение со спектральным распределением абсолютно черного тела и при расстоянии 10 кпк (расстояние до центра Галактики) даст болометрический поток около $3 \cdot 10^{-16}$ Вт/м². Такой источник может быть зарегистрирован как инфракрасный звездообразный объект (диаметром около 0,0002"). Для наблюдений потребуется телескоп диаметром более 2 м и высокочувствительный болометр, работающий в диапазоне 10—20 мкм.

Такого же типа конструкция (с той же болометрической светимостью порядка солнечной), находящаяся при температуре около 3 К, будет иметь радиус уже около 10^4 а. е., что соответствует источнику диаметром около 2" около центра Галактики. Источник миллиметрового излучения может быть обнаружен с помощью антенны диаметром около 10 м и высокочувствительного болометрического приемника этого диапазона. Чувствительность в случае постановки этих двух экспериментов играет первостепенную роль, и поэтому, конечно, требуется самая тщательная их подготовка.

Основным затруднением при поиске астроинженерных конструкций будут, вероятно, критерии, по которым их можно будет отличить от естественных природных объектов (инфракрасных звезд, пылевых облаков, глобул и т. д.). Можно надеяться, что излучение искусственных сооружений будет обладать специфическими характеристиками. Например, в рэлееской части спектр излучения пылинок с ростом длины волны λ падает более круто, чем λ^2 (поскольку размеры пылинок меньше длины волны). Для тел, размеры которых больше длины волны, закон λ^2 должен выполняться. Можно ожидать специфических особенностей и от структуры обнаруживаемых объектов (резкие края, правильная геометрия, необычная динамика и т. д.). В целом можно сказать, что задача поиска больших астроинженерных конструкций тесно примыкает к астрофизическим исследованиям межзвездной пыли, природы источников инфракрасного и миллиметрового диапазона, хотя и не совпадает полностью с ними, поскольку имеет в основе другую гипотезу.

1. *Dyson F. J.* The search for extraterrestrial technology. — *Perspect. Mod. Phys.*, 1966, N 4, p. 641.
2. *O'Neill G. K.* The colonization of space. — *Phys. Today*, 1974, 27, N 9, p. 32; *Mercury*, 1974, 3, N 4, p. 4.
3. *Anderson C. W.* Peculiar A stars the effects of extraterrestrial technologies. Berkeley: Univ. Calif., 1973.
4. *Ricke G., Low F.* Infrared maps of the galactic nucleus. — *Astrophys. J.*, 1973, 184, p. 415.
5. *Becklin E., Neugebauer G.* High-resolution maps of the galactic center 2.2 and 10 microns. — *Astrophys. J.*, 1975, 200, p. L71.
6. *Becklin E., Matthews K., Neugebauer G., Wilner S.* Infrared observations of the Galactic Center. I. Nature of compact sources. — *Astrophys. J.*, 1978, 219, p. 121.
7. *Ricke G. H., Telesco C., Harper D.* The infrared emission of the Galactic Center. — *Astrophys. J.*, 1978, 220, p. 556.
8. *Lacy J., Baas F., Townes C. H.* Observations of the motion and distribution of the ionized gas in the central parsec of the Galaxy. — *Astrophys. J.*, 1979, 227, p. L17.
9. *Kellermann K., Schaffer D., Clark B.* The small radio source at the galactic center. — *Astrophys. J.*, 1977, 214, p. L61.
10. *Brown R., Lo K., Johnston K.* The radio spectrum of the compact source at the galactic center: Preprint. USA, 1978.
11. *Кардашев Н. С.* — В кн.: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 166.

УДК 523.164.42

Л. В. Ксанфомалити

ПРОБЛЕМА ЗОНДОВ ВНЕШНЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ. РАДИОЭХО И ГИПОТЕЗА БРЕЙСУЭЛЛА

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ПРОБЛЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЗОНДА

В последние годы появилось заметное число работ, посвященных задаче обнаружения гипотетических зондов внешних цивилизаций. Интерес к этой теме стимулировали работы Р. Брейсуэлла [1] и Дж. Стронга [2]. Однако проблема обнаружения, как она сейчас трактуется, все больше приобретает характер интеллектуального теста. Почему-то ищутся самые невероятные возможности, к которым якобы должен прибегнуть спрятанный где-то зонд, чтобы войти в контакт с человечеством.

Естественнее предположить, что в высшей степени интеллигентные существа, способные создать столь сложный аппарат, позаботились также и о том, чтобы он был обнаружен. Вряд ли можно сомневаться, что мы поступили бы именно так. Кстати, даже ассортимент наших нынешних технических средств позволяет вполне удовлетворительно решить эту задачу. На орбите спутника для этого годятся радио, натриевое или другое облако, лазерный луч, наконец, просто качающийся зеркальный отражатель солнечного света. В темное на поверхности Земли время суток все эти меры дадут несомненный результат. Если же зонд обладает спус-

каемыми аппаратами, их появление в небе Москвы или Парижа также вряд ли пройдет незамеченным. Вместе с тем есть случай, когда контакт действительно труден или невозможен, — если зонд по каким-либо причинам избегает его. При этом совершенно необязательно, что он не может быть обнаруженным. Однако неверно считать тождеством обнаружение и стремление к контакту в любой форме. Не исключено, что первым случаем, с которым мы столкнемся, будет именно такой: обнаружение есть, контакта нет. Можно пойти дальше и предположить, что зонд, вероятно, будет надежно защищен от наших чересчур настойчивых попыток установить с ним контакт. Такие попытки могли бы продиктовать наше непонимание того, что знакомства с ним избегают, удовлетворяясь изучением человечества с достаточно малого расстояния. На первый взгляд это кажется непонятным. И тем не менее в некоторых ситуациях это единственное решение и другого выхода просто не существует. Проблема контакта имеет важнейший аспект решающего значения, который не обсуждался, пожалуй, по чисто психологическим причинам: контакт представлялся делом далекого будущего.

Брейсуэлл, по его словам, «чувствует, что зонд должен быть здесь», и предлагает программу поиска контакта. Возможно, что дело не ограничивается предчувствиями, но контакта не было и пока нет.

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЗОНД

Брейсуэлл рассматривает возможности связи между цивилизациями [1]. «Если контакт установлен, — пишет он, — радио во всех случаях удобно и, вероятно, оптимально, если только дальнейший прогресс физики не приведет к открытию какого-либо нового средства связи». Далее излагаются известные соотношения между радиусом сферы R и числом «пригодных для обитания» звезд N_p (рис. 1), а также общим числом цивилизаций в Галактике N_c и средним временем их существования Δ в функции среднего расстояния между «обитаемыми» звездами d . Продолжительность вероятного времени жизни находится как $\Delta = pT$, где p — вероятность существования цивилизации у одной из «подходящих» звезд, а $T = 5 \cdot 10^9$ лет (рис. 2).

Брейсуэлл выделяет несколько случаев, из которых наиболее интересны I и II.

Если $d \approx 10$ св. лет (число «подходящих» звезд 1—2), наиболее удобным средством как поиска, так и связи с цивилизацией является радио. Этот случай соответствует чрезвычайно высокой распространенности жизни в Галактике. В проекте OZMA исследовался именно этот вариант (с отрицательным результатом). В течение ограниченного времени прослушивались направления в Erid и τ Ceti. В дальнейшем эксперимент не возобновлялся.

Если же цивилизация существует в среднем у одной из 10^3 «подходящих» звезд, мы сталкиваемся прежде всего с проблемой

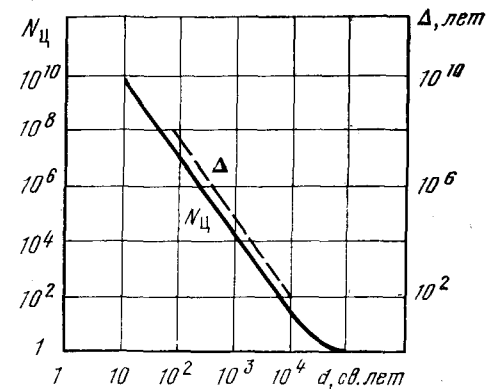
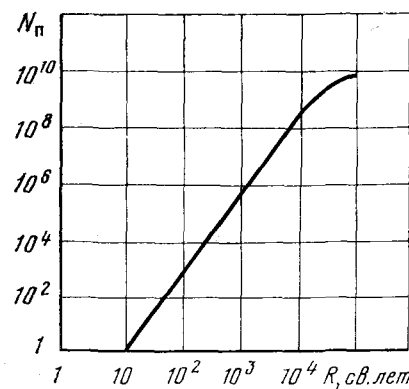


Рис. 1. Число звезд, «пригодных для обитания» N_p в сфере радиуса R

Рис. 2. Общее число цивилизаций N_c в Галактике и среднее время их жизни Δ в зависимости от среднего расстояния между ними d

поиска. Допуская, что эта цивилизация высшая по отношению к нам, можно предположить, что она поочередно посылает радиолуч в направлении «подходящих звезд» в радиусе 100 св. лет. Таких звезд наберется около 10^3 . Вероятность посылки сигнала к нам составит 10^{-3} (разумеется, если работает один передатчик. Это логичное предположение, исходя из сложности и стоимости такого устройства). К сожалению, вероятность прослушивания нами именно этого направления тоже 10^{-3} (если у нас есть такая служба. В действительности ее нет). Таким образом, вероятность, определяемая геометрией, составляет 10^{-6} . Имеется ряд других проблем: выбор нужного диапазона, полосы частот и т. д., из-за чего вероятность успеха становится меньше 10^{-6} .

Брейсуэлл указывает также на необходимость политической стабильности минимум на 200 лет и гарантированного интереса нескольких поколений к этой задаче. Однако наибольшие трудности, по мнению автора, представляет проблема понимания, ибо «обратная связь», подтверждающая, что корреспондент понят, отсутствует. Убедительные примеры иллюстрируют возможную бесперспективность такого способа общения. Главными задачами Брейсуэлл считает сокращение «мертвого времени» с тем, чтобы проблемы в целом могли охватить одни и те же индивидуумы, а также возможность обращения к любой части сообщения независимо от момента его получения.

Путь реализации этой идеи — зонд, который должен иметь огромную память и высокий уровень искусственного интеллекта. После того как зонд войдет в расположение соседней цивилизации, отпадут проблемы маловероятного обнаружения радиосигнала, а главное — становится возможной обратная связь и быстрый обмен информацией. Что же касается связи с цивилизацией, она должна вестись через зонд, который, кстати, вооружает для этой цели

низшую цивилизацию техническими возможностями высшей. После установления контакта с зондом нам следовало бы провести через него обстоятельную и длиннейшую (по мнению Брейсуэлла, лет на 100) ознакомительную передачу, касающуюся всего важного, чем мы располагаем. Нам придется «поскрести дно бочонка, если мы не собираемся передавать содержание телефонных книг или старые спортивные результаты», пишет автор.

Сам зонд, вероятно, занимается всеми видами космической науки и получаемые результаты отправляет на свою базу. Но «все это слишком сухо, и, наверное, его создатели положили туда кусочек сала, чтобы привлечь наше внимание». Брейсуэлл полагает, что зонд давно уже находится в окрестностях Земли и заговорит, когда мы обратим на него внимание. После этого он должен сообщить, где находится его база, и передать код и программу связи.

Так вероятность связи повышается минимум в 10^4 раз. «Часть бюджета их NASA, — пишет Брейсуэлл, — тратится не на мощность, уходящую к цели или впустую, а на запуск одного зонда в подходящее время в соответствии с экономической и политической».

Далее рассматривается возможная «программа привлечения внимания». Даже очень странные сигналы останутся незамеченными теми, кто их не ищет. Наиболее целесообразным Брейсуэлл полагает ретрансляцию наших же передач с задержкой, что гарантирует наличие слушателей и настроенных на данную длину волны приемных устройств. И если мы и пойдем и ответим, мы услышим «хорошие новости». Поэтому следует с вниманием относиться к радиоэхо, время задержки которого слишком велико, чтобы можно было объяснить его естественными причинами. (В дальнейшем «задержанные радиоэхо» именуются ЗРЭ.)

В работе рассматриваются и другие случаи, когда $d \geq 10^3$ св. лет, но содержанием все же является идея зонда. Если случай $d \simeq 10$ св. лет предполагает слишком большую плотность жизни, то $d \simeq 10^3$ св. лет требует допущения слишком малой ее плотности.

В контакте с зондом мы будем «пациентами» и, возможно, не первыми. Далее может последовать контакт с цепью цивилизаций, уже давно связанных между собой.

ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ НАЗАД

Теперь обратимся к событиям 1920-х годов. Странная это была пора в радиотехнике. Представьте, что вы включаете радиоприемник, а во всем коротковолновом диапазоне — ни одной радиостанции, ни одного писка «морзянки». Впрочем, радиоприемников с нынешними диапазонами тогда не существовало: начало поддиапазону 31 м положила одна из первых европейских коротковолновых радиостанций, РСJJ, работавшая на частоте 9,55 МГц. Станция была экспериментальной: незадолго перед ее постройкой

радиолюбители установили трансатлантическую радиосвязь в бросовом тогда коротковолновом диапазоне (10—100 м). Радиостанция РСJJ принадлежала фирме «Philips», каждые несколько десятков секунд в часы работы она посылала в эфир какой-нибудь телеграфный символ, например букву «X». Приемники были установлены на разных расстояниях. Вскоре специалисты заметили, что кто-то повторяет сигнал РСJJ через несколько секунд после его излучения. (Впрочем, еще раньше о наблюдении ЗРЭ сообщали Тейлор и Янг [3], проводившие опыты по радиолокации. Имеются также более ранние сведения о ЗРЭ, связанные с именами Теслы [4] и Маркони [5].) Дальнейшие события относятся к 1928—1929 гг., действующими лицами являются руководители фирмы «Radio Communications Research Philips» в Эйндховене (Голландия) д-р Б. ван дер Пол, который систематически исследовал характеристики распространения на 15 МГц, профессор математики из Осло К. Штермер и инженер Й. Халс, который сообщил последнему о своих наблюдениях ЗРЭ [6] и принял участие в последующих работах. С 25 сентября 1928 г. ван дер Пол и Штермер начали совместную работу и вскоре получили несколько больших серий ЗРЭ с временами задержки от 3 до 15 с, а позже до 30 с. Данные были опубликованы в «Nature» [7, 8] и других изданиях. Полученные сигналы имели значительную амплитуду (около $\frac{1}{3}$ прямого сигнала от передатчика) и приходили на той же частоте без доплеровского сдвига. Далее той же работой независимо занялись сотрудник Королевского колледжа в Лондоне Э. Эплтон и его ассистент Р. Барроу, которые также получили серии ЗРЭ. По сообщению Р. Барроу, однако, не все эхо были ясными [9]. Некоторые были настолько размыты, что передаваемый символ разобрать не удавалось (рис. 3). Последующие годы принесли новые данные о ЗРЭ. Время задержки менялось, частота оставалась той же, подавляющая часть была неясной, некоторые очень четкими.

По мере того как количество коротковолновых радиостанций росло, наблюдать ЗРЭ становилось все труднее, тем не менее сообщения о них появляются по сей день. Когда появились телефонные связные КВ-станции, операторы, слышавшие собственный голос в ЗРЭ, стали сравнивать его с «голосом из угла комнаты».

Радиопередатчик РСJJ представлял собой достаточно мощное устройство (15 кВт), работавшее на примитивную антенну (рис. 4). Такая же примитивная антенна была и у приемника, но приемная аппаратура с кварцованным гетеродином была далеко не примитивной (рис. 5). Имелась даже запись сигналов на фото пленку. В целом авторы [9] высоко оценивают уровень этой работы и отвергают возможность мистификации, что, впрочем, ясно из дальнейших публикаций на эту тему. ЗРЭ регистрировались на частотах от 810 кГц до 144 МГц [10] с задержками до минут и более. Таким образом, если предположить, что сигнал чем-то отражался, такое тело следует искать на удалениях, значительно превышающих расстояние до Луны.

В наши дни интерес к ЗРЭ обострился после работы Р. Брейсуэлла. Дж. Стронг [2] предположил, что зонд может находиться на орбите Луны. Д. Лунан в своей статье [11] представил номер посылки в функции времени задержки по данным, полученным ван дер Полом, Штермером и Халсом в серии ЗРЭ 11 октября 1928 г. (рис. 6). Лунан пришел к выводу, что перед ним семь звезд созвездия Волопаса. Так как звезда ϵ находилась вне поля созвездия слева от образованного другими точками барьера, Лунан предложил перенести ее на столько же вправо, что было предположи-

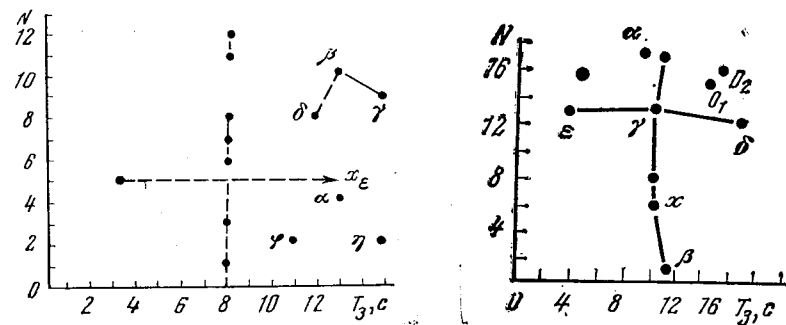


Рис. 6. Диаграмма, построенная Д. Лунаном на основе следующей серии ЗРЭ: 8, 11, 15, 8, 13, 3, 8, 8, 8, 12, 15, 13, 8, 8

Второе и восьмое ЗРЭ были двойными. N — номер импульса

Рис. 7. Последовательность ЗРЭ для изображения созвездия Лебедя по [9]
 N — номер импульса

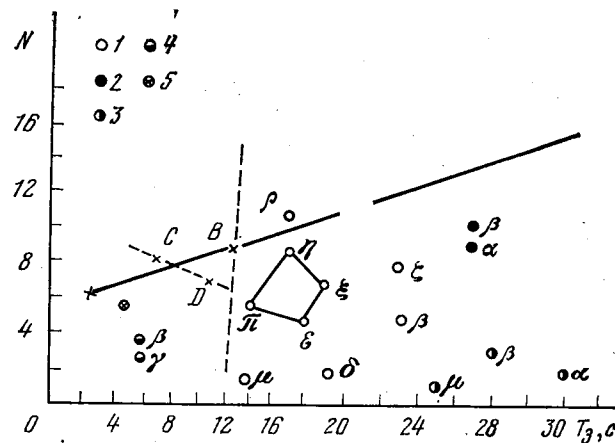


Рис. 8. Созвездия Лиры — Геркулеса, полученные автором [11] на основании серии ЗРЭ, которая оказалась искаженной

1 — Hercules; 2 — Corona Borealis; 3 — Serpentis Caput; 4 — Lyrae; 5 — VE-A. Прямая линия указывает ожидаемое направление на ϵ Волопаса

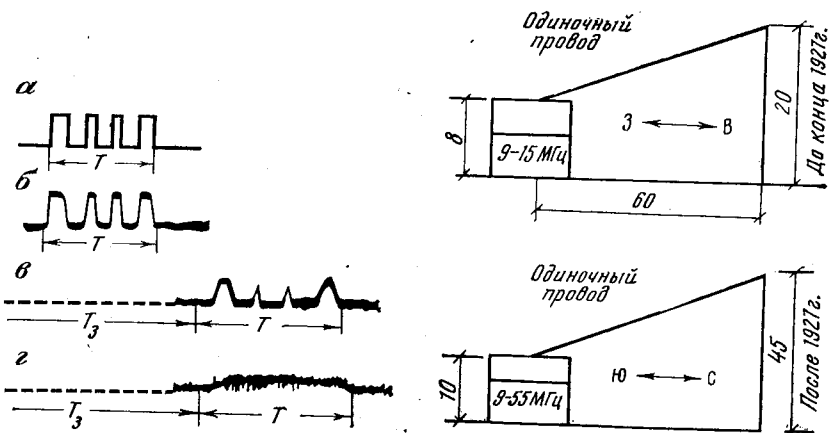


Рис. 3. Переданный и принятый радиосигналы станции РСJJ и два типа ЗРЭ
 a — передаваемый сигнал, символ «Х», $б$ — непосредственно принятый радиосигнал, задержка пренебрежимо мала; $в$ — четкое эхо; $г$ — размытое эхо. $T = 2$ с; $T_3 = 1 \div 3$ с — типичное время задержки

Рис. 4. Экспериментальная радиостанция РСJJ мощностью 15 кВт в Эйнхovensене

Длина волны 31,4 м. Размеры даны в метрах

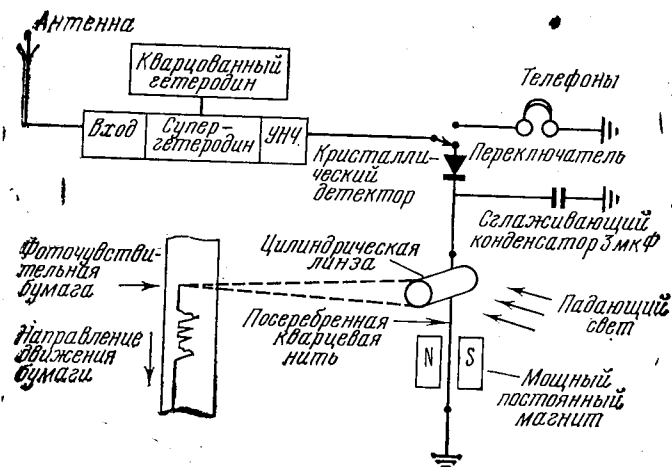


Рис. 5. Радиоприемное регистрирующее устройство Королевского колледжа в Лондоне

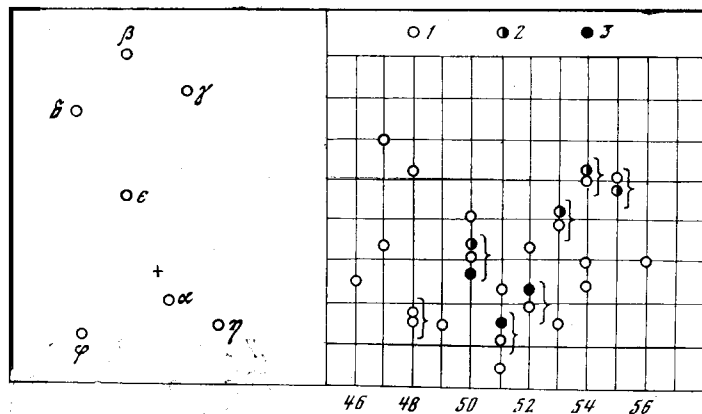


Рис. 9. Регистрация одной и той же серии ЗРЭ в Осло (1), Эйндховене (2) и Лондоне (3)

тельно интерпретировано как указание на то, откуда прибыл зонд. Для получения приемлемого подобия точку, соответствующую α Волопаса (Арктуру), пришлось переместить против его довольно большого (около 2,5") собственного движения. Отсюда появилась цифра 12 600 лет. Исходя из этого Луан высказал предположение, что эхо посылается зондом, который выбрал время задержки как код; зонд прибыл 13 000 лет назад и все еще ждет контакта.

Обработав другие серии ЗРЭ, Луан получил изображения других созвездий, для чего ему пришлось менять положения отдельных точек. Эта работа была, естественно, восторженно принята определенной частью читателей, хотя она не выдерживала критики ни по каким статьям. Прежде всего ε Волопаса является красным гигантом КО (II—III). Его видимый блеск 2,35^m, расстояние 66,5 пк (около 220 св. лет). На расстоянии около 170 а. е. в системе имеется вторая звезда, также позднего класса. По известным критериям ε Волопаса не может считаться «подходящей» звездой [12].

Само по себе совпадение графика с картиной созвездия очень маловероятно (например, для десяти звезд Лебедя (рис. 7) по оценке [9] вероятность совпадения 10⁻¹⁷). Другое дело, если отмечать только те звезды, положение которых имеет случайное сходство с последовательностью ЗРЭ, что и имело место. Так, картина созвездий Лира—Геркулес (рис. 8) была получена на основе последовательности, в которой отсутствовала целая строка(!).

Абсурдным представляется и сам метод передачи информации через величину запаздывания. И наконец, последовательность ЗРЭ одной серии оказалась разной в Эйндховене, Осло и Лондоне (рис. 9).

С другой стороны, высказывавшиеся сомнения в возможности создания автоматического зонда, работоспособного 10—20 тыс. лет, вряд ли обоснованны. Электронные устройства с ресурсом в 100 лет в скором времени станут посильны уже современной технологии.

В ПОИСКАХ ИСТИНЫ

Еще ван дер Пол сделал попытку объяснить ЗРЭ естественными причинами. Он полагал, что в некоторых точках ионосферы могут встретиться такие условия, когда групповая скорость радиоволн становится очень низкой. По выходе из этой зоны сигнал окажется задержанным. Но в такой области диэлектрическая проницаемость

$$\epsilon_n = 1 - \frac{4\pi^2 N e^2}{m \omega^2}$$

падает с повышением угловой частоты сигнала ω и для λ = 31,4 м приближается к нулю при N = 10⁶ электрон/см³ (здесь m и e — масса и заряд электрона). Поэтому волна в такой зоне будет испытывать очень сильное затухание, по оценке Эплтона, с фактором exp 50. Добавим также, что в таких условиях была бы очень велика дисперсия.

Эта идея была развита Кроуфордом [13], который предположил существование в таком плазменном образовании усилительного механизма довольно искусственного характера. Он пишет: «Обычная волна распространяется до высоты h_l, затем отражается к приемнику... В районе отражения некоторая энергия связана в продольных волнах, например, благодаря легким локальным неоднородностям. Волны будут распространяться вдоль линий магнитного поля с очень низкой групповой скоростью и испытывать столкновительное или бесстолкновительное затухание по Ландау (или оба вида сразу). Далее предположим, что нетепловые электроны распространяются вдоль линий поля. Они станут усиливать плазменные волны путем взаимодействия между пучком электронов и волнами. Мы рассмотрели относительно сложный механизм и полагаем, что имеют место довольно специфические условия... Если заставить ионосферные неоднородности малых размеров переносить энергию в продольные плазменные волны, а энергичные электроны усиливать их, а далее — неоднородности взаимодействовать с обычными волнами сигнала, результирующий механизм будет не сложнее того, что требуется для ЗРЭ».

На рис. 10 показана схема взаимодействия волны с таким облаком. Усиленный сигнал достигает антенны приемника. В этом случае наблюдаются ясные ЗРЭ. Время задержки может достигать часов. Механизм создания «размытых» ЗРЭ требует наличия в ионосфере особых «усиливающих каналов» (рис. 11), создающих, в частности, многократное ЗРЭ.

Реальность предложенного Кроуфордом механизма вызывает сомнения. Как указывалось, порой наблюдаются неискаженные радиотелефонные ЗРЭ. Даже если такое облако стабильно и имеет требуемую однородность, необходимы очень высокие градиенты электронной концентрации на его краях, чтобы в полосе 6—10 кГц не было искажений. Вопрос о дисперсии остается открытым. Наконец, ЗРЭ на частотах выше 30 МГц, а тем более 100 МГц этим механизмом объяснить нельзя.

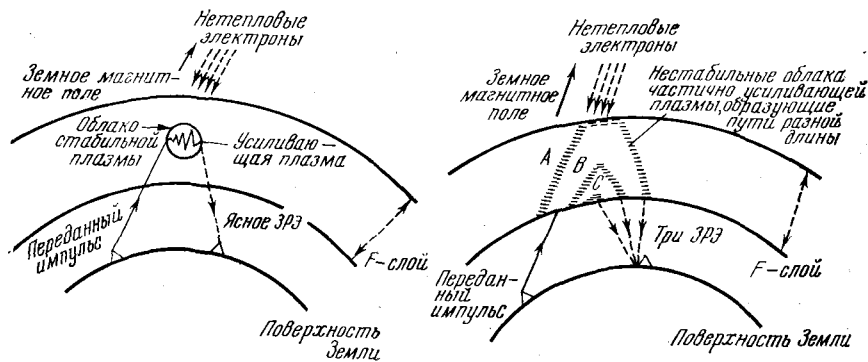


Рис. 10. Генерация «ясных» ЗРЭ в однородном стабильном плазменном облаке по [9]

Рис. 11. «Размытые» ЗРЭ, приходящие по разным путям, по [9]

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗРЭ

1. Обработка всех данных с 1927 по 1973 г. выявила сезонную зависимость ЗРЭ (рис. 12).
2. Современные измерения показывают, что все же наблюдаются небольшие доплеровские сдвиги на высоких частотах, достигающие 40—60 Гц. Имеется также «компрессия» сигнала: при длительности посылки 1,50 с ЗРЭ имело длительность 1,25 с.
3. Имеется сильная корреляция ЗРЭ с положением запаздывающей либрационной точки Луны. Интенсивные ЗРЭ наблюдаются, когда она проходит меридиан [9, 14]. Вместе с тем отмеча-

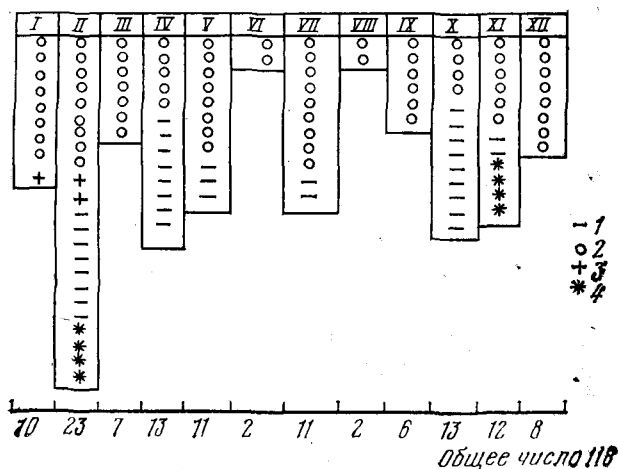


Рис. 12. Сезонный ход ЗРЭ по обобщенным данным с 1927 по 1973 г.
1 — Халс, Штермер, ван дер Пол; 2 — Виллард; 3 — Кроуфорд; 4 — Эплтон, Барроу

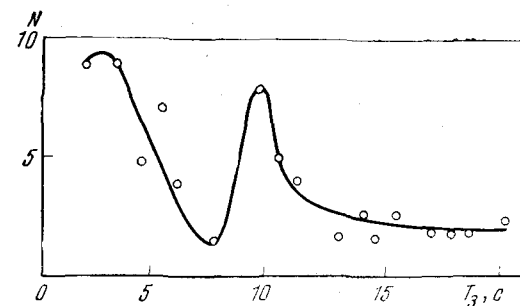
лось, что в редких случаях имелись ЗРЭ и при прохождении через меридиан опережающей либрационной точки.

4. Делались попытки объяснить 8-секундные ЗРЭ сигналом, приходящим из лагранжевой точки системы Земля—Солнце, а некоторых других — из лагранжевой точки системы Земля—Луна. Во всех случаях остается непонятной непомерно большая мощность ЗРЭ.

5. ЗРЭ наблюдаются практически на всех частотах независимо от свойств ионосферы на данной частоте. Однако есть одно удивительное обстоятельство: ЗРЭ неизменно появлялись при освоении

Рис. 13. Распределение длительностей задержек радиосигналов согласно [10]

N — число ЗРЭ;
 T_z — время задержки



новых диапазонов. В дальнейшем их интенсивность и частота появления падали. На ранних порах радиотехники такой же эффект наблюдался при изменении символа, применявшегося на РСJJ.

6. Имеются ЗРЭ на сверхвысоких частотах и даже на сигналах спутниковой связи (сантиметровые диапазоны).

7. «Размытые» ЗРЭ наблюдаются в десятки раз чаще, чем ясные. Вероятно, они могли бы наблюдаться еще чаще, если бы не насыщенность эфира.

8. Специальные эксперименты, проведенные в 1973 г. [15] на частоте 137 МГц, дали только одно ЗРЭ 2,5 с. Анализ распределения большого числа ЗРЭ по времени дал два максимума: 2 и 8 с [10]. Вероятность услышать ЗРЭ в определенный день оценивается в 10^{-2} .

9. ЗРЭ одного и того же сигнала, наблюдаемые в разных местах, несхожи. Предположение о наличии какого-то смысла в задержках, по-видимому, ошибочно.

10. Интересные, хотя и не очень уверенные результаты [10], на основе которых было сделано заключение о двух максимумах в распределении ЗРЭ, приводят к любопытному заключению: минимальное время задержки не бывает, по-видимому, существенно меньшим 2—3 с. Диаграмма распределения задержек из работы [10] показана на рис. 13. Вероятно, это важный результат, который может служить основой как для анализа усилительных механизмов в плазме, так и для определения минимального расстояния до гипотетического зонда.

В реальности существования ЗРЭ, по-видимому, можно не сомневаться. Но его природа остается такой же загадочной, как и много лет назад. Возможен естественный, хотя и не вполне понятный механизм задержки и усиления сигналов в земной ионосфере (или каком-то другом объекте). Напомним, что длительная, порядка 10 мин, задержка свистящих атмосфериков (вистлеров) хорошо известна и имеет вполне убедительное объяснение. Наряду с этим нельзя полностью исключить возможность связи ЗРЭ с гипотетическим зондом внешней цивилизации или его вспомогательными устройствами. В том, что ЗРЭ сопутствует новинкам радиотехники (если это реально), напрашивается какая-то связь с зондом. Очень похоже, однако, что ЗРЭ — совсем не тот «кусочек сала», о котором писал Брейсуэлл. Да и сам этот способ привлечения внимания, как говорилось выше, не слишком убедителен. Все это гораздо больше похоже на побочный продукт какого-то неизвестного процесса.

Широкополосность ЗРЭ наводит на мысль об очень совершенных радиотехнических устройствах. Согласно теореме Шеннона, информационные возможности радиолинии пропорциональны $(1+B) \sqrt{P}$, где B — ширина полосы, P — мощность. Вероятно, в будущем радиосвязь будет весьма широкополосной.

Если Брейсуэлл прав относительно присутствия зонда, остается предположить, что в подробностях все обстоит гораздо сложнее. Возможно, зонд имеет большое число разведывательных устройств, занятых сбором информации, а то, что мы слышим, есть обрывки связи между ними. Если ЗРЭ и несет смысловую нагрузку, она адресована не нам. Вполне возможно, что зонд находится в либрационных или лагранжевых точках орбиты Луны. В печати встречаются сообщения о наблюдениях в этих точках слабых объектов.

Какие способы проверки могли бы служить подтверждению (или опровержению) гипотезы Брейсуэлла о связи ЗРЭ с зондом? К сожалению, предложить простые методы трудно. Посылка специального космического аппарата в точки L_1 — L_5 была бы очень интересной, но в научных программах, насколько это известно автору, такие экспедиции пока не предусматриваются. Более реально поставить специальный эксперимент на аппаратах, направляемых к планетам Солнечной системы. На аппарате должен быть установлен радиопередатчик сигнала с какой-либо модуляцией и приемник с коррелятором. За длительное время полета можно надеяться получить необходимую информацию. Если исходить из реальности ЗРЭ и его связи с зондом, находящимся ненамного дальше Луны, эффект ЗРЭ должен изменяться по мере удаления аппарата от Земли и полностью отсутствовать у других планет. С другой стороны, если ЗРЭ будет иметь статистически неизменные характеристики на любом удалении от Земли, феномен следует скорее всего связать с каким-то неизвестным явлением природы. Такое предположение достаточно фантастично, но подстать самому задержанному радиоэхо.

В деятельности зонда должна быть одна особенность, которую создатели его обязательно адресовали бы цивилизации планеты X. Работы любого уровня, посвященные проблеме внешних цивилизаций, по сути сводятся к оценке вероятности существования последних. В цитированной работе [2], как и во многих других, для выбора вероятности между 0 и 1 Брейсуэлл не располагает ни одним даже самым косвенным основанием, кроме собственного существования. В работе 1976 г. И. С. Шкловский [17] полагает, что само по себе отсутствие признаков деятельности других цивилизаций может служить основанием для почти нулевой оценки вероятности их существования. Такая ситуация должна быть известна высшей цивилизации — отправителям зонда. Информация о том, что другие цивилизации существуют одновременно с данной, носит оптимистический характер и никоим образом не может быть поставлена во вред цивилизации планеты X. Более того, такая информация должна убеждать, что проблемы военного антагонизма разрешимы, что самоуничтожения человечества можно избежать, что существуют позитивные, где-то уже реализованные перспективы. Этой информацией был бы сам факт существования зонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bracewell R. N.* Communications from superior galactic communities. — *Nature*, 1960, 186, p. 670—671; *Interstellar Probes: Talk presented to the Interstellar Communications Seminar at the NASA-Ames Research Center*, 1970.
2. *Strong J.* Flight to the stars. London: Temple Press, 1965.
3. *Taylor A. H., Young L. C.* — *Proc. IRE*, 1928, 16, p. 561—578.
4. *Anderson L. I.* Extraterrestrial radio transmissions. — *Nature*, 1961, 190, p. 374.
5. *Sullivan W.* We are not alone. N. Y.: Pelican Books, 1970.
6. *Störmer C.* — *C. r. Acad. sci. Paris*, 1928, 190, p. 11.
7. *Van der Pol B.* — *Nature*, 1928, 122, p. 878.
8. *Störmer C.* — *Nature*, 1928, 122, p. 681.
9. *Lawton A. T., Newton S. J.* Long delayed echoes: the search for a solution. — *Spaceflight*, 1974, 16, N 5, p. 181—189.
10. *Lawton A. T.* The interpretation of signals from space. — *Spaceflight*, 1973, 15, N 4, p. 132—137.
11. *Lunan D. A.* Space probe from Epsilon Boötis. — *Spaceflight*, 1973, 15, N 4, p. 122—131.
12. *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1973.
13. *Crawford F. W., Sears D. M., Bruce R. L.* Possible observations and mechanism of very long delayed radio echoes. — *J. Geophys. Res.*, 1970, 75, p. 7326—7332.
14. *Lunan D. A.* Long delayed echoes and the space probe hypothesis: The papers submitted to the British Interplanetary Society, 1974.
15. *Ridpath I.* Long delayed signals may echo from Moon's Ghost. — *New Scientist*, 1974, 64, p. 9.
16. *Villard O. G. Jr. et al.* Long delayed echoes — radio's flying saucer effect. — *QST*, 1970, Febr., p. 30—36.
17. *Шкловский И. С.* О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — *Вопросы философии*, 1976, № 9, с. 80—85.

И. С. Лисевич

ДРЕВНИЕ МИФЫ ГЛАЗАМИ ЧЕЛОВЕКА КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ

Выход человечества в космос произвел переворот в умах. Ныне уже не кажется совершенно невероятной идея множественности обитаемых миров, за которую некогда отправили на костер еретика Джордано Бруно. Ученые всерьез обсуждают критерии идентификации разумных сигналов из космоса. Обсерватория в Аресибо начала передавать во Вселенную послание, обращенное к предполагаемым «братьям по разуму»...

Идея множественности обитаемых миров, доведенная до логического завершения, привела к появлению гипотезы о космическом палеоконтакте, предполагающей, что встреча с внеземными цивилизациями, возможно, уже состоялась в прошлом. Действительно, если кроме нас во Вселенной могут быть другие разумные существа, а Вселенная бесконечна во времени, то почему бы им не сделать то, что мы лишь собираемся совершить, т. е. посетить иные миры, в том числе и нашу Землю? При всей кажущейся парадоксальности в этом, по-видимому, нет ничего невозможного. Данной гипотезе посвящена теперь довольно обширная литература; за последние 20 лет появилось около двухсот публикаций только на русском языке. К сожалению, сенсационность, которая с самого начала сопровождала тему «космического палеоконтакта», привлекла к ней дилетантов — людей, обладающих большим энтузиазмом, но очень несистематическими знаниями. Суждения пока гипотетические они рассматривали как почти достоверные, что привело к весьма плачевным результатам: сама тема приобрела несомненную однозность в глазах ученых, да и читающей публики вообще.

Об этом стоит лишь пожалеть, однако вряд ли есть смысл ставить знак равенства между идеей и ее претворением. Проблема слишком значительна, чтобы целиком полагаться даже на современный уровень знаний. Стоит, наверное, вспомнить слова Гамлета о том, что «и в небе, и в земле сокрыто больше, чем снится вашей мудрости» [1], — действительность постоянно убеждает нас в этом. Нужно терпеливо собирать факты — тем более это относится к гипотезе о космических палеоконтактах, где над фактом подчас довлеют эмоции. К каким результатам мы придем — покажет будущее, однако можно с уверенностью сказать, что они окажутся безразличны для науки, ибо в любом случае сфера познания будет расширена.

Сторонники гипотезы о палеоконтактах не раз обращались к памятникам древней культуры Востока, которые донесли до нас отголоски событий отдаленного прошлого. У нас и за рубежом уже немало писалось, например, об оружии «астравидья», упоминаемом в древнеиндийском эпосе «Махабхарата», о странных пришельцах,

стоявших у истоков цивилизации Шумера, о труднообъяснимых знаниях африканского племени догонов относительно строения звездной системы Сириуса и т. д.

Не меньший интерес представляют и сообщения древнекитайских источников¹ — памятников цивилизации, отличавшейся особым почитанием всего традиционного, а потому бережно передававшей из поколения в поколение письменные и устные свидетельства минувших дней.

Если начать с того, с чего начинается традиция, то мы узнаем об удивительно мудрых и гуманных существах, «сынах неба» (титолом императоров это стало значительно позже), которые немало сделали доброго для еще диких тогда обитателей долины реки Хуанхэ. Известно, что рождение героев в мифах и эпосе часто предваряется различными чудесными знамениями, однако появлению «сынов неба» на Земле с завидным единообразием предшествовали одни и те же небесные явления.

Так, например, перед рождением первого из них, Хуанди, «сияние великой молнии опоясало звезду Цзи в созвездии Ковша» [2, с. 18, 22] (т. е. Большой Медведицы). Перед тем как появиться его преемнику, Шаохао, «звезда, словно радуга, пролетела вниз» (или: «огромная звезда, словно ковш, опустилась на Цветущий остров» [2, с. 26]). Перед появлением следующего, Чжуаньсюя, «ослепительно сияющая звезда пересекла лунный (диск), словно радуга» [2, с. 28]. Так сообщают сохранившиеся отрывки из исчезнувшей древней книги «Записи о поколениях владык и царей».

Китайские исторические тексты хорошо дополняет фрагмент сакрального текста древней, еще буддийской религии Тибета («бон»), который говорит о том, как появился на земле могучий «друг доброты и добродетели» [3]:

...Яйцо, созданное
Магической силой богов Са и Бал,
Вышло под действием собственной тяжести
Из божественного лона пустого неба.
Скорлупа стала защитным панцирем,
Оболочка защищала, как броня,
Белое стало источником силы для героев.
Внутренняя оболочка стала
Цитаделью для тех, кто жил в ней...
Из самого центра яйца вышел человек,
Обладатель магической силы...

¹ Это в основном памятники II в. до н. э. — VI в. н. э. и более ранние. От многих из них уцелели лишь отдельные фрагменты, включенные в средневековые энциклопедии и компендиумы. Там же можно обнаружить отрывки сохранившихся ныне литературных и исторических памятников, по тем или иным причинам отсутствующие в современных текстах. Все они восходят к еще более древней устной и письменной традиции. Однако источниковедческие вопросы требуют специального рассмотрения, мы здесь на них не останавливаемся.

Из всех «сынов неба» наибольший след в китайской мифологии и литературной традиции оставил Хуанди [4, с. 207], появившийся в бассейне реки Хуанхэ в XXVI в. до н. э.²

В сказаниях о Хуанди много чудесного. Сам Хуанди наделен магическими способностями, вокруг него — покорные ему монстры и чудесные существа, он совершает фантастические путешествия: к Солнцу, к вершинам Куньлуня [7]. Но среди этого буйства вымысла нетрудно заметить то, что отличает Хуанди и от божества, и от пророка, и даже от культурного героя. Он не переустраивает мир и тем более его не творит, не обращает людей на путь истинный, не требует поклонения. В деятельности Хуанди и его помощников обращает на себя внимание удивительный рационализм, который легко просматривается сквозь все и всяческие напластования.

Конечно, Хуанди и его «вассалы» помогали людям. Они научили аборигенов множеству необходимых вещей: делать лодки и упряжь для волов, копать колодцы и изготавливать музыкальные инструменты, возводить оборонительные стены и лечиться иглоукалыванием. Но главным для них все же оставались собственные дела, которыми они занимались систематически, неуклонно, строго соблюдая разделение обязанностей. Целый ряд помощников Хуанди, например, целиком были заняты астрономическими наблюдениями. Так, источники сообщают нам, что Си Хэ «определяла предназначения по Солнцу, основываясь на длине его тени», Чан И «определял предназначения по Луне, нарождающейся и на исходе, следуя за ее четвертями и полнолуниями», Юй Оу «определял предназначения по изменению яркости звезд, по их движению и метеорам» [8, с. 9], Да Нао определял цикличность, легшую затем в основу китайского календаря. Еще один был специально занят вычислениями [8, с. 10]. Наконец Жун Чэн, сводя все их наблюдения воедино, составлял земной календарь [8, с. 11].

Если предположить, что прилежные астрономы были новичками на Земле, они, естественно, должны были обратить взор также на свое новое пристанище во Вселенной. И действительно, наряду с астрономическими наблюдениями они начали создавать земные карты — «ту» [8, с. 12]. «Рисованные образы разных предметов» — так поясняет слово «ту» первый комментатор книги «Корни поколений». «Имеются в виду рисованные образы Земли и разных предметов (на ней), — добавляет другой, — [которые] позволяют пришельцам³ с ними сверяться» [9]. Но самым удивительным во всей деятельности «сынов неба» все же был ясно прослеживаемый по текстам мифов некий технологический аспект, создание и использование сложных и непонятных нам аппаратов и приспособлений.

² Будучи героем мифов, Хуанди одновременно является и «исторической» личностью, так как время жизни его датируется. Обычно последним годом его «власти» называли 2592 или 2598 г. до н.э. Новейшие справочники дают несколько более позднюю дату: 2450 г. до н.э. [5]. В общем он — современник Гильгамеша [6]. У него есть также ряд черт, роднящих его с богами древнего Шумера, которых мы здесь не касаемся.

³ «Лайчжэ» — букв.: «тот, кто пришел» (или «тот, кто придет»).

Известно, например, что Хуанди изготавливал какие-то огромные металлические зеркала. Об этом сообщается в «Жизнеописании Хуанди для посвященных» («Хуанди нэйчжуань»), которое, вероятно, основывалось на тайных легендах и преданиях. Хуанди «выплавил двенадцать великих зеркал и использовал их, следуя за Луной», — сообщается в «Жизнеописании» [10, т. 32, с. 334]. Я намеренно сохранил неопределенность второй части фразы, так как «следуя за Луной» можно толковать различно; пока же запомним, что использование зеркал как-то было связано с движением естественного спутника Земли. В «Описании удивительного» (VI в. н.э.) говорилось: «На Озере Зеркала в народе передают, что Хуанди отливал свои зеркала именно там. Ныне сохранился камень, которым их шлифовали. Ползучие травы на этом камне не растут» [11]. Но интереснее всего очень живучая в Китае легенда об удивительном свойстве древних зеркал. «Когда на зеркало падали лучи солнца, — гласит она, — то все изображения и знаки его обратной стороны отчетливо выступали на тени, отбрасываемой зеркалом» [12]. Иначе говоря, оно просвечивало насквозь. Учитывая, что зеркало было металлическим (из «божественного металла»), возможны два предположения: либо этот металл обладал совершенно особой, недоступной для современной техники структурой, делавшей его практически прозрачным даже для видимого излучения, либо поверхность зеркал не была сплошной...

Многочисленные источники в один голос утверждают, что Хуанди изготавливал и применял некие приспособления, именуемые «чудесными треножниками». Для этого он использовал металл (медь или внешне похожий на нее элемент), добытый на горе Шоушань [13]. Под «треножником» не разводили огонь и не наливали в него воду [14, с. 9а]⁴, как в те, что предназначались для приготовления пищи. Назначение его было иным — он являлся как бы «подобием Великого единого» [15], т. е. Дао, скрытого двигателя Вселенной. «Высота его была одна сажень и три шага» [16], т. е. около 3—4 м, однако объем был сравнительно невелик (не более 100 л) [16], так что большая часть этой высоты приходилась на три его опоры. Заглянуть внутрь столь высоко поднятого вместилища зритель, разумеется, не мог, но источники утверждают, что «сотни духов, чудовищ и животных наполняли его внутри» [16], т. е. можно предположить, что из работающего треножника слышался какой-то шум, доносились голоса. Прямо указывается, что он «клокотал» [14, с. 9а]. Появлялись ли на нем изображения, трудно сказать, однако известно, что треножник «изображал дракона, летящего в облаках» [16], а вскоре этот же дракон явился воочию и забрал Хуанди и всех его спутников [13]. В пользу того, что «треножник» мог использоваться для установления дальней связи, возможно, говорит и другое: его расположение было выбрано с таким расчетом, чтобы обеспечить прямую видимость звезд Сюаньюань [17, с. 238], откуда Хуанди прибыл на Землю [18, т. 4,

⁴ а — лицевая сторона ксилографического листа, б — оборотная.

свиток 2, с. 25a]. В источниках указано также, что «этот треножник знал благоприятные и неблагоприятные признаки, знал (ныне) существующее и исчезнувшее» [14, с. 9a]. Если бы мы задались целью перевести архаичный строй речи средневекового памятника на язык современной науки, то нам, вероятно, пришлось бы сказать, что «чудесный треножник» Хуанди обладал способностью накапливать информацию («знал прошлое и настоящее»), давать ей оценку и принимать решения. Известно также, что его можно было приводить в движение и останавливать (треножник «мог покоиться и мог идти») ⁵, что он был в состоянии каким-то образом воздействовать на силы гравитации («мог [становиться] легким и тяжелым») [14, с. 9a; 15] ⁶.

Еще одно любопытное сообщение содержится в конфуцианской канонической «Книге установлений». В ней говорится, что во времена «совершенномудрых» древних государей «в горах появлялась повозка-сосуд» [20, с. 1055]. Ее покрытие древний человек мог сопоставить только с несовершенной глазурью своих изделий («Сосуд этот, говорят, был словно серебряная глазурованная черепица, киноварно-красная керамика»). А в комментарии, цитирующем исчезнувший апокриф, поясняется: «Горная повозка — это естественная повозка. Свисают крючья; никто не гнет, не направляет, сами собой закручиваются, изгибаюсь» [20, с. 1056].

Уже из этого, пусть не слишком ясного, текста можно извлечь многое. Можно допустить, например, что странная «повозка» имела обтекаемую форму сосуда или капсулы, что у нее было какое-то твердое, ярко окрашенное покрытие, сверкающее белым металлом («серебром»), что она могла двигаться по сильно пересеченной горной местности, причем в нее никто не был запряжен (обычно это скрупулезно отмечается) и, по-видимому, никто ею не управлял — она передвигалась как бы сама собой, «естественно» ⁷. Наиболее интересна и вместе с тем наименее ясна последняя фраза — упоминание каких-то ниспадающих или свисающих захватов («крючьев»), которые потом сами собой изгибаются и закручиваются, — она наводит на мысль об усложненной модификации гусеничного хода. Однако особенности древней грамматики разрешают и другое прочтение: «Горная повозка — это естественная повозка. Свисает крюком, никто не гнет, не направляет — сама собой закручивается, изгибаюсь», т. е. речь в таком случае идет о способности повозки в целом или ее ходовой части свободно менять форму, как бы «растекаясь», применяясь к неровностям местности... Даосские тексты упоминают о том, что таких повозок у Хуанди было множество («горные повозки заполняли равнины») [21], и не только их...

⁵ Или «действовать» [14, с. 9a].

⁶ «О трех ногах, но квадратный», «белый, словно сладость», «его не передвигают — идет сам собой» — так описывается подобный же треножник, сделанный якобы более поздним «совершенномудрым сыном неба» [19].

⁷ Слово «цзыжань», которое принято переводить как «естественный» или «естественность», обозначает все то, что происходит из внутренней природы данной вещи, само собой, без посторонних воздействий.

Хуанди и основная группа его помощников действовали в Северном Китае — там, где впоследствии возникло ядро китайской цивилизации. А освоение юга осуществлялось теми, о которых даже трудно сказать: были ли это живые существа, автономные механизмы или механизмы, непосредственно управляемые живыми существами. В древних источниках они фигурируют как «Чи Ю и его братья» — можно заключить, что они были подобны друг другу. В различных источниках примерно одинаково указано число «братьев» — их было около восьмидесяти [22, 23, 24, с. 116].

По сообщениям древних, у Чи Ю, как и у Хуанди, было четыре глаза (во всяком случае, их считали глазами), шесть рук, или манипуляторов [22]. Особенно странной казалась голова, сделанная из меди или сходного с ней металла, с железным лбом [22, 23, 24, с. 116], с какими-то трезубцами вместо ушей [22]. Подобно «горной повозке», Чи Ю мог преодолевать пересеченную местность и даже ненадолго взлетать в воздух [7, с. 119]. Но ни на что не похожей оказывалась его пища: источники в один голос уверяют, что этот монстр питался камнями и песком [23, 24, с. 116; 7, с. 119] или даже металлом («железом») [22]! — из них он получал энергию, необходимую для своего движения. Сообщают, что отделенная впоследствии от туловища и с предосторожностями захороненная отдельно металлическая «голова» Чи Ю долгие годы продолжала излучать тепло. Из захоронения время от времени выбивалось облачко отсвечивающего красным пара, которому поклонялись местные жители [24, с. 156] ⁸.

Достоверных изображений Чи Ю не сохранилось. Однако не следует забывать, что китайский иероглиф в своей первоначальной форме тоже был картиной, и пусть примитивно, но как-то изображал обозначенный им предмет. Древнее написание иероглифа Чи [Ю] приводит словарь II в. «Шовэнь цзецзы» («Толкование писем и объяснение иероглифов»). Неожиданно он оказывается очень мало похожим на словесное описание. Но это только на первый взгляд.

Напомню, что Чи Ю «мог проходить по труднодоступным местам» [7, с. 119]. Но такой же способностью обладали и так называемые горные повозки. Если мы вспомним, как они передвигались, то древнейший иероглиф-пиктограмма, изображающий Чи Ю, станет нам совершенно ясен. «Свисает крюком: никто не гнет, не направ-

⁸ Местом захоронения древнего монстра обычно называют уезд Чжолу бывшей провинции Чахар — сравнительно малолюдную местность. Однако есть подозрения, что его «останки» уже были извлечены из земли. В «Описаниях удивительного» (VI в.) мы читаем: «Тот череп, словно бы из меди и железа, который ныне обнаружили жители области Цзичжоу, коная землю, — это и есть кости Чи Ю» [22]. Неизвестно, куда затем исчезла странная находка, — время было смутное, весь север Китая был завоеван кочевниками и никаких сообщений о ней больше не появлялось. Действительно ли она имела какое-то отношение к мифу о Чи Ю — сказать сейчас трудно, но обращают на себя внимание слова «словно бы из меди и железа». Ведь и медь, и железо были прекрасно известны каждому китайцу, и такая неуверенность наводит на размышления.

ляет, а сама собой закручивается, изгибаясь...» [20, с. 1056]. Вот эти изгибы и извивы в нижней части иероглифа — тот самый «червяк», которого древние комментаторы непременно упоминали в связи с Чи Ю! Мы ведь тоже ничтоже сумняшеся ходовую часть множества своих механизмов именуем «гусеницей», хотя для нас образы природы неизмеримо дальше, чем для древнего китайца. А над ходовой частью аккуратно вычерчен трезубец — тот самый, который заменял Чи Ю уши. Конечно, аналогия — это еще не доказательство, но невольно приходит на память, что именно знак ∇ и в наше время повсеместно принят для обозначения ввода антенны в радиоустройствах... Я надеюсь, читатель снисходительно отнесется к моей вольности: пример — всего лишь пример. Однако фактом остается другое: древний иероглиф отобразил в образе Чи Ю самое главное, т. е. удивительную форму передвижения этого монстра и удивительное устройство, заменявшее ему один из органов чувств...

Если учесть все сказанное — трудно исключить возможность того, что «братья Чи Ю» могли и не быть «вполне» живыми существами. Невольно представляешь себе группу каких-то сложных, автономных механизмов, похожих на роботов. Лишь один из них управлялся непосредственно живым существом с телом, подобным то ли человеческому [22], то ли звериному [23, 24, с. 116], и знавшим человеческую речь [23, 24, с. 116], но и это существо чаще всего воспринималось аборигенами как единое целое со своим аппаратом. Этого единственного Чи Ю, как и Хуанди, именовали «древним сыном неба» [4, с. 204]. Впоследствии только он один был похоронен в долине Хуанхэ — роботы же были переправлены куда-то «за восемь пустот» [18, т. 11, свиток 22, с. 3а]. Кстати, «восемь пустот» — в китайской литературе синоним «восьми полюсов», «восьми пределов» («бацзи») [25, с. 149], между которыми находится Земля. В энциклопедии XI в. «Тайпин юйлань» сохранился фрагмент древнего сочинения, в котором точно (в китайских верстах) указаны расстояния между этими пределами [17, с. 171]. Правда, подсчеты затрудняются нестабильностью значения числа «и», введенного в измерения [25, с. 128]. Однако, если взять его наименьшее значение, ширина пространства между восемью пределами окажется несколько более 100 000 км, если взять максимальное — более 80 000 000 км. Создается впечатление, что роботы были отправлены далеко за пределы Земли, истинные размеры которой древним китайцам приблизительно были известны.

Поскольку слово «робот» уже произнесено, стоит добавить, что и сама идея роботехники возникла в Китае очень рано. Она зафиксирована письменно в IV в. до н. э., а связанные с этим события относятся к X в. до н. э.

Царь Му, к которому привели робота, не смог отличить его от обычного человека. «Кто это вместе с тобой пришел?» — спросил он мастера. И тот отвечал: «Артист, сделанный Вашим слугой» [26, 27].

Искусно сделанный артист якобы мог петь и плясать, причем все это он делал с должным выражением; как сказано в «Лецзы», «превращался и изменялся на тысячу ладов, повинаясь любому желанию» [26, 27]. Он был способен также на вполне самостоятельные действия: именно его непредвиденный поступок и заставил мастера в конце концов разобрать свое творение. Тогда оказалось, что, несмотря на всю сложность поведения артиста, тот представлял собой лишь биомеханический агрегат, подобие человека с полным набором внутренних органов, созданных искусственным путем. «Царь тщательно все осмотрел, и все оказалось искусственным: внутри — печень, желчный пузырь, сердце, легкие, селезенка, почки, кишки и желудок; снаружи — мышцы с костями, конечности с суставами, кожа с волосами, зубы и прическа» [27]. Мы не будем подробно пересказывать эту историю, поскольку она есть в русском переводе, отметим лишь, что реальная действительность древности, продолжавшей еще жить в бронзовом веке, вряд ли могла дать почву для появления идеи «искусственного человека». В то же время опыт показывает, что в устном народном творчестве сюжет, связанный с одним лицом или событием, может впоследствии быть привязан к другому, более позднему, более близкому рассказчику [28]. И если легенда «Лецзы» относит создание робота к X в. до н. э., то не исключено, что основой для нее послужили события еще более ранние, имевшие место, например, во времена Хуанди.

Естественно встает вопрос: как объясняют все эти странные сообщения древних источников сами китайцы? Ведь объяснить их было необходимо хотя бы потому, что всякое запоминание тесно связано с пониманием; чтобы передать какой-то факт следующим поколениям, нужно было его понять, осмыслив на любом доступном уровне, не говоря уже о том, что нужно было также ввести его в сферу привычных представлений, избежав ломки последних.

Такое произвольное «осмысление» шло, по-видимому, в течение долгого времени; с одной стороны, оно привело к появлению целого ряда логических неувязок в самих текстах и комментариях к ним, с другой — к утрате и трансформации многих текстов.

Уже первое известное нам упоминание идеи роботехники в трактате «Лецзы» облечено в беллетризованную, сказочную форму. С необычными и странными металлическими отражателями, которые изготовлял Хуанди, это произошло позднее. В популярной повествовательной литературе из «великих» они превращаются в обычные туалетные зеркальца, широко распространенные в Китае в древности и в средние века. В одной из новелл VII в. даже указывается диаметр самого крупного — около 25 см, оно без труда умещалось в туалетном ларце [12]. Вместо 12 их уже становится 15 [12], а изготовление зеркал привязывается к легенде о «календарной травке», якобы росшей перед дворцами «совершенномудрых» государей. В течение месяца на ней каждый день сначала распускалось по листочку, а с пятнадцатого числа, наоборот, опадало по одному, и государь всегда знал, какое нынче

число. Утверждается, что «по ее образцу Владыка (т. е. Хуанди. — *И. Л.*) отлил зеркала, дабы создать ее подобие — и было их пятнадцать чудесных зеркал, драгоценных зеркал» [24, с. 66—7а]. В уже цитировавшейся нами новелле сообщается, что каждое следующее зеркало было в поперечнике меньше предыдущего на один цунь [12], отражая соответствующие фазы светила. Так было интерпретировано более раннее сообщение: «использовал их, следуя за Луной».

Если факт изготовления зеркал потонул в потоке художественного вымысла, то сообщения о необычной пище Чи Ю, напротив, опровергались с точки зрения здравого рассудка. Опровержение это приписывается поэту Ли Бо, хотя вряд ли в средние века в Китае найдется человек, менее его склонный к сухому рационализму. Все это «напоминает воинов-южан», якобы заметил Ли Бо по поводу того, что Чи Ю поглощал камни и песок. — «Видя, как люди северных земель питаются пшеничной кашей и рисом, они не понимают этого и говорят, что те пожирают песок и камни» [24, с. 116]. Не слишком убедительно, тем более что упущен вариант с железом — в данное сравнение он не укладывается.

Тексты, в которых содержатся сообщения о мифической «горной повозке», наиболее темны — их истинный смысл был, по-видимому, утрачен еще в древности. Современные китайские ученые предпочитают читать соответствующий отрывок из «Книги установлений», нарушая свято соблюдающийся ими принцип параллелизма. Несмотря на то что в ряду перечислений первый иероглиф здесь везде играет роль определения, а второй — определяемого, дойдя до удивительной повозки, они мысленно ставят между ними запятую, и тогда получается: «Горы являли [звону] сосуды, повозки...». Какие такие сосуды являли горы и почему — остается при этом непонятным, но это оказывается все же предпочтительнее, чем отвечать на недоуменные вопросы о совсем уж не укладывающейся в сознание «повозке-сосуде». Что же касается китайских словарей, то они долгое время не решались давать толкования этого термина, ограничиваясь цитированием древних текстов, а также указанием, что появление горной повозки в древности считалось благом предзнаменованием [25, с. 452]. Лишь сравнительно недавно 40-томный «Энциклопедический словарь китайского языка», изданный на Тайване, дал следующее определение: «Горная повозка — это дерево, которое само собой сгибается крючком и принимает форму колеса, не дожидаясь, чтобы его гнули» [10, т. 10, с. 409]. Нельзя не заметить произвольности такого толкования — ведь в оригинальных текстах не упомянут ни исходный материал (дерево), ни конечный продукт (колесо), и то и другое элементарно примыслено, так как в оригинале говорится только о повозке. Но толкователю, исходящему из определенных аксиом, невозможно представить себе в древности средство передвижения, меняющее свою форму, использующее гусеничную тягу и т. д., — гораздо проще вообразить корчащиеся в судорогах деревья, ибо в итоге получается все то же привычное колесо.

Обилие натянутых толкований лишний раз убеждает в том, что древние тексты, возможно, несут в себе информацию, не укладывающуюся в рамки своего времени и не поддающуюся объяснению на уровне традиционного комментаторства. Но ведь еще академик В. П. Васильев писал о необходимости для китаеведа «усвоения собственного воззрения в тех фактах, которые ему передают китайцы» [29], — научная синология от этого только выиграла. Это справедливо по отношению к любым произвольным спекуляциям вокруг древних мифов. Естественно, что если «сыны неба» действительно существовали, то они не были ни китайцами, ни индусами, ни догонами, а объектом их контакта являлось все человечество в целом, — но существовали ли они вообще? Пока на этот счет можно строить только догадки. Приблизить же нас к истине способна лишь современная наука, с позиций которой и следует подходить к проблеме.

Хуанди руководил и правил Поднебесной в течение 100 лет, хотя прожил гораздо больше: источники называют цифры и 210 [14, с. 106], и 300 [2, с. 18]. Где и в каких занятиях прошли остальные годы — можно только гадать. Конфуций практически ушел от ответа на этот вопрос, ибо подменил его софистикой: «Человек сто лет преследовал собственную выгоду, пока не низвергся [с престола], — сказал он своему ученику Цзай Во. — Человек сто лет почтительно служил своему духу, пока не сгинул; человек сто лет распространял свое учение, пока не переселился; вот и говорят о трехстах годах!» [2, с. 18]. Однако даосские источники недвусмысленно заявляют: после ста лет «правления» Хуанди вернулся на свою звезду [14, с. 106].

В «Описании гор Дракона и Тигра» сказано, что Хуанди, овладевший основным законом Вселенной — Дао, странствовал по ней «в беспредельности» [30]. В «Жизнеописании», включенном в даосский канон, сведения более конкретны: Хуанди, «поднявшись в небо и став повелителем Единого Величайшего, превратился опять в звезду Сюаньюань» [14, с. 106]. «Единое Величайшее» у даосов (например, у Чжуанцзы) — синоним все того же Дао, источника движения и развития мира [25, с. 354]. Что же до звезды Сюаньюань, то она существовала и до того, как Хуанди поднялся в небо (на нее он, в частности, ориентировал свой треножник), и перед нами просто образное указание на конечную цель его «странствия в беспредельном». Тем более что на Землю он прибыл именно с этой звезды («Сюаньюань — другое имя Хуанди. Дух этой звезды, сойдя вниз, родил Хуанди» [18, т. 4, свиток 2, с. 25а]).

О том, как происходил сам полет, источники умалчивают, однако не следует забывать, что в мифы с Хуанди органически входит образ «грома». отождествление «грома» с удлинненными барабанами, изображение его в виде связки таких «барабанов» [31, с. 44—45], каждый из которых поделен в плане на четыре отсека, невольно обращает мысль в сторону различных технических приспособлений. Этому способствует и странное описание «князя грома», одного из помощников Хуанди [31, с. 45]. За недостатком

места мы вынуждены опустить подробности. Стоит, однако, упомянуть о полете одного из современников Хуанди, который может дать нам некоторое представление о способе «передвижения в бес-предельности».

В «Записях об основных деяниях Хуанди», включенных в священный даосский канон, сообщается следующее: «Фэнцзы сжег себя в куче пламени, вместе с дымом поднялся и опустился, за одно утро долетел до зыбучих песков» [14, с. 1а], т. е. туда, где находилось знаменитое «Озеро грома» и, вероятно, база возможных «пришельцев». Далее, по сообщению источника, он использовал какое-то «фэйюй». Этимология этого слова не вполне ясна; встретив впервые в тексте, я перевел его как «летающая рыба» [31, с. 46]. К счастью, этот же термин донес до нас очень древний мифологический компендиум «Книга гор и морей». Из него становится ясно, что «фэйюй» ничего общего с летающей рыбой не имеет (ср. [25, с. 611]). По-видимому, иероглиф «фэй» следует переводить не как «летающий», а «для полета». Что же до странного упоминания «рыбы», то оно встречается в сходных ситуациях и в памятниках других древних народов. Сторонники гипотезы космических палеоконтактов усматривают в образе «рыбы» некую модификацию защитного костюма пришельцев из космоса [32]. Не углубляясь в этот вопрос, скажем лишь, что, согласно «Книге гор и морей», «фэйюй» действительно «предохраняет от оружия и позволяет не опасаться грома» [33, с. 66].

Далее следует самое интересное. По свидетельству источника, воспользовавшись «фэйюй», сподвижник Хуанди «временно умер и возродился через двести лет» [14, с. 1а]. Иначе говоря, сообщение в целом может быть интерпретировано так, что, прилетев на «Озеро грома», Фэнцзы прибег к некоему средству, необходимому для дальнейшего, более продолжительного полета и предохраняющему от каких-то его вредных воздействий, после чего погрузился в состояние летаргического сна. Естественно, что при этом возникает мысль об анабиозе как одной из удобных форм решения проблемы времени при космических полетах на дальние расстояния. Других подробностей полета Фэнцзы в источниках отыскать не удалось. Гораздо больше там говорится о Хуанди, который якобы овладел самой «субстанцией грома». Создается впечатление, что он мог перемещаться в пространстве с огромными скоростями. На такую мысль наводит, в частности, сообщение о чэнхуане — драконе, на котором Хуанди поднимался к Солнцу. По словам одного древнего сочинения, это удивительное средство передвижения «происходит из страны, где рождаются солнца», и очень старо — ему три тысячи лет [24, с. 36]. Но самое главное: его огромная скорость влияет на ход времени, предотвращает старение человеческого организма: чэнхуан «в один день покрывает мириады верст; севший на него человек достигает возраста двух тысяч лет» [24, с. 36].

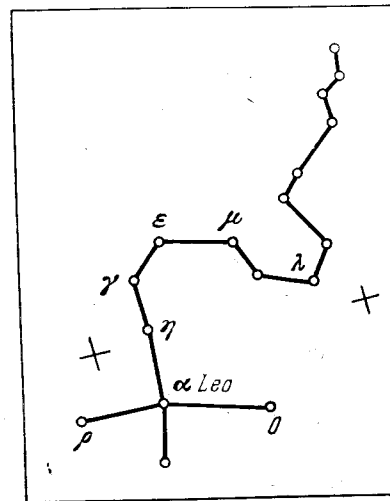
Разумеется, древнекитайские тексты многозначны, трудны для понимания; утверждать что-либо, опираясь только на них, было

бы чрезвычайно рискованно — и тем не менее они дают определенную пищу для размышлений.

Астронома из всего сказанного скорее всего заинтересует указание на район неба, откуда, согласно древним преданиям, прибыли предполагаемые «пришельцы». Это — небольшое созвездие Сюаньюань (см. рисунок), состоящее из 17 звезд различной величины и напоминающее по форме извивающегося дракона. Его местоположение на небесной сфере известно достаточно точно — расхождения касаются только двух-трех звезд [34, 18, т. 4, свиток 2, с. 25а; 35]. Созвездие протянулось от района эклиптики в сторону Полярной звезды и находится приблизительно между 10 и 40° северного склонения, прямое восхождение — около 9 ч. — 10 ч. 30 м. Однако есть основания полагать, что, упоминая Сюаньюань, древние авторы часто имели в виду не все созвездие в целом, а лишь район его самого яркого светила — Регула (α Льва).

К сожалению, известная людям с давних времен эта двадцатая по яркости звезда нашего неба исследована сравнительно мало⁹. Мы знаем лишь, что в действительности она состоит из четырех звезд и центральное светило этой системы, молодое и горячее, ничем не походит на наше Солнце. Гораздо более обещающая пара, соответственно обозначенная астрономами латинскими буквами В и С, находится на расстоянии 4500 а.е. от центра. Регул В, как свидетельствует его спектр, по своим параметрам довольно близок к Солнцу, а от Регула С, весьма слабой звездочки, спектральный класс которой до сих пор не установлен, его отделяет 75 а.е. (приблизительно размеры Солнечной системы). В этой паре наличие планет вполне возможно, а влияние горячего центрального светила малоощутимо. На еще большее расстояние от последнего (≈ 5500 а.е.) удалена четвертая слабая звездочка, Регул D, еще совершенно неизученная. Против возможности существования внеземной цивилизации в данном районе говорят некоторые аргументы и главный — сравнительная молодость центрального светила, возраст которого автоматически экстраполируется на периферийные звезды. Однако этот аргумент не бесспорен.

⁹ Астрономические сведения о Регуле любезно сообщены автору Н. С. Кардашевым и Л. М. Гиндилисом.



Прорисовка созвездия Сюаньюань со старинной каменной карты (XII в.)

Греческими буквами даны современные обозначения звезд созвездия Льва

Дополнительный повод для размышлений дает еще одна деталь: в звездной системе Регула отмечено существование радиисточника (4 CP 12.360), излучающего в метровом диапазоне. Случай не уникальный, но все же достойный внимания, если вспомнить, что таким источником является и наша Земля. Было бы чрезвычайно интересно определить, к какому из звездных компонентов относится радиообъект, но, к сожалению, точность большинства современных радиотелескопов для этого недостаточна.

Следует заметить, что в последние годы в унисон с древними мифами прозвучали вполне современные, хотя и достаточно фантастические астрономические гипотезы. Речь идет о попытках интерпретации «таинственного радиоэха», неоднократно наблюдавшегося в 20-х годах, когда земное радио еще только «училось говорить». Именно тогда был отмечен целый ряд случаев (в частности, в специальных опытах К. Штермера, И. Халса и Б. ван дер Пола), когда сигналы станции, передававшей азбуку Морзе, принимались вместе с неким «текстом-дубликатом», который отличался от исходного интервалом между сигналами. «Вторичные» сигналы всегда приходили с некоторым запозданием, причем время задержки варьировалось самым причудливым образом [36]. Параметры «таинственного радиоэха» не позволяли удовлетворительно объяснить его ни одной известной причиной. Только в 1973 г. английский астроном Д. Луан высказал предположение, что перед нами — весть из космоса, попытка гипотетического радиозонда вступить с нами в контакт... [37].

Продолжительность задержки каждого сигнала К. Штермер в свое время зафиксировал в секундах. Был сделан ряд попыток расшифровать эту серию цифр в качестве координат неких точек на плоскости, а сами эти точки — как изображение определенного участка звездного неба. В числе первых занялась подобной дешифровкой группа болгарских астрономов во главе с И. Илиевым; в 1974 г. они пришли к выводу, что сигналы несли в себе изображение части созвездия Льва и особое указание на звезду Дзета [38]. Однако особенно интересной оказалась работа советского инженера П. Гилева, усовершенствовавшего методику предшественников, — он, в частности, исходил из того, что серия цифр, записанная К. Штермером, есть текст незаконченный, оборванный... В его интерпретации подкупает информационная насыщенность «таинственного радиоэха» — очертания одной и той же группы звезд, получаемых при такой дешифровке, возникают неоднократно; многократно дублируются, несмотря на краткость текста, также другие сообщения, а координаты отдельных звезд даны в последовательности убывания их яркости... Схематическое изображение, полученное П. Гилевым, с большой точностью совпадает с частью созвездия Льва, каким мы его видим на нашем небе, а отправителем этого послания П. Гилев считает обитаемую планету в районе звезды Тета... [39].

Конечно, дешифровка, пусть даже столь остроумная, как у Гилева, не является решающим доказательством. Вспомним,

что в руках других интерпретаторов те же импульсы «таинственного радиоэха» давали совсем иную картину [37, 40]. Возможно, наблюдаемое эхо было связано с особыми условиями распространения и отражения радиоволн. И все же трудно избежать соблазна напомнить, что Дзета Льва как раз входит в древнее созвездие Сюаньюань, а Тета Льва находится в непосредственной близости к его главной части — «голове дракона».

Итак, несколько указаний, одинаково неясных и сомнительных, но достаточно разнохарактерных, чтобы заинтересовать любознательного исследователя. Древние мифы и недавние интерпретации загадочных радиосигналов равно отмечают созвездие Льва, и это не может не обратить на себя внимание.

В последние годы известный американский астроном Ф. Дрейк уже исследовал — и безрезультатно — две туманности в созвездии Льва, но, быть может, нет нужды искать так далеко и нечто совсем неожиданное ждет человечество значительно ближе — на расстоянии «каких-то» восьмидесяти световых лет? Будущее ответит на этот вопрос, нашей же задачей было дать читателю материал для раздумий, предложив один из возможных вариантов его интерпретации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шекспир У. Полн. собр. соч. М.: Искусство, 1960, т. 6, с. 40.
2. Хуанфу Ми. Диван шицзи цзицунь (Собрание сохранившихся фрагментов кн.: Записи о поколениях владык и царей). Пекин, 1964.
3. Кычанов Е. И., Савицкий Л. С. Люди и боги страны снегов. М.: Наука, 1975, с. 170.
4. Гу ши бянь (Спорные вопросы древней истории). Шанхай, 1941, т. 7, ч. 1.
5. Синьхуа цзыдянь (Новый китайский иероглифический словарь). Пекин, 1962. Приложение, с. 9.
6. Бикерман Э. Хронология древнего мира. М.: Наука, 1975, с. 179.
7. Юань Кэ. Чжунго гудай шэньхуа (Мифы древнего Китая). Шанхай, 1960.
8. Шибэнь бачжун (Восемь списков фрагментов кн.: Корни поколений). Шанхай, 1957. Список V.
9. Там же. Список III, с. 3.
10. Чжунвэнь да цыдянь (Большой энциклопедический словарь китайского языка). Тайбэй, 1962—1968.
11. Жэнь Фан. Шу и цзи (Описание удивительного). — В кн.: Лэй шо (Повествования разного рода). Пекин, 1956. Свиток 8, с. 56.
12. Волшебное зеркало. Дотанские новеллы. М.: Худож. лит., 1963, с. 118.
13. Ван Чун. Луньхэн цзицзе («Критические рассуждения» с собранием комментариев). Шанхай, 1957, с. 145.
14. Гуан Хуанди бэнь син цзи (Записи основных деяний Великого Хуанди). — В кн.: Даопзан (Вместилище Пути: Даосский канон). Б.м. и г. Т. 137. Раздел: Дун чжэнь бу (Проникновение в Истину).
15. Цао Чжи. Хуанди сань цзян цзань (Славысловие трем треножникам Хуанди). — В кн.: Ивэнь лэйцзюй (Собрание разного рода искусств и изящной словесности: Энциклопедия VI в.). Шанхай, 1959. Свиток 11, с. 10а.
16. Юй Ли. Цзян пу (Перечень треножников). — В кн.: Юнлэ дадянь (Энциклопедия, составленная в годы Юнлэ). Пекин, 1960. Свиток 11956, с. 6а.
17. Хэту ши ди сянь (Восстановленное изображение Земли, некогда явленное в письменах из Реки). — В кн.: Тайпин юлань (Императорское обозрение, составленное в годы Тайпин: Энциклопедия XI в.). Пекин, 1960. Т. 1.

П. В. Маковецкий, Н. Т. Петрович, В. С. Троицкий

ПРОБЛЕМА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ —
ПРОБЛЕМА ПОИСКА

Проблема существования внеземных цивилизаций (ВЦ) впервые за всю историю человечества из чисто умозрительной превратилась в поддающуюся экспериментальной проверке. Этим самым из области веры она перешла в область познания.

Мысль о постановке задачи поиска сигналов ВЦ на современном уровне науки и техники достаточно конкретно была высказана С. Коккони и Ф. Моррисоном [1] в 1959 г. Их идеи были восприняты с энтузиазмом, получили широкое развитие в работах советских и зарубежных ученых [2, 3]. Этот энтузиазм стимулировался родившейся и бурно растущей космонавтикой, служившей для нее оптимистическим фоном. Имели место отдельные попытки поиска сигналов ВЦ сначала Ф. Дрейком, затем В. С. Троицким [4], позднее Н. С. Кардашевым, Г. Вершууром, В. Цуккерманом и др., однако пока безрезультатные.

За прошедшие 20 лет проблема ВЦ благодаря многим научным публикациям и симпозиумам приобрела с теоретической стороны значительное развитие, по крайней мере в том смысле, что осознана ее необычная сложность. Экспериментальные и наблюдательные ее результаты, однако, на сегодня незначительны, а в смысле обнаружения искусственных сигналов отрицательны.

Возможно, этот контраст является одной из психологических причин некоторого скептицизма по отношению к проблеме ВЦ, дающего о себе знать в последние годы. Например, выдвигается гипотеза, что хотя ВЦ, возможно, везде, однако видимое отсутствие их взаимодействия с нами может быть результатом того, что они оставили нас как заповедник или зоопарк [5]. Согласно этой «зоогипотезе» мы никогда не найдем их, потому что они не хотят быть найденными и имеют технические возможности обеспечить это. Недавно И. С. Шкловский в статье, опубликованной в «Вопросах философии», пришел к еще более радикальному выводу, что наша земная цивилизация единственна [6]. Б. Н. Павловкин атакует проблему ВЦ с другой стороны, считая, что хотя ВЦ могут быть и многочисленными и дают о себе знать, но их сигналы практически непознаваемы для других [7], тем более для нас, новичков в проблеме связи с ВЦ.

Отмечая известную убедительность некоторых положений в указанных выше работах, мы тем не менее не можем согласиться, что окончательные выводы указанных авторов научно доказаны. Здесь мы рассмотрим проблему существования ВЦ, полемизируя в основном с И. С. Шкловским. Это объясняется как видным местом, которое он занимает в исследованиях проблем ВЦ, так и тем, что эволюция его взглядов наиболее радикальна.

1. Ван Ци. Ва Хань сань цай тухуй («Собрание картин, изображающих все небесное, земное и человеческое» с китайским и японским текстами). Б. м., 1713.
2. Юй Ли. Цзяв лу (Описание треножников).— В кн.: Хань Вэй цуншу. (Собрание сочинений эпох Хань и Вэй). Б. м., 1791, т. 54, с. 1а.
3. Лицзи чжэньи («Книга установлений» в правильном истолковании). Т. 4.— В кн.: Шисань цзин чжуншу (Тринадцать классических книг с комментариями и толкованиями). Пекин, 1957. Т. 22.
21. Ван Цзя. Ши и цзи (Собрание утраченных записей).— В кн.: Хань Вэй цуншу. Б. м., 1791, т. 94, с. 3б.
22. Жэнь Фан. Шу и цзи (Описание удивительного).— В кн.: Хань Вэй цуншу. Б. м., 1791, т. 92, с. 2а.
23. Лун юй хэ ту (О письменах, которые были начертаны на спине рыбы-дракона, явившегося из речных вод).— В кн.: Тайпин юйлань. Пекин, 1960, т. 1, с. 368.
24. Сюаньюань Хуанди чжуань (Жизнеописание сюаньюаньского Хуанди).— В кн.: Хуанди ушу (Пятикнижье Хуанди). Б. м., 1807.
25. Цыхай (Море слов). Шанхай, 1948.
26. Атеисты, материалисты, диалектики древнего Китая. Ян Чжу, Лецзы, Чжуанцзы. VI—IV вв. до н. э. М.: Наука, 1967, с. 93.
27. Лецзы цзиши (Книга Лецзы с собранием комментариев). Шанхай, 1958, с. 112.
28. Лисевич П. С. Сюжет эзоповой басни на Востоке.— В кн.: Типология и взаимосвязи литератур древнего мира. М.: Наука, 1971, с. 293 и др.
29. Васильев В. П. Сведения о маньчжурах во времена династий Юань и Мин. СПб., 1863, с. 15.
30. Лун ху шань чжи (Описание гор Дракона и Тигра).— В кн.: Юнлэ да-дянь. Пекин, 1960. Свиток 11956, с. 6а.
31. Лисевич П. С. Древние мифы о Хуанди и гипотеза о космических пришельцах.— Азия и Африка сегодня, 1974, № 11.
32. Drake W. R. Spacemen in the ancient east. N. Y., 1968, p. 181—182.
33. Шань хай цзин (Книга гор и морей).— В кн.: Тайпин юйлань. Пекин, 1960. Т. 1.
34. Чжу Вэньсинь. Шицзи тяньгуаньшу хэнсин ту као (Исследование расположения постоянных звезд согласно главе «Чины неба» книги «Исторические записки»). Шанхай, 1927, с. 59.
35. Гао Пинцзы. Шицзи тяньгуаньшу цзинь чжу (Современные комментарии к главе «Чины неба» в книге «Исторические записки»). Тайбэй, 1965, с. 14.
36. Штермер К. Проблема полярных сияний. М.: Гостехиздат, 1933.
37. Космический зонд от е Волопаса.— Земля и Вселенная, 1973, № 6, с. 68—70.
38. Вест из созвездия Льва. — Техника — молодежи, 1974, № 4, с. 54—56.
39. Родинов В. Диалог с космическим зондом? — Техника — молодежи, 1977, № 5, с. 58—60.
40. Шилевский А. В. Новая интерпретация таинственного радиоэха.— Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 74—77.

Общая схема познания объективной реальности, хорошо прослеживаемая в развитии науки, опирается на теорию и эксперимент, логику и практику. В этом отношении поставленная выше проблема не является исключением. Однако в своей работе И. С. Шкловский использует несколько иное разделение на логическое и практику. Он выделяет два подхода к изучению проблемы ВЦ: «логико-философский» и практические поиски сигналов ВЦ. При этом он исходит из того, что познание истины — единый процесс логики и практики, теории и эксперимента, поэтому в понятие «логико-философского» подхода И. С. Шкловский включает и практику как критерий истины. Однако эту практику он видит только в форме «космического чуда», отвергая значимость практики поиска сигналов ВЦ, утверждая, что «логико-философский» подход «куда перспективнее», чем практические поиски сигналов ВЦ. Этими рассуждениями автор по сути дела лишь придает разный вес и значимость различным методам наблюдений. Это, конечно, правомерно, но вряд ли может явиться достаточным основанием для новой терминологии известных методологических подходов.

Итак, достаточны ли теоретические доводы и вся совокупность наблюдательных данных, объединенная автором в логико-философском подходе, чтобы делать заключение о единственности земной цивилизации? Рассмотрим аргументы И. С. Шкловского подробнее. Доказательство уникальности земной цивилизации начинается с анализа множителей формулы Дрейка для числа существующих в нашей Галактике цивилизаций:

$$n = N P_1 P_2 P_3 P_4 \frac{t_1}{T_1}, \quad (1)$$

где n — число высокоразвитых ВЦ и N — полное число звезд в Галактике; P_1 — вероятность того, что звезда имеет планетную систему; P_2, P_3, P_4 — вероятность наличия на планете соответственно жизни, разума и технологии; t_1 — средняя продолжительность технологической эры; T_1 — возраст Галактики. И. С. Шкловский замечает, что по мере развития науки оценка всех множителей правой части (кроме N) имеет явную тенденцию к уменьшению. В подтверждение этой тенденции он анализирует P_1 , приводя два аргумента: 1) открытие ван де Кампом планет у звезды Барнарда поставлено под сомнение и 2) найден другой механизм потери скорости осевого вращения у звезд, не связанный с образованием планет. Проанализируем эти аргументы.

В работе [6] И. С. Шкловский пишет: «Нашумевшее открытие ван де Кампом планетной системы... оказалось, по всей видимости, чисто инструментальным эффектом... Тем самым важнейший аргумент в пользу распространенности планетных систем оказался скомпрометированным». Правомерны ли столь радикальные выводы? Посмотрим на открытие ван де Кампа и его «заккрытие»

объективно. Как наличие у звезды Барнарда планетной системы не доказывает их «огромной распространенности» (возможно, это случайность, что два близких соседа — Солнце и звезда Барнарда оказались обладателями планет), так и отсутствие планет у одной из двух звезд не доказывает их чрезвычайной редкости (потому что у второго из двух обследованных соседей — Солнца они достоверно есть). До статьи ван де Кампа мы не знали, есть ли они у звезды Барнарда или нет, и тем не менее были полны энтузиазма в вопросе о ВЦ. Затем мы «узнали» — и наш энтузиазм возрос. Сейчас этот результат поставлен под сомнение. Каково же состояние нашего знания после этого? Знаем ли мы, что планеты у этой звезды отсутствуют? Нет, такого знания у нас не появилось. Просто мы вернулись к состоянию исходного незнания. Узнаем позже, когда усовершенствуем инструменты. Более того. Допустим, что кто-нибудь не просто усомнился в открытии планет у звезды Барнарда, а убедительно доказал их отсутствие. Имел бы этот результат какое-либо существенное значение для проблемы ВЦ? Ничтожно малое. Только точнейшее (недоступное современным инструментам) обследование сотен ближайших звезд и строгое доказательство, что ни у одной из них нет ни одной планеты, причем не только с массой Юпитера, но и с массой Земли (и даже Луны), может привести к статистически значимому утверждению, что планетные системы у звезд крайне редки. В последнее время появились сообщения об обнаружении тем же методом невидимых спутников типа планет еще у двух близких к нам звезд: Эпсилон Эридана и Цинциннати-2354, находящихся на расстоянии 16 св. лет от Земли.

Вопрос о механизме потери вращательного момента Солнцем и аналогичными звездами дискутируется уже десятки лет. Гипотеза Шацмана (1962 г.) о возможности потери момента за счет взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем обсуждалась И. С. Шкловским в 1965, 1973 и 1976 гг. [2], но она никогда не исключала гипотезу об уносе момента из звезды образующимися планетами. Оба названных механизма потери момента звездой реальны и не исключают друг друга. В противном случае мы обязаны прийти к выводу, что у Солнца не может быть планет, поскольку есть солнечный ветер и магнитное поле. На наш взгляд, все дело в том, что мы знаем сегодняшний момент для каждой звезды индивидуально, а ее начальный момент — только статистически, из распределения моментов по звездам различных классов и возрастов. В этих условиях мы можем оценить лишь порядок начального момента для звезды, его потерявшей, и, естественно, в пределах этой погрешности найдется место для потерь как на планеты, так и на солнечный ветер. Более того, имеется подозрение, что и сегодняшний момент звезды мы еще не знаем с нужной точностью. Так, например, Дикке [8] по результатам измерения сплюснутости Солнца приходит к выводу, что у Солнца солнечным ветром заторможен лишь поверхностный конвективный слой, а внутренняя часть вращается на порядок быстрее.

Итак, уменьшать в 100 раз множитель P_1 в формуле Дрейка не было особых оснований. Относительно множителя P_2 он пишет: «Один из основоположников современной биологии Ф. Крик недавно вообще отказался от попыток понять происхождение жизни на Земле и предпочел им отнюдь не новый вариант панспермии». Из этого, однако, может следовать только трудность познания происхождения жизни, но отнюдь не малая вероятность ее возникновения. Судить о крайней маловероятности или об общности феномена жизни мы можем только после того, как познаем его механизм.

Множители P_3 и P_4 И. С. Шкловский не рассматривает вообще, ограничиваясь утверждением, что «столь же неопределенно малой является вероятность эволюции каким-то образом возникшей на некоей планете жизни в разумную и тем более технологически развитую». Таким образом, делается утверждение о равной трудности трех скачков: неживое—живое, неразумное—разумное и нетехнологическое—технологическое. Действительно, скачок неживое—живое науке еще непонятен. Этим, в частности, объясняется появление разных гипотез о возникновении жизни на Земле, в том числе известной гипотезы о направленной панспермии, выдвинутой И. С. Шкловским и детализированной Криком и Орджем [9]. Однако когда скачок совершен, то далее действует естественный отбор, причем сам ход отбора и его результаты (все более и более сложные адаптации) вполне понятны. Всякое накопление эволюционных количественных изменений ведет к революционному качественному скачку. Скачок неразумное—разумное, как наиболее революционная адаптация, подготавливался всеми адаптациями биологической эволюции, и поэтому скачок неразумное—разумное считается не таким уже непонятным, как скачок неживое—живое. Переход от разума к технологии, по-видимому, вообще не является трудностью. Считается общепризнанным, что труд превратил нашего обезьяноподобного предка в человека (неразумное в разумное). Но «труд начинается с изготовления орудия» (технология) [10]. Труд и разум влияли друг на друга, совершенствовались друг друга. Таким образом, между разумом и технологией имеется полная корреляция. В итоге множитель P_4 можно принять равным единице, что равносильно его отсутствию в формуле Дрейка. Мнения о коррелированности технологии и разума придерживаются и многие философы: «Биологическая форма движения именно тогда превращается в социальную, когда человек между собой и природой поставил искусственно созданное им орудие труда, технику... Поэтому «нетехнологический» путь развития ВЦ представляется весьма сомнительным» [11].

По оценке множителей P_2 и P_3 заслуживают также внимания идеи Н. Рашевского [12], одного из лидеров математической биологии. С помощью найденного им принципа биотопологического эпиморфизма он получает, что число различных биологических видов, которые принципиально могут существовать, равно

$M = 10^8$. Поскольку на Земле число существующих (и вымерших) видов порядка $m = 4 \cdot 10^6$, то Н. Рашевский выдвигает гипотезу, что наиболее общие законы природы допускают существование на различных планетах абстрактных биологических систем (для краткости — биологий), содержащих другие виды из числа 10^8 .

Теория Рашевского, насколько нам известно, не подвергалась сколько-нибудь серьезной критике и высоко оценивается сегодня философами [13, 14]. Опираясь на нее, можно показать, что независимые биологические системы разных планет с высокой степенью вероятности оказываются родственными. Из всех рассмотренных в статье [15] моделей мы приведем здесь лишь одну, модель «рассредоточенной» биологии: все m видов каждой из двух биологий рассредоточены случайным образом по множеству 1, 2. В этом случае вероятность того, что хотя бы один из видов биологии 2 совпадает с соответствующим видом биологии 1, равна $W(A) = 1 - 10^{-72400}$, т. е. единице. Это означает, что событие «две биологии совпадают хотя бы в одном из видов» достоверно. Среднее число совпадающих видов равно 160 000.

Предположим, что $M = 10^8$ Рашевским занижено, и возьмем число потенциальных видов на два порядка большее, т. е. $M = 10^{10}$. При этом $W(A) = 1 - 10^{-694}$, т. е. пересечение двух биологий все еще практически достоверно. Но если это так и если внутри каждой из биологий большинство видов объединены родством происхождения, то и между собой биологии оказываются родственными через совпадающие виды, поскольку два совпадающих вида — это один и тот же вид. Таким образом, между двумя биологиями нет различий, которые можно бы назвать существенными. А это увеличивает вероятность существования ВЦ по аналогии с земной биологией.

Приведенные расчеты в значительной степени качественные. Здесь не приняты во внимание неодновременность возникновения разнопланетных биологий, неравенство их мощностей, неоднородность «крон» их генеалогических деревьев. Однако эти результаты достаточно любопытны, и для проблемы ВЦ они важны тем, что в случае их справедливости дают P_3 очень близкими к единице, если жизнь на других планетах существует. Привитые нам фантастами представления, что на других планетах мы встретим живые существа, невообразимо непохожие на землян, этими расчетами ставятся под сомнение. Таким образом, приведенные рассуждения не дают достаточных оснований делать крайние категорические заключения об исчезающе малой вероятности образования планетных систем и возникновения на них разумной жизни.

ФУТУРОЛОГИЯ И ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Далее И. С. Шкловский рассматривает «гуманитарно-футурологический» аспект проблемы: с помощью экстраполяции рисует отдаленное будущее человечества, затем переносит его на другие

ВЦ, доказывает неизбежность быстрого расселения цивилизаций по Галактике и полного овладения энергией звезд, после чего ссылкой на ненаблюдаемость этих высокоразвитых ВЦ утверждает их отсутствие и с помощью обратной экстраполяции в настоящее доказывает нашу уникальность.

Рассмотрим сначала прямую экстраполяцию (в будущее). И. С. Шкловский считает, что *«важнейшей особенностью развития разумной жизни является ее тенденция к неограниченной экспансии»* [6] (подчеркнуто И. С. Шкловским). Экспансия ведет к экспоненциальному росту всех показателей цивилизации I типа (по Н. С. Кардашеву [16]): энергии, пространства, населения и т.д. Исходя из сегодняшних темпов развития делается вывод, что все материальные ресурсы Солнечной системы будут освоены за 500 лет (цивилизация II типа), а еще через 1000 лет освоена Галактика (цивилизация III типа). Чтобы подчеркнуть неотвратимость полученных результатов, И. С. Шкловский вместо 50% берет темпы роста 1% в год. И даже это увеличивает период овладения Галактикой только в 5 раз. Прежде всего заметим, что неограниченный экспоненциальный рост в каком-либо процессе — чисто математическая абстракция, имеющая место лишь только в том случае, когда изменение в единицу времени (увеличение или уменьшение) какой-либо величины *строго пропорционально* самой величине. Коэффициент пропорциональности должен быть неизменен во времени, по крайней мере в рассматриваемом конечном интервале. Очевидно, что в применении к реальным системам природы и техники это постоянство будет соблюдаться лишь при неизменности всех внешних условий существования процесса. Если за процесс принять народонаселение на нашей планете, то очевидно, что экспонента будет нарушена, так как сильно изменится соотношение численности с ресурсами и возможностями внешней среды обитания. Потребуется значительно большее время для создания в космосе новых условий жилья, чем время, когда природа планеты ограничит экспоненциальный рост народонаселения независимо от воли людей. У человека, однако, есть другой резерв решения проблемы — разум.

Так же обстоит дело с ростом энергопотребления на душу населения. Экспоненциальный рост возможен только до тех пор, пока это потребление не начало влиять на среду обитания. Можно привести такой пример абсурдности применения экстраполяции по экспоненте. Например, для современного типа развития земной цивилизации характерен быстрый рост числа ученых. Так, число ученых в СССР с 1950 по 1960 г. увеличилось вдвое. Но следующее удвоение произошло еще быстрее, всего за последующие пять лет. Если распространить такие же темпы роста на будущее, то через 80 лет все взрослое население нашей страны превратится в ученых...

Абсурдность получаемых результатов показывает несостоятельность прогнозирования сколь угодно далекого будущего на основе закона экспоненциального роста, наблюдаемого в наше

время. Это и понятно — ведь экспонента есть чисто математическое понятие, но отнюдь не социологическое. При условии существования ограничений и возникновения новых прямых и обратных связей экспонента в процессе развития нарушается, она не является универсальным законом. Прогноз развития цивилизации, пользуясь только экспонентой, очевидно, не выдерживает никакой критики.

Конечно, И. С. Шкловский понимает все трудности, которые ставит понятие экспоненциального развития перед футурологией. Он признает, что большинство ВЦ отступят от экспоненты и будут развиваться иным путем, но «нельзя считать, что такой (неэкспоненциальный) путь неизбежен для всех цивилизаций» [6]. Иными словами, путем экспоненты отдельные ВЦ все-таки пойдут. И вот они-то в соответствии с экспонентой разовьются в ВЦII, а затем в ВЦIII.

Далее И. С. Шкловский показывает, что такие ВЦ нельзя не обнаружить, если они есть. Они должны быть видны как «космическое чудо», которое само лезет на глаза и которое не открыть невозможно. А поскольку «вся совокупность современных астрономических наблюдений... исключает существование где бы то ни было во Вселенной «космического чуда» (см. [6, с. 89]), то это и есть доказательство отсутствия ВЦIII. Мы готовы согласиться с отсутствием ВЦIII, хотя и сомневаемся в достаточности доказательства. Затем проводится обратная экстраполяция: поскольку нет ВЦIII, а они неизбежно (по экспоненте) развиваются из ВЦII, то, следовательно, нет или крайне маловероятны и ВЦИ вроде земной цивилизации. С этим выводом решительно нельзя согласиться. Этот вывод основан на весьма спорном утверждении о неизбежности развития хотя бы части цивилизаций от ВЦИ через ВЦII к ВЦIII. Это означает, что если существует n_2 цивилизаций типа II, то число цивилизаций третьего типа будет $n_3 = K_{23}n_2$, где K_{23} — вероятность перехода цивилизации от второго к третьему типу получалась заведомо неравной нулю. Далее, поскольку полагается $n_3 = K_{23}n_2 = 0$, то делается вывод, что $n_2 = 0$, так как $K_{23} \neq 0$, далее по той же схеме $n_2 = K_{12}n_1 = 0$, где n_1 — число цивилизаций первого типа, исключая цивилизацию планеты Земля. Мы считаем, что с большим основанием можно положить $K_{23} = 0$, т. е. что цивилизации третьего типа, творящей или не творящей чудеса, попросту не возникает.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. По мере пространственной экспансии ВЦИ к ВЦII возрастает расстояние между отдельными частями цивилизации и *взаимодействие начинает ограничиваться конечной скоростью* распространения информации (скорость света). Вряд ли цивилизация будет выступать как целое, если ее размеры в световых годах будут сравнимы с продолжительностью жизни особей, ее составляющих. По временным масштабам человеческой деятельности предельные размеры человеческой цивилизации должны составлять не более единиц световых лет, а скорее всего световые месяцы. Но это есть всего-навсего жизненное про-

странство нашего Солнца и подобных ему звезд. Очевидно, что энергопотребление такой цивилизации будет порядка энергии звезды, т. е. мы получаем цивилизацию второго типа. Мы уже не говорим о трудностях обмена энергией и массой на таких расстояниях, который является, вероятно, главным фактором, позволяющим рассматривать данную биосистему как единое целое, т. е. как цивилизацию.

Каково же дальнейшее развитие этой цивилизации второго типа? Очевидно, что рост потребления энергии будет ограничен и не сможет достигнуть уровня энергии Галактики. Если все же вопреки возможностям предположить потребление такой цивилизацией энергии масштабов Галактики, то нетрудно показать, что возникает слишком большая плотность энергии, при которой невозможно существование вещества в твердом состоянии, не говоря уже о белковых соединениях. Поэтому И. С. Шкловский вынужден был прибегнуть к фантастической гипотезе, что по мере продвижения от ВЦII к ВЦIII будет происходить вытеснение человека биологического человеком кибернетическим с передачей роботам всех функций человека, в том числе мышления и самовоспроизведения. Это утверждение делается как раз потому, что «существование биологических систем в среде, обладающей колоссальными энергетическими ресурсами, было бы чрезвычайно трудным» [17]. Можно допустить, что роботы будут существовать как помощники людей, параллельно с ними, но совершенно бессмысленно для человека, чтобы они существовали взамен человечества. Гораздо разумнее не доводить *окружающую человека среду* до состояния, враждебного человеку и биологии вообще.

Итак, дальнейшее развитие цивилизации мыслится как освоение других звездных систем. Однако экспансия цивилизаций возможна до тех пор, пока окружающие ее звезды свободны от других ВЦ. Неограниченная экспансия на всю Галактику уже в самом определении содержит предположение, что цивилизация уникальна, что других цивилизаций нет. Даже в этом случае «ударная волна разума», распространившаяся по Галактике, приведет к сумме цивилизаций, владеющих энергией порядка своей звезды и могущих иметь главным образом лишь информативную связь. В сравнительно небольшом радиусе действия. Таким образом, физические законы природы ограничивают размеры и энергию цивилизации окрестностями и энергией своей звезды. Следовательно, отсутствие ВЦIII не является, как это утверждает И. С. Шкловский, доказательством отсутствия ВЦII и ВЦI. Сегодня, к сожалению, мы не располагаем сколько-нибудь надежными сведениями ни о множественности ВЦ, ни об уникальности земной цивилизации.

«Ограниченность данных компенсируется смелостью теоретических обобщений и легкостью отказа от них в пользу других, подчас столь же мало обоснованных гипотез» [18]. Это сказано о космологии, но это же верно и для проблемы существования ВЦ. Две крайности, между которыми колеблется И. С. Шкловский,

как нельзя лучше иллюстрируют острый недостаток информации о ВЦ. Таким образом, решение проблемы настоятельно требует перехода к широким наблюдениям, к практике — критерию истины.

«ПРЕЗУМПЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОСТИ» И «КОСМИЧЕСКОЕ ЧУДО»

Переход от теоретического анализа проблемы ВЦ к практике означает, в частности, поиски ВЦ. Обнаружить ВЦ с Земли можно либо по астрономическим характеристикам и технологическим (термодинамическим, информационным и др.) «отходам» ее деятельности (астрофизический подход), либо по ее «изделиям» — сигналам, посылаемым на предмет опознания их искусственности (связной подход).

Взгляды И. С. Шкловского на методику поиска ВЦ вызывают неудовлетворенность, поскольку он рассматривает только астрофизический подход и пренебрегает связным. Для выявления роли и места астрофизического и связного методов полезно несколько преобразовать формулу (1). Разделив обе стороны равенства на N , мы получаем вероятность наличия ВЦ у отдельной звезды:

$$P_{\text{ВЦ}} = \frac{n}{N} = P_1 P_2 P_3 P_4 \frac{t_1}{T_1}. \quad (2)$$

Вероятность обнаружения ВЦ меньше $P_{\text{ВЦ}}$:

$$P_{\text{обн}} = P_{\text{ВЦ}} P_5, \quad (3)$$

где P_5 — вероятность обнаружения при условии, что у звезды существует ВЦ.

Из теории оптимального обнаружения известно, что чем больше параметров сигнала учтено в структуре обнаружителя, тем он эффективнее. Если какой-либо из параметров учесть не удалось, то по этому параметру придется применять многоканальный приемник, что усложняет аппаратуру, либо вести поиск по нему, что удлиняет процедуру и делает ее неоптимальной. Принято считать, что требуется учесть следующие параметры: частоту связи f , вид модуляции m , ширину спектра Δf , скорость передачи r , код s , семантику s , направление на ВЦ α , δ и момент передачи t . Тогда для связного метода

$$P_5 = P_f P_m P_{\Delta f} P_r P_s P_{\alpha\delta} P_t, \quad (4)$$

где P_i — вероятность совпадения i -го параметра на обоих концах линии связи.

Внеземная цивилизация не может быть обнаружена, если хотя бы один из сомножителей (4) равен нулю. При непродуманном произвольном выборе параметров искомого сигнала P_5 может оказаться близким к нулю, и, таким образом, неуспех поиска по ограниченному числу звезд (на сегодня порядка 600) будет объясняться не столько редкостью ВЦ, сколько отсутствием оптимизации частоты, момента связи и др.

При астрофизическом подходе множитель P_5 нельзя заранее сколько-нибудь полно детализировать, как это может сделать связь (формула (4)). Все, что может сказать И. С. Шкловский об обнаружении отходов деятельности ВЦ, — это то, что они должны быть «космическим чудом», не объяснимым естественным путем. Обнаружив «чудо», мы должны применить к нему «презумпцию естественности» и соблюдать ее «неукоснительно» [6], т. е. упорно пытаться объяснить чудо естественным путем. Явное и острое противоречие между необходимостью чуда (по определению) и «неукоснительностью» его естественного объяснения означает неразработанность методологии проблемы обнаружения ВЦ. Вообще «презумпция естественности», провозглашенная ранее, или «презумпция искусственности», провозглашенная недавно Н. С. Кардашевым, имеют смысл отправной точки зрения при объяснении небесных явлений. Спрашивается, так ли уж важна при объяснении того или иного явления первоначальная гипотеза о его естественности или искусственности? Это может иметь значение лишь при популяризации ввиду чрезвычайной сенсационности одной гипотезы по сравнению с другой. Однако для исследователя для ведения объективных исследований и поиска истины отправная точка зрения имеет небольшое значение, обе имеют право на существование, так как позволяют наиболее полно с разных сторон вести объективное изучение явления. Вспомним, что до настоящего времени ни природа квазаров, ни природа пульсаров не объяснена, хотя эти объекты рассматриваются как естественные.

Нет сомнения, что термодинамические отходы ВЦ будут признаны астрофизиками как естественное излучение: «Из простого факта наличия избыточного инфракрасного излучения... решительно ничего нельзя сказать о возможном наличии «искусственного феномена» [6]. Добавим, что поскольку предметом астрофизики являются естественные явления, для которых естественна «презумпция естественности», то эта презумпция всегда будет торжествовать победу, так как даже у информационных отходов (внутренних сигналов ВЦ) для внешнего наблюдателя критерии искусственности слишком слабы. Астрофизики достаточно изобретательны, чтобы выдвинуть гипотезы о естественных причинах этих незначительных отличий.

В отличие от астрофизики связь уже по определению предполагает наличие двух субъектов: передающего и принимающего. Принципиальное отличие состоит в том, что сторона, передающая сигналы, естественно, *желает* быть принятой и *понятой*, а принимающая сторона понимает это, в свою очередь *стремится* к тому же.

Желание подстроиться друг под друга — признак разума. Мы, земляне, проявим неразумность, если при поиске другого разума не воспользуемся главным (для данной проблемы) искомым свойством искомого объекта — его разумностью. Это же верно и для передающей стороны: корреспондент, не пытающийся под-

строить сигнал *под гипотетический приемник*, разумностью не обладает.

Как же могут быть реализованы эти коммуникативные свойства двух субъектов — передающего и принимающего — при поиске ВЦ? Во всякой проектируемой земной радиосистеме имеется генеральный конструктор, обеспечивающий единство системы, отвечающий за оптимальность согласования передающей и приемной аппаратуры. Однако у двух цивилизаций на стадии проектирования линии связи для первого контакта единый генеральный конструктор принципиально невозможен, хотя в то же время принципиально необходим. Понимание этого противоречия и необходимости его преодоления приводит к поискам и отысканию единственно доступного кандидата на эту роль — объективной реальности, Вселенной, которая у нас одна на всех. Надо научиться читать ее указания. Опираясь на фундаментальные константы физики и других наук, обе стороны могут и должны (нет иного выхода!) выбирать все упомянутые выше параметры линии связи с учетом гипотетического мнения партнера, мыслящего материалистично (конвергенция мышления двух объектов к объединяющему их объекту).

Обоюдное понимание потребности и возможности выбора одинаковой частоты передачи и приема неизбежно приведет к тому, что обе цивилизации обратят внимание на частоту нейтрального водорода f_H , наиболее заметный астрофизический объект в наименее шумящем диапазоне. Это впервые отметили Коккони и Моррисон [1], и это было началом научного подхода к проблеме связи с ВЦ. Сейчас, однако, обнаружен целый ряд других заметных для всех цивилизаций частот, которые могут быть использованы для тех же целей. Но линия f_H все же выделяется как своей интенсивностью, так и распространенностью водорода, простотой его атома и первым его местом в периодической системе элементов.

Предпринимались неоднократные попытки [19] представить, к каким приметным ориентирам ведет конвергенция по остальным параметрам линии связи ($m, \Delta f, r, c, s$), однако недостаточно убедительные. Более перспективным следует считать системный подход, при котором оптимизации поддается не каждая из переменных в отдельности, а вся их система повсеместно [20, 21]. Так, например, можно полностью исключить наиболее антропоцентричные переменные ($m, \Delta f, r$ и c), т. е. земную технику и земные коды-языки, и этим самым превратить в единицу сомножители $P_m, P_{\Delta f}, P_r$ и P_c в формуле (4). При этом, несмотря на устранение модуляции и кодов, удастся ввести в посылаемое монохроматическое колебание признак «изделия», критерий разумности в виде числа верных знаков в частоте, которая равна произведению физической константы на иррациональную математическую (например, πf_H). Более полный перечень достоинств частоты πf_H как позывных приводится в работе [22].

Выбор момента начала поисков сигналов аналогичен выбору частоты сигналов. Подобно тому как на оси частот логично при-

вязать передачу и прием к самым заметным частотам, так и на оси времени целесообразно привязать их к самым заметным событиям. Таким событием, например, может быть вспышка Сверхновой или Новой звезды [23]. Вспышка Сверхновой заметна для всей Галактики, Новой — для ее значительной части. Так, 19 августа 1975 г. земляне наблюдали вспышку Новой в Лебедь. Расстояние до нее около 5000 св. лет, так что ее видели (или увидят в будущем) не только мы, но и многие другие. Допустим, что ВЦ, расположенная у некоторой звезды и понимающая необходимость работы по расписанию, в момент наблюдения вспышки Новой включила свой всенаправленный передатчик позывных. Зная координаты Новой и данной звезды, Земля может найти момент прибытия сигнала на Землю. Он будет запаздывать по отношению к 29 августа 1975 г. на время тем большее, чем ломаная Новая — ВЦ — Земля отличается от прямой Новая — Земля. Аналогично вычисляется дата прихода от любой звезды, координаты которой известны. Например, ВЦ звезды 61 Лебедя прислала бы на Землю сигнал 25 октября 1975 г. ($\pm 0,4$ сут), Альтаир 25 августа 1979 г. (± 30 сут), Тау Кита — 15 января 1987 г. (± 60 сут). В результате Земля (и каждая ВЦ) получает расписание первых контактов со всеми звездами тем более точное, чем точнее сведения о координатах звезд. Потенциальная точность метода ± 1 ч, к сожалению, сегодня недостижима из-за слабости нашей сегодняшней астрометрии. Этот недостаток со временем будет ослабевать.

Факт соблюдения расписания и частоты связи является критерием искусственности. К нему невозможно подойти с презумпции естественности: расписание и число π — порождение разума. И если с Тау Кита сигнал придет именно 15 января 1987 г., то он подтвердит только гипотезу расписания, т. е. гипотезу разумности и никакую другую.

В отработке описанного системного подхода может быть полезно моделирование [24, 25]. Это в условиях полного отсутствия обратной связи между условными ВЦ позволит сравнить разные типы искусственных сигналов и способы их поиска и обнаружения, различные критерии искусственности и т. п.

Таким образом, опираясь на единство и познаваемость окружающей все ВЦ объективной реальности, принцип конвергенции и астрономию, можно давать некоторые прогнозы ожидаемых сигналов как по их характеру, так и по времени их появления.

Нельзя согласиться с И. С. Шкловским, что разработка вопросов поиска искусственных сигналов и связи с ВЦ есть сведение общей проблемы внеземных цивилизаций к проблеме радиосвязи с ними. Связной метод — это один из путей постановки реальных наблюдений, имеющих, возможно, большую ценность для доказательства существования ВЦ, чем астрофизические исследования. Сторонников связного метода поиска внеземных цивилизаций И. С. Шкловский называет прагматиками. Почему астрофизические исследования не прагматичны, а поиск искусственных

сигналов означает прагматизм? Оба эти направления заняты поиском явлений, фактов, изучением космоса каждый своими средствами. Ведь прагматизм — философское понятие, отражающее методологию оценки истины не критерием практики, а лишь полезностью в данный момент. Это не имеет никакого отношения к возможности исследования проблемы ВЦ различными методами. В связи с этим также нельзя согласиться с И. С. Шкловским, что «принятие всеми ВЦ равновесной стратегии... с полной потерей интереса к космосу... практически эквивалентно нашему одиночеству».

С философской (да и естественнонаучной) точки зрения молчащая, замкнувшаяся в себе цивилизация вовсе не эквивалентна отсутствию: у философов нет вопросов к цивилизации, которая не возникала, но для философии крайне интересно, почему молчащая пришла к молчанию. Более того, она может быть в принципе обнаружена по отходам технологической деятельности, с молчащей ВЦ остается возможность прямого контакта методами космонавтики, с отсутствующей — нет. Молчание эквивалентно отсутствию только в том смысле, что от того и другого для нас польза сегодня одинаково равна нулю. Молчание и отсутствие эквивалентны только с позиции такого прагматизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня мы не знаем, существуют ли внеземные цивилизации. Мы никогда этого не узнаем, если не перейдем от слов к делу, к практике — критерию истины. Иначе мы будем вместо истины иметь только широкий спектр гипотез, начиная от повсеместной распространенности ВЦ и кончая полным их отсутствием.

В практике поиска ВЦ сегодня реально существуют два подхода: астрофизический — поиск ВЦ по ее астрономическим характеристикам и технологическим отходам и связной — поиск ВЦ по ее «изделиям» — позывным. Любые отходы по наблюдаемым характеристикам близки к естественным явлениям астрофизики, и «презумпция естественности» вряд ли позволит приписать им статус «космического чуда». Специальные позывные, опирающиеся на общую для всех объективную реальность Вселенной, на обоюдное желание контакта и конвергенцию двух мышлений к этой объективной реальности, на теорию оптимального обнаружения и на данные астрометрии, позволяют решить проблему контакта с ВЦ и этим самым проблему ее существования.

Необходимо увеличить наши усилия по экспериментальному поиску ВЦ, опираясь не только на астрофизический метод, но и на связной, до сих пор находившийся на втором плане. Отсутствие какой-либо информации о ВЦ не означает безнадежности проблемы: выдвижение правдоподобных гипотез может опираться на общеправильные философские соображения, проверяемые в дальнейшем практикой и ею уточняемые.

Нет сомнения в познаваемости ВЦ, если они окажутся объективной реальностью, т. е. будет доказано их существование. Проблема ВЦ представляет собой туго затянутый узел из всех земных наук, начиная от биологии, социологии и астрофизики и кончая теорией связи, лингвистикой и философией. Развязать этот узел можно только настойчивыми усилиями как теории, так и практики.

П. В. Маковецкий

РАДИОСВЯЗНАЯ СТРАТЕГИЯ ПОИСКА ПОЗЫВНЫХ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

ЛИТЕРАТУРА

1. Cocconi G., Morrison P. Searching for interstellar communication. — *Nature*, 1959, 184, p. 844.
2. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. 4-е изд. М.: Наука, 1976.
3. Камерон А. Д. Межзвездная радиосвязь. М.: Мир, 1965.
4. Троицкий В. С. — В кн.: Проблема СЕТИ. М.: Мир, 1975, с. 220.
5. Ball J. The Zoo hypothesis. — *Icarus*, 1973, 19, p. 347.
6. Шкловский И. С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — *Вопросы философии*, 1976, № 9, с. 80.
7. Пановкин Б. Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информации с внеземными цивилизациями. — В кн.: Философские проблемы астрономии XX века. М.: Наука, 1976, с. 240.
8. Дикке Р. Гравитация и Вселенная. М.: Мир, 1972.
9. Crick P. H., Orgell J. E. Directed panspermia. — *Icarus*, 1973, 19, p. 344.
10. Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., т. 20, с. 491.
11. Урсул А. Д. Человечество, Земля, Вселенная. М.: Мысль, 1977, с. 233.
12. Rashevsky N. Topology and life. — *Bull. Math. Biophys.*, 1954, 16, p. 317.
13. Акчурина И. А. Единство естественнонаучного знания. М.: Наука, 1974.
14. Смирнов И. Н. Эволюция живой природы как диалектический процесс. М.: Мысль, 1975, с. 137.
15. Маковецкий П. В. Смотри в корень! 3-е изд. М.: Наука, 1976.
16. Кардашев Н. С. Передача информации внеземными цивилизациями. — *Астрон. журн.*, 1964, 41, № 2, с. 282.
17. Шкловский И. С. — В кн.: Проблема СЕТИ. М.: Мир, 1975, с. 132.
18. Турсунов А. Философия и современная космология. М.: Политиздат, 1977.
19. Dixon R. S. A search strategy for finding extraterrestrial radio beacons. — *Icarus*, 1973, 20, p. 187.
20. Маковецкий П. В. Проблема первого контакта. — В полет (ЛИАП), 1973, № 21.
21. Маковецкий П. В. О структуре позывных сигналов внеземных цивилизаций. — *Астрон. журн.*, 1976, 53, № 1, с. 221.
22. Маковецкий П. В. Эффективность привязки позывных внеземных цивилизаций к естественным явлениям. — *Изв. вузов. Радиофизика*, 1978, 21, с. 139.
23. Маковецкий П. В. Уменьшение неопределенности при поиске внеземных цивилизаций. — *Астрон. журн.*, 1977, 54, № 2, с. 449.
24. Петрович Н. Т. — В кн.: Проблема СЕТИ. М.: Мир, 1975, с. 253.
25. Петрович Н. Т. Кто Вы? М.: Молодая гвардия, 1974, с. 123.

Существование или отсутствие внеземных цивилизаций (ВЦ) нельзя доказать никаким количеством умозрительных аргументов. Похожесть или непохожесть образа мышления ВЦ на наш — тоже схоластический вопрос, если не обращаться к экспериментам. Оба вопроса могут быть решены только сочетанием теории и практики — критерия истины. Сегодня реальны три метода поиска ВЦ: астрофизический, связной и поиск зондов Брейсуэлла. Здесь будет рассмотрен в основном связной метод в сравнении с астрофизическим.

Астрофизический метод. Астрофизик рассматривает ВЦ как астрофизический объект, свойства которого специфичны, отличны от свойств других астрофизических объектов. Отличия он ищет в астрофизических явлениях, сопутствующих цивилизации: избыточном тепловом и радиоизлучении, т. е. в отходах цивилизации. Искомые характеристики отходов предсказать с достаточной полнотой невозможно. Другие астрофизические критерии искусственности [2] — очень малые угловые размеры (порядка звезд), переменность во времени, не сводящаяся к статистическим флуктуациям, монохроматичность — обладают малой мощностью, которая к тому же по мере развития наблюдений уменьшается. Открытие пульсаров обесценило два первых критерия, открытие естественных мазеров — третий.

Связной метод. Связист рассматривает ВЦ не как физический объект, а как коммуникабельный субъект. Свойством коммуникабельности естественные астрофизические объекты не обладают. Таким образом, уже с самого начала в связи действует презумпция коммуникабельности, т. е. искусственности. Связисты ищут не отходы ВЦ, а ее изделия, сигналы. Они ищут не побочный, а главный признак искомого объекта — его разумность, его желание вступить в контакт. Энтропия отходов всегда выше энтропии исходного продукта, энтропия изделия — ниже. Но повышение энтропии типично для естественных процессов, а понижение — для искусственных. Следовательно, связные методы поиска ВЦ более адекватны искомому объекту, чем астрофизические. Связисты с самого начала ищут сигналы, посылаемые ВЦ для других цивилизаций. Разумное существо, передающее сигналы, естественно, желает, чтобы эти сигналы были приняты и поняты, а принимающая сторона понимает это желание и в свою очередь стремится к тому же. Единство цели обеих сторон — достоинство, присущее связному методу и отсутствующее у астрофизического. Обе стороны сделают все, чтобы совместными усилиями решить общую

задачу. Пульсару же, планете, биологии и даже коммуникационным отходам ВЦ наши усилия по их отысканию безразличны.

Сигналы ВЦ. Связь с ВЦ обычно считают состоящей из трех этапов: 1) позывные (сигналы, единственное назначение которых — свидетельствовать об искусственности, разумности их источника); 2) языковые сигналы; 3) научная информация.

Мы не будем рассматривать второй и третий этапы ввиду необычайной сложности проблемы построения общего языка двух цивилизаций, еще не вступивших в контакт. Однако и первый этап, позывные, обычно тоже считается содержащим некоторые языковые элементы, например коды. Нашей задачей является разработка альтернативного варианта позывных, которые не будут опираться на такие антропоморфные понятия, как коды и модуляция.

Пространство поиска. Обычно принято считать [4], что позывные будут иметь следующую структуру: на некоторую частоту f с помощью некоторой модуляции m в некоторой полосе частот Δf с некоторой скоростью r будет наложен некоторый код c , содержащий некоторый смысл s . Эти шесть переменных составляют шестимерное информационное подпространство поиска. Кроме того, поиск должен вестись и в физическом подпространстве R , α , δ , t , определяющем координаты искомого ВЦ. Таким образом, полное пространство поиска десятимерно:

$$\Pi = \Pi(f, m, \Delta f, r, c, s; R, \alpha, \delta, t). \quad (1)$$

Этот десятимерный континуум необозрим за конечное время существования Галактики, и это понимает не только Земля, но и все ВЦ. Поэтому и передающая и принимающая цивилизации будут стремиться сократить априорную неопределенность пространства поиска путем уменьшения числа переменных за счет исключения наиболее антропоцентричных («повернутых» относительно других цивилизаций) и сокращения неопределенности на тех осях, которые исключить нельзя, с помощью выбора наиболее универсальных (наименее антропоцентричных) значений. Перед каждой цивилизацией, желающей контакта, стоит как конечный идеал задача свести 10-мерный континуум к точке, единственной и универсальной. Если обнаружится, что этот идеал недостижим, то цивилизации удовлетворятся конечным множеством точек, мощность которого несколько больше единицы, но все же неизмеримо меньше мощности первоначального континуума (1).

Вероятность обнаружения. Согласно формуле Дрейка число развитых цивилизаций в нашей Галактике

$$n = NP_1P_2P_3P_4tT^{-1}, \quad (2)$$

где $N \simeq 10^{11}$ — число звезд в Галактике; P_1 — вероятность наличия планет у произвольно взятой звезды; P_2 , P_3 , P_4 — вероятность наличия соответственно жизни, разума и развитой технологии при условии наличия соответственно планет, жизни, разума; t — продолжительность жизни цивилизации; T — возраст Галак-

тики. Сегодня крайне неопределенны P_1 , P_2 , P_3 и t ; можно принять значение $P_4 \simeq 0,5$, так как между разумом и технологией имеется сильнейшая корреляция (труд и разум развиваются совместно) и половина ВЦ более развита, чем мы, т. е. способна к контактам.

Вероятность существования ВЦ у произвольно взятой звезды

$$P_{\text{ВЦ}} = nN^{-1} = P_1P_2P_3P_4tT^{-1}. \quad (3)$$

Вероятность обнаружения ВЦ у данной звезды

$$P_{\text{обн}} = P_{\text{ВЦ}}P_{\text{обн/ВЦ}} = P_{\text{ВЦ}}P_5P_6P_7, \quad (4)$$

где $P_{\text{обн/ВЦ}}$ — вероятность обнаружения ВЦ при условии ее существования; P_5 — вероятность существования отличия звезды с ВЦ от звезды без ВЦ; P_6 — вероятность совпадения параметров обнаружителя с параметрами искомого объекта; P_7 — вероятность превышения порогового значения принятым значением сигнала. Для астрофизического метода $P_5 = 1$ (ВЦ так или иначе влияет на внешние характеристики своей экологической ниши); P_6 невелика из-за невозможности предвидеть точные характеристики отходов; P_7 близка к нулю у цивилизаций I и II типа и могла бы быть заметной у ВЦ III типа [2], существование которых проблематично по многим фундаментальным причинам. Для связного метода $P_5 < 1$, так как, возможно, не всякая ВЦ хочет быть обнаруженной (посылает позывные), т. е. в этом пункте астрофизический метод сильнее связного. Зато связной метод в состоянии строить правдоподобные суждения относительно P_6 и принимать активные меры с обеих сторон по ее увеличению:

$$P_6 = p_f p_m p_{\Delta f} p_r p_c p_s p_R p_{\alpha} p_{\delta} p_t, \quad (5)$$

где p_i — вероятность совпадения (с заданной точностью) i -го параметра приемника и сигнала ($i = f, m, \dots, t$). Кроме того, в связном методе $P_7 \rightarrow 1$, так как энергия сигнала является разумно управляемым параметром и в силу рациональности выбора f , Δf , α , δ и t может быть выбрана достаточной для решения задачи контакта.

Для связного метода окончательно

$$P_{\text{обн}} = P_1P_2P_3P_4tT^{-1}P_5P_7p_f p_m p_{\Delta f} p_r p_c p_s p_R p_{\alpha} p_{\delta} p_t. \quad (6)$$

Целью данной статьи является попытка максимизации всех сомножителей p_i , за которые ответствен связной метод.

Главный конструктор. Выбор единственной точки в 10-мерном пространстве поиска с позиций теории связи означает оптимизацию линии связи по всем параметрам. Проектирование земной линии связи ведется в условиях, когда и конструктор приемника и конструктор передатчика принадлежат к одной цивилизации, одной научной школе. И даже в этих условиях над ними должен быть поставлен генеральный конструктор, отвечающий за согласование параметров передаваемого сигнала и принимающего устройства.

Он *сближает* точки зрения конструкторов передатчика и приемника путем убеждения или силой власти.

У двух цивилизаций на стадии проектирования линии связи для первого контакта генеральный конструктор принципиально невозможен, хотя в то же время принципиально необходим. Понимание этого противоречия и необходимости его преодоления приводит все цивилизации к поиску и отысканию единственного доступного кандидата на эту роль — объективной реальности, Галактики, которая у нас одна на всех:

$$\text{Сознание}_1 \longleftrightarrow \text{Материя (Галактика)} \longleftrightarrow \text{Сознание}_2. \quad (7)$$

Сплошные стрелки здесь символизируют первичность материи, штриховые — ее познаваемость и единство происхождения обоих познающих субъектов. Материя в отличие от генерального конструктора не навязывает обеим сторонам своих решений. Однако она предоставляет обеим сторонам некоторое множество своих решений на перечисленных выше осях пространства поиска. Задача обеих сторон — самостоятельно выбрать одинаковые решения на каждой из этих осей, правильно прочесть «указания» генерального конструктора. Основным инструментом для этого — сознательное сближение двух мышлений, решающих единую задачу. Эту процедуру мы назовем мыслительной конвергенцией.

Конвергенция объективная. Биологическая эволюция привела рыб к обтекаемой форме, оптимально согласованной с движением в окружающей их среде. Форма млекопитающих иная. Но стоило некоторым из них (дельфинам) перейти с суши в воду, как биологическая эволюция повела их форму на сближение (конвергенцию) с формой рыб. Конвергенция привела к одинаковым «конструктивным» решениям. «Генеральным конструктором» здесь оказалась единая экологическая ниша: форма дельфина конвергирует не к форме рыбы, а к той обтекаемой форме, которая и рыбе и дельфину продиктована единством окружающей среды и единством задачи.

$$\text{Форма рыбы} \longleftrightarrow \text{Вода (быстрое движение)} \longleftrightarrow \text{Форма дельфина}. \quad (8)$$

В этой формуле сплошные стрелки означают давление окружающей среды на эволюцию, штриховые — адаптацию организмов к среде (отражение среды организмами). Крайне важно отметить, что по определению биологическая конвергенция есть схождение признаков в процессе эволюции *неблизкородственных* групп организмов, приобретением ими сходного строения в результате существования в сходных условиях и одинаково направленного естественного отбора. Конвергентное сходство никогда *не бывает глубоким*: дельфин принял форму рыбы, но по содержанию остался млекопитающим. Однако единство среды и решаемой дельфином и рыбой задачи дало один и тот же *внешний* результат — обтекаемую форму. Все это позволяет надеяться на успех конвергенции двух неблизкородственных мышлений при решении единой задачи контакта в единой экологической нише — Галактике (позывные —

внешняя форма двух цивилизаций, не затрагивающая их языки, технику, социологию и другое содержание). Перенос понятия одной науки в другую является философско-методологическим шагом и требует специального анализа. На наш взгляд, в исследуемом здесь аспекте методологическую формулу конвергенции полезно представить в таком виде:

$$\text{Конвергенция} = \left[\begin{array}{l} \text{Единство экологической ниши} \\ \text{Потребность сближения} \\ \text{Возможность выбора} \\ \text{Способность к выбору} \end{array} \right] \rightarrow \text{Неизбежность}. \quad (9)$$

Стимулом для конвергенции формы дельфина была *потребность* догнать жертву. Средством — спектр *возможностей*, предоставляемых множеством мутаций. Однако большинство мутаций *детальны* для их владельца. *Жизнеспособность* мутации, ведущей вид в правильном направлении, является необходимым условием продолжения вида и его дальнейшей конвергенции. Таким образом, механизм биологической конвергенции работает при наличии *объективных* условий потребности в сближении, возможности вариаций и способности выбора. И тогда *неизбежность* конвергенции обеспечивается естественным отбором.

Конвергенция субъективная. Мыслительная конвергенция может быть описана той же формулой (9). Однако теперь один из элементов формулы — способность к выбору — оказывается субъективным, отчего субъективной следует считать и всю процедуру конвергенции. Рассмотрим эксперимент, подтверждающий возможность мыслительной конвергенции. Десятиклассникам одной из математических школ была предложена следующая задача [5]. Двое из разных городов договорились о встрече в Ленинграде 1 сентября в 15.00. Но забыли условиться о точном месте встречи. И никакой информации друг о друге, которая могла бы им помочь, у них не было. Они только знают, что оба будут стремиться к встрече и сделают для этого все возможное. Как они будут решать задачу? Приводим статистику независимых решений (принятых за 3 мин):

А: «Медный всадник»	32
Б: Не знаю (много вариантов)	11
В: Смольный	8
Г: Колонна на Дворцовой площади	7
Д: Петропавловская крепость	2
Е: Набережная Невы	1
Ж: Ресторан «Астория»	1
Всего	62

Налицо как явный разбой в решениях (субъективность выбора), так и тенденция к единству (объективность Ленинграда и его структуры). При полной конвергенции мы должны были по-

лучить единое решение, при отсутствии ее — 62 разных или 62 «Не знаю». Заметим, что этот же коллектив испытуемых в выборе места встречи в Москве проявил почти полное единодушие: Красная площадь, у входа в Мавзолей. Рассмотрим формулу конвергенции (9) применительно к новой задаче. Потребность в решении задачи заключена в ее условиях. Возможность предоставляется множеством интересных, памятных, знаменитых, выдающихся мест Ленинграда. Способность принять решение определяется общим культурным уровнем испытуемых, их знанием той объективной реальности, внутри которой им предстоит выбирать, и той ценностью, которую они приписывают различным местам как точкам встречи. Если оба припишут максимальную ценность одному и тому же объекту, то неизбежность встречи обеспечивается критическим отбором. Мыслительная конвергенция отличается от биологической лишь тем, что естественный отбор объективен, а искусственный (критический) субъективен.

Критический отбор наиболее правдоподобных решений может и далее сузить выбор. Очевидна непродуманность Е: набережная Невы не точка, а двойная линия. По аналогичным причинам отпадают В и Д: у этих объектов слишком большие площади. Из оставшихся же наиболее популярен А. Судя по статистике, встреча у него имеет наибольшую вероятность ($\approx 0,5$ до окончательного выбора и $> 0,8$ после). Однако она все же меньше единицы, т.е. полной конвергенции не произошло. Очевидно, для повышения вероятности встречи имеет смысл посещать обе оставшиеся точки А и Г пропорционально их субъективной ценности (это придает гибкость стратегии, иначе один субъект может стоять вечно у А, а второй — у Г). Каждый испытуемый принимал решение до того, как узнал таблицу результатов. Это привело к значительному разбросу решений. Несомненно, знание этой статистики усилило бы конвергенцию к А и улучшило бы первоначальный результат. Первый контакт с ВЦ происходит в аналогичных условиях. В этом его особая трудность. В дальнейшем, когда появится статистика первых контактов, конвергенция усилится за счет положительных обратных связей через таблицу. Результат Ж показывает (если испытуемый не пошутил), что возможен образ мышления, отличный от других. Встреча в этом случае не состоится. Встречу с такой цивилизацией придется отложить до лучших времен, когда обе (или одна) стороны увеличат широту своих взглядов до пересечения на общих ценностях.

Выбор волны связи. Наиболее правдоподобный диапазон и конкретную волну связи с ВЦ в 1959 г. предложили Коккони и Моррисон [6], и это было началом научной постановки проблемы связи с ВЦ. В их рассуждениях молчаливо предполагается конвергенция мышления ВЦ и нашего.

Диапазон радиоволн от 1 м до 5 мм выбран на том основании, что на волнах длиннее 1 м велико шумовое (в основном синхротронное) излучение Галактики и это известно всем в Галактике; на волнах же короче 5 мм начинает преобладать квантовый шум

излучения, и это тоже известно всем, кто уже в состоянии вступать в контакты. Ограничения с обеих сторон объективны и фундаментальны: величина кванта пропорциональна частоте и не дает ни нам, ни ВЦ надежды, что где-то на более высоких частотах положение будет легче. Выбранный диапазон уникален, конвергенция к нему полная. Разумеется, можно возразить, что другим ВЦ известны такие каналы связи, которые нам пока недоступны. Но, во-первых, это должно быть чем-то из ряда вон выходящим, лежащим не на оси частот, а в каком-то ином измерении, поскольку объективная реальность, известная нам, полностью ее занимает (выше диапазона гамма-излучения идут волны де Бройля, соответствующие элементарным частицам, атомам и планетам). Во-вторых, ВЦ, зная неизвестное и желающая связаться с нами, слаборазвитыми, все-таки обязана работать в канале, нам известном, иначе она не решит *своей* задачи, что не будет свидетельствовать о ее высокоразвитости. Если же у некоторых из них нет желания связываться именно с нами и они работают в своих таинственных каналах, то здесь ничего не поделаешь и не о чем говорить.

В качестве конкретной частоты связи Коккони и Моррисон предложили радиочастоту нейтрального водорода $f_H \approx 1420$ МГц, являвшуюся в то время главным и практически единственным ориентиром в выбранном выше диапазоне. Это своеобразный «Медный всадник», маяк, опора, знаменитость, известная в Галактике всем, кто достиг радиоэлектронной эры. С развитием теории и наблюдений оказалось, что эта спектральная линия в выбранном окне не единственна и, следовательно, полнота конвергенции к ней поставлена под сомнение и требует дополнительного анализа. Субъективная ценность данного объекта как точки встречи определяется всем опытом (научным, художественным, историческим и др.) данного субъекта. Ценность «Медного всадника» определяется не только нашим опытом о Петре Первом, но и об Э. Фальконе, М. Колло, А. С. Пушкине, Р. М. Глиэре, декабристах, но также гармонией объекта с окружением и, наконец, что немало важно для задачи о встрече, точечностью объекта. Чем всестороннее знания субъекта о данном объекте, тем больше вероятность, что его знания имеют пересечения со знаниями партнера, тоже определяющего субъективную ценность объекта. Ценность частоты f_H как точки встречи определяется многими объективными и субъективными факторами [4]. Это самая низкочастотная, самая сильная изотропная (принимается с любого направления) из эмиссионных линий в середине микроволнового окна, следовательно, она наиболее известна астрономам большинства ВЦ. Это наиболее информативная линия для астрономов, изучающих структуру Галактики. Водород как химический элемент известен всем ВЦ. Это самый распространенный и самый устойчивый элемент, самый простой и самый легкий атом среди вещества или антивещества. Спектральная линия f_H одиночна в отличие от f_{OH} , мультиплета, ведущего к многозначности. Все эти факторы, взя-

тые в единстве, несомненно, свидетельствуют в пользу однозначной конвергенции к f_H , несмотря на то что по отдельным факторам с линией f_H могли бы конкурировать другие. Например, самые интенсивные из известных радиолиний принадлежат водянному пару, однако они попадают на ту границу микроволнового окна, где уже ощутимы квантовые шумы; по остальным свойствам эти линии явно уступают f_H . Аналогично отвергается частота дейтерия ($\lambda = 92$ см), находящаяся на другой границе окна. Максимум спектра реликтового излучения как точка встречи очень размыт и неточен (56 ГГц с погрешностью порядка 1 ГГц из-за трудностей уточнения температуры). Можно противопоставить водороду гибриды вещества и антивещества (позитроний) как самый легкий «элемент», но его обилие во Вселенной не идет ни в какое сравнение с обилием водорода, и это обязывает все цивилизации усомниться в том, что позитроний как объективная реальность известен остальным и тем более находится в центре внимания.

Итак, полный и тщательный анализ всех примечательных частот в радиоокне может позволить остановиться на одной или в худшем случае на двух-трех частотах.

Конвергенция по расстоянию. Очевидно, у связиста есть стимулы начать поиск с ближайших звезд ($R \rightarrow \min$). Они бесспорны: можно обойтись меньшей мощностью передатчика и меньшей площадью приемной антенны, можно установить диалог с ВЦ (хотя и медленный, но все же продуктивнее монолога звезды другой Галактики). Конвергенционный аргумент состоит в том, что все перечисленное объективно и поэтому известно обоим сторонам и, следовательно, будет использовано. Астрофизических аргументов в пользу ближних звезд нет: цивилизации зарождаются не у ближайших звезд, а у солнцеподобных, по-видимому. Единственный аргумент, который есть у астрофизика в пользу поиска у ближайших солнцеподобных звезд — это незнание детальных характеристик звезд более удаленных.

Согласно (6) вероятность обнаружения ВЦ пропорциональна не только P_3 , но и P_5 , P_7 и p_R . Для α Сеп астрофизический множитель P_3 , видимо, меньше среднего по всем звездам (однако нулю не равен!), а связные множители P_5 , P_7 и p_R из-за малости R максимальны, и это увеличение может перевесить уменьшение P_3 . В результате α Сеп и другие близкие звезды, для которых астрофизические стимулы малы, подлежат проверке на наличие сигналов благодаря наличию сильных стимулов коммуникационных.

Конвергенция по направлению. Рассмотрим модель Галактики, которая однородна, шарообразна, содержит бесконечное число звезд с конечными расстояниями между ними. Все звезды солнцеподобны, N из них находится в пределах досягаемости радиосвязи. Среди N имеется n звезд с коммуникабельными цивилизациями. Каждая цивилизация имеет один приемник и один передатчик, работающие непрерывно. Априорная информация о направлениях на ВЦ отсутствует. Такая Галактика представлялась бы связанному мышлению аморфной, изотропной, как город со стандарт-

ными домами, без «Медного всадника» и без Эйфелевой башни. В ней не на чем остановить внимание, направление поиска безразлично. У каждой ВЦ нет иного выхода, как вести поиск по всей сфере, например поочередно направляя приемный радиолуч на каждую из $N - 1$ звезд на время τ .

Пусть $n = 2$ (Земля и одна ВЦ). Тогда вероятность того, что в данный момент наш радиолуч направлен к ВЦ, равна

$$P_1 = (N - 1)^{-1} \quad (10)$$

и вероятность того, что радиолуч ВЦ направлен к Земле,

$$P_2 = P_1 = (N - 1)^{-1}. \quad (11)$$

Вероятность контакта в данный момент (время ВЦ приведено к времени Земли)

$$P_K = P_1 P_2 = (N - 1)^{-2}. \quad (12)$$

Среднее время поиска до контакта

$$0,5\tau P_K^{-1} = 0,5 (N - 1)^2 \tau. \quad (13)$$

В общем случае $n > 2$, и тогда среднее время сокращается:

$$T_K(n) = 0,5 (N - 1)^2 \tau (n - 1)^{-1}. \quad (14)$$

Изменим модель Галактики, введя в нее весьма заметный астрофизический объект, например Крабовидную туманность (K). В изотропной Галактике появляется центр внимания для всех цивилизаций, организующее (для мышления) начало. K изучают всеми средствами наблюдений и теории, поэтому мысленно направление на K оказывается сильно выделенным (рис. 1) и становится источником мыслительной конвергенции для всех цивилизаций. В Галактику, таким образом, вносится не только K как астрофизический объект, но и некоторая мыслительная структура, состоящая из n прямых, проходящих через K и через каждую цивилизацию (пронумерованы на рис. 1). В этой структуре K выполняет функцию естественного маяка — понятия типично связанного.

Цивилизации C_1 и C_7 находятся на прямых 1 и 7, совпадающих случайно. Телескоп каждой из них, наблюдая K , содержит в поле зрения телескоп другой стороны. И если кому-то из них придет в голову послать сигнал, то он будет принят партнером неожиданно для себя. Контакт осуществился случайно, в силу попутности позывных с излучением K , исследуемым ВЦ. Но вероятность этого случайного контакта $P_{кр}$ существенно выше вероятности P_0 случайного контакта в другом, не отмеченном K направлении. Если для Земли общее время наблюдений K $T_{зкр} = N_{кр} T_{30}$, где T_{30} — то же для Земли в случайном направлении, и для ВЦ $T_{кр} = N_{кр} T_0$, то

$$P_{кр} P_0^{-1} = T_{зкр} T_{30}^{-1} T_{кр} T_0^{-1} = N_{кр}^2. \quad (15)$$

Величина $N_{кр}^2$ велика. Осознание этого факта обоими партнерами — главный шаг в конвергенции их мышлений к сознательному использованию K как маяка для контактов. Этот шаг неантропоморфен в той мере, в какой неантропоморфны понятия направления в пространстве и заметности астрофизического объекта.

Легко осознать, что если обе цивилизации находятся по одну сторону от K , то одна из них должна посылать позывные в направлении, антиподальном K (пунктирные диаграммы на рис. 1). Априорное незнание положения цивилизаций делает K и антиподальную ему точку равноправными естественными маяками [15].

Рассмотренный аргумент в пользу поиска ВЦ в направлении K не является астрофизическим: чистый астрофизик должен считать, что с появлением K число ВЦ на этом направлении не возросло, а наоборот, скорее уменьшилось (погибли ВЦ в непосредственной близости от взрыва Сверхновой). Аргумент является чисто связным, он — следствие коммуникабельности тех ВЦ, которые желают контактов и думают о способах увеличения их вероятности. Эффективность метода маяка — следствие не того, что на прямой Земля — маяк цивилизаций почему-либо больше, чем на другой, а того, что эти цивилизации, если они есть, чаще посылают свои позывные в сторону маяка и, следовательно, попутно в сторону Земли [7]. Возвращаясь к конечным размерам Галактики (шарообразной), мы обнаруживаем наличие в ней центра, т. е. точки, которая выделена в мышлении всех ВЦ, и, следовательно, тоже может выполнять функции маяка. Дискообразность реальной Галактики приводит к появлению дополнительного «маяка» — галактического экватора. Заметим, что центр (ядро) Галактики и ее экватор, кроме коммуникативных, по-видимому, имеют и астрофизические аргументы за или против поиска, пока невыясненные. Аргумент большей угловой и объемной звездной плотности имеет силу, если увеличивается число звезд в луче. Однако если диаграмма направленности телескопа столь остра, что селективирует по углам единственную звезду, то при прочих равных условиях для поиска безразлично, находится ли перспективная на ВЦ звезда у галактического экватора или полюса, т. е. этот астрофизический аргумент все еще не возникает. Связной же аргумент уже действует: ВЦ этой единственной в луче звезды, для земного наблюдателя проектирующейся на ядро, чаще направляет свой сигнал от ядра, т. е. в сторону Земли. В нашей реальной Галактике достаточно много естественных маяков: звезды-сверхгиганты, шаровые и рассеянные скопления, пульсары, крупные цефеиды и т. д. Естественными маяками для всех внутригалактических цивилизаций являются также внегалактические (наиболее заметные) объекты типа М-31, М-33. Внутри нашей Галактики они создают структуру контактов в виде почти параллельных прямых. Соображения по оптимизации числа используемых маяков и размеров привязанных к ним зон поиска (для Земли) изложены в [8].

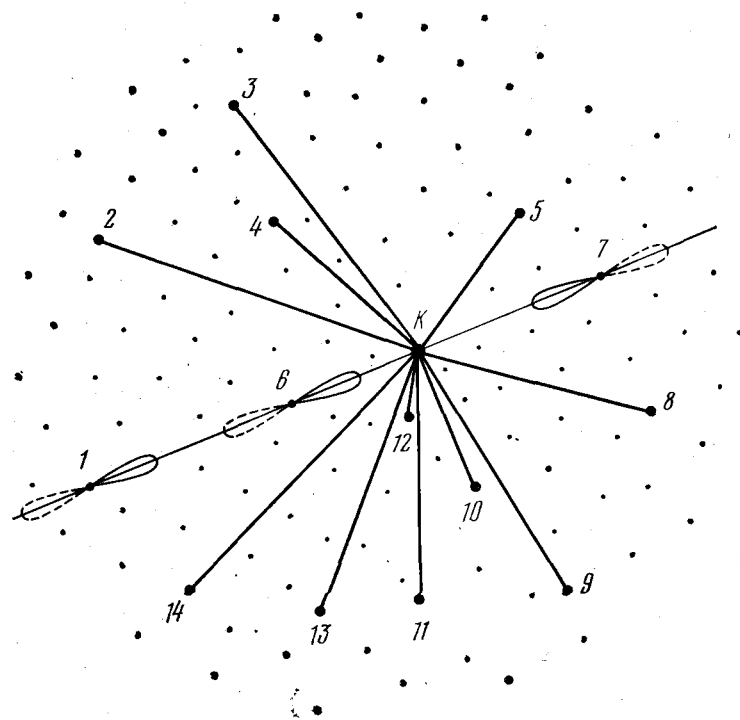


Рис. 1. Крабовидная туманность как источник мыслительной конвергенции для всех цивилизаций

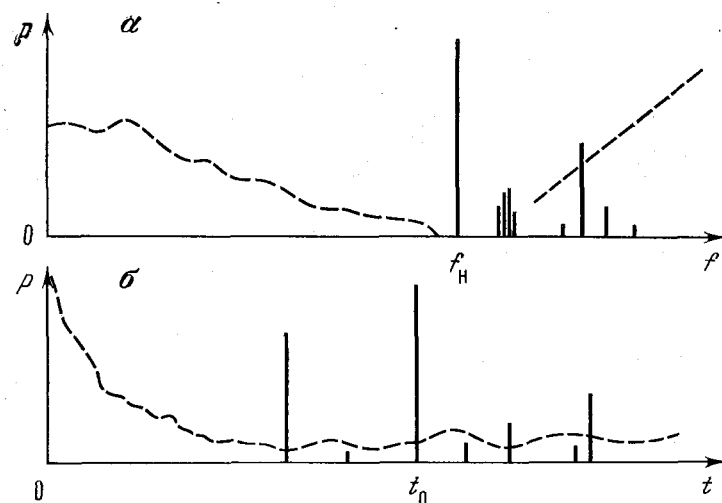


Рис. 2. Переход от конвергенции по частоте к конвергенции по времени

Конвергенция по времени. Предположение о привязке позывных ВЦ по частоте к наиболее заметной дельта-функции f_{δ} (рис. 2, а) в свое время вызвало к жизни саму проблему поиска связных сигналов ВЦ, придав ей ощущение реальности, разрешимости. Простым переносом этой идеи на новую ось пространства поиска, на ось времени (рис. 2, б), мы получаем дальнейшее сокращение неопределенности, всегалактическое расписание связи [5, 9, 10]. На оси времени дельта-функция представляет собой кратковременное событие t_0 , хорошо локализованное в пространстве. Если все ВЦ привяжут свою передачу призывных к единому событию, то с помощью данных астрометрии каждая ВЦ может вычислить момент прихода сигнала от каждой другой ВЦ. Потребность в расписании связи заложена в связном образе мышления. Время связи — такой же параметр канала связи, как и частота. Не существует цивилизации, которая при поиске ВЦ не ощущала бы потребности в расписании, в синхронизации совместной деятельности с другими ВЦ. Это вытекает из того, что всякая цивилизация является системой, причем эффективно действующей и постоянно повышающей свою эффективность. Одним из основных методов повышения эффективности взаимодействия элементов системы является упорядоченность во времени, синхронность. Любая система — общественная, техническая и т. д. — синхронизирована, и нарушение синхронизации снижает ее эффективность или даже делает систему неработоспособной. Синхронизация неантропоморфна: биология, по отношению к которой антропос является лишь частностью, тоже синхронизирована (Солнцем, сердцем, нервной системой, опасностью и др.), т. е. принцип синхронизации существует в объективной реальности и будет познан любой ВЦ. Таким образом, конвергенция к принципу синхронизации является полной.

Расписание связи с ВЦ. Возможность расписания обеспечивается наличием в Галактике большого разнообразия событий, в том числе кратковременных и выдающихся, заметных для всей Галактики (например, вспышки Сверхновых) или для значительной ее части (вспышки Новых). Земля наблюдала максимум вспышки Новой Лебеда в момент 30 августа 1975 г. Если все ВЦ, видевшие Новую, приняв идею синхронизации, включили свои всенаправленные передатчики в момент наблюдения этой Новой, то Земля может определить дату прихода сигнала по формуле

$$t_0 + t = 30.08.75 + R_1 + R_2 + R_0 \quad (16)$$

или

$$t = \sqrt{R_0^2 + R^2 + 2R_0R \cos \mu} + R - R_0, \quad (17)$$

где $R_1 + R$ — длина ломаной Новая — ВЦ — Земля (рис. 3); R_0 — расстояние Новая — Земля (все R в св. годах); μ — угловое расстояние между Новой и ВЦ. Если $R \ll R_0$, то

$$t \simeq R (1 - \cos \mu). \quad (18)$$

Первыми на Землю поступят сигналы от цивилизации 1 и 2 (одновременно со вспышкой Новой), затем от 3, для которой ломаная мало отличается от прямой. Геометрическим местом точек, из которых сигналы поступают на Землю одновременно (на рис. 3 точки 4—7), в текущий момент t является эллипсоид $t = R_1 + R - R_0 = \text{const}$ с Новой и Землей в фокусах, с полуосями

$$a = c + 0,5t, \quad b = \sqrt{ct + 0,25t^2} \simeq \sqrt{ct}, \quad (19)$$

$$2c = R_0 = 5000 \pm 1000 \text{ св. лет.} \quad (20)$$

Его объем (для первых 100 лет $t \ll c$)

$$V \simeq 1,33 \pi c^2 t, \quad (21)$$

т. е. в первом приближении растет пропорционально времени, захватывая ежегодно около 10^5 новых звезд (т. е. ежегодно в расписание вступает около 260 звезд — потенциальных цивилизаций). Часть этого расписания [9, 7, 10] приведена в таблице.

Расписание связи с внеземными цивилизациями

Звезда	R_1 , св. лет	μ	$t_0 + t$	$\pm \Delta t$, сут
9723 (Woolley и др.)	80	1°15'	6.09.75	
61 Cyg	11,1	9 38	26.10.75	10,4
Крюгер 60	13,0	14 22	24.01.76	1,5
Зв. Барнарда	5,98	60 10	2.09.78	5
α Cen	4,39	134 17	25.12.82	25
τ Cet	11,8	88 01	15.01.87	70
ε Eri	10,8	100 35	15.06.88	50
δ Vel	75	172 24	2125 г.	7000

Достоинства расписания настолько велики и разнообразны, что среди них найдутся привлекательные для ВЦ с самыми различными образами мышления.

1. Бесконечное ожидание позывных от данной звезды заменяется фиксированной точкой на оси времени. Это позволяет сэкономить рабочее время телескопов, как передающего, так и принимающего.

2. Передача по расписанию уменьшает затраты энергии (небольшие!) в тысячи раз.

3. Идея расписания элементарна: сложнейшая проблема поиска ВЦ во времени сводится к простейшей формуле $t = R (1 - \cos \mu)$.

4. Метод синхронизации существенно сокращает мерность пространства поиска: он преобразует (R, α, δ, t) в одну ось t , а каждую звезду $(R_i, \alpha_i, \delta_i, t_i)$ — в точку $t_0 + t_i$ на оси времени. В самом деле, в принципе с помощью ненаправленной антенны (не дающей информации об R, α, δ) по моменту приема $t_0 + t_i$ при весьма точной астрометрии по формуле (17) мы могли бы

возможно потому, что при существующих расстояниях между звездами вероятность строго одновременного попадания двух звезд на поверхность расширяющегося эллипсоида исчезающе мала.

5. Идея неантропоморфна: она опирается на один из главных системных принципов — упорядоченность взаимодействия. Она доступна всем, кому доступны понятия пространства (R , α , δ) и времени (t) — первичные категории материализма, основные формы существования материи.

6. Полнота конвергенции принуждает всех подчиниться расписанию: вероятность контакта вне расписания существенно меньше. Игнорирование кем-либо идеи расписания наносит ущерб в первую очередь ему самому, если идею используют остальные [10].

7. Метод легко внедряется в практику: для перехода от хаотического поиска к работе по расписанию не требуется никаких затрат на изменение аппаратуры или на что-либо другое.

8. Метод неуязвим для критики: противник расписания, утверждающий, что расписания быть не может и что дата наблюдений безразлична, не может утверждать, что предсказанная дата хуже любой другой, и поэтому не может противиться расписанию.

9. Метод универсален: в принципе он охватывает всю Галактику и даже другие [10], в которых обнаруживаются Сверхновые.

10. Метод точен: потенциальная точность оценки момента максимума Новой Лебеда 1975 — несколько часов. Практическая точность для Земли сегодня хуже, но будет расти вместе с прогрессом астрометрии. Хорошая астрометрия — порог, который должна преодолеть любая цивилизация, желающая вступить в Галактический клуб.

11. Метод сжимает астрономические сроки до человеческих (в $1 - \cos \mu$ раз): сигналы от ВЦ, находящихся на расстоянии 2500 св. лет (при $\mu \leq 20^\circ$), запаздывают на Землю относительно вспышки Новой не более чем на 3 года. Сигнал ВЦ звезды 9723 ($R = 80 \pm 20$ св. лет) приходит спустя 7 ± 2 сут после вспышки.

12. Метод однозначен: все ВЦ для синхронизации выберут только Сверхновые и Новые, создающие непрерывную цепь действующих расписаний. Сверхновые и Новые — самые грандиозные и легко наблюдаемые из всех явлений, хорошо локализованные во времени и пространстве.

13. Идея синхронизации инвариантна относительно техники, лингвистических, физических и математических языков других цивилизаций.

14. Идея синхронизации инвариантна к виду сигнала (монокроматический, модулированный, радио, световой, корпускулярный [11] и т. д.).

15. Принцип синхронизации абсолютен: ни при каком прогрессе ВЦ он не может выйти из употребления, поскольку чем ци-

вилизованнее общество, тем выше оно ценит экономию времени и усилий.

16. Чем меньше в Галактике ВЦ, принадлежащих нашему коммуникационному горизонту, тем труднее установить контакт «хотя бы с кем-нибудь», тем выше опасность преждевременной утраты интереса к контактам (пессимизм), тем выше ценность принципа расписания, облегчающего и ускоряющего контакт, делающего поиск по времени осмысленным и, следовательно, более оптимистичным и результативным.

17. Точность соблюдения расписания является критерием искусственности: сигнал, принятый строго в момент, предсказуемый только с помощью гипотезы расписания (т. е. искусственности), подтверждает эту, и только эту гипотезу.

18. Система синхронизации — взаимный измеритель, позволяющий по разности между предсказанным и истинным моментами прихода сигнала уточнять сетку расстояний между ВЦ. В дальнейшем к этой сетке можно привязать переданные по радио другими ВЦ местные карты других звезд и построить общими усилиями точную карту Галактики. Сличая фотографии неба, земные и т. Сет, например, мы получаем увеличение точности параллаксов в 10^5 раз. Не это ли путь развития будущей астрометрии?

19. Принцип синхронизации эстетичен: он удовлетворяет определению красоты. Для появления суждения «это красиво» существенно многообразие возникающих ассоциаций [12]. Изложенная идея ассоциируется с синхронизаторами техники, с дирижером, режиссером, выстрелом стартового пистолета, расписанием, приказом, командой, звонком на урок, ударом сердца, принципом причинности и, наконец, с материалистическим принципом первичности материи (вспышка Новой) и вторичности разума (включение передатчика).

Коллективная составляющая расписания. Расписание, приведенное в таблице, можно назвать индивидуальным: каждая звезда характеризуется своей индивидуальной данной. Пусть все ВЦ посылают по расписанию позывные длительностью τ . Тогда ВЦ, присылающие сигналы на Землю в текущий момент t , находятся между двумя софокусными эллипсоидами, соответствующими моментам t и $t - \tau$. Ежедневно в эту «дынную корку» вступают

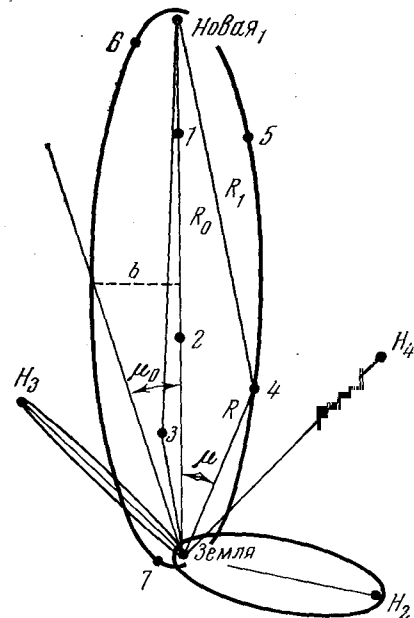


Рис. 3. Схема расписания связи с внеземными цивилизациями

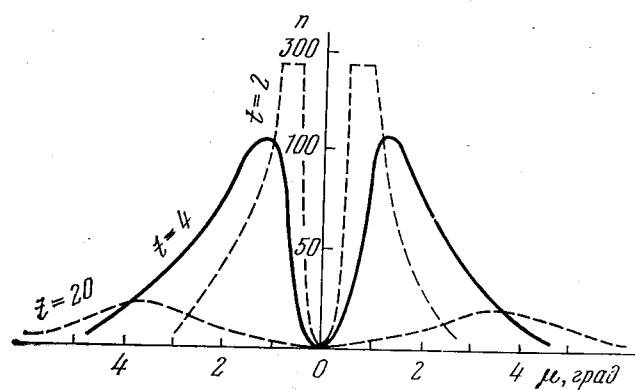


Рис. 4. Плотность позывных n как функция углового расстояния от Новой для $t = 2, 4$, и 20 лет
 n выражено в числе звезд/град²

(начинается прием) 260 звезд и выбывают (прекращается прием) столько же. Если $\tau = 10$ сут, то в этой «корке» постоянно содержатся 2600 звезд, полностью обновляющихся за 10 сут. В силу резкой эксцентricности положения наблюдателя (Земли) внутри этого эллипсоида половина проектируется на очень малую угловую площадку в окрестности Новой. Угол, под которым с Земли видна малая полуось b (рис. 3), с учетом (20) составит

$$\mu_0 = \arctg bc^{-1} \simeq \arctg \sqrt{tc^{-1}}, \quad (22)$$

на 1979 г. ($t = 4$ года) он равен $2^\circ 18'$. Внутри круга такого радиуса ежедневно возникают 1300 потенциальных позывных (при $\tau = 10$ сут), внутри круга радиусом 4° — 2300, т. е. около 90% всей мощности расписания. Максимальная плотность потенциально излучающих звезд (105 звезд на град²) — на расстоянии $1^\circ 22'$ от Новой. Максимум плотности имеет кольцевую форму, concentricную с Новой Лебеда 1975. На рис. 4 показана эта плотность позывных как функция углового расстояния от Новой для $t = 2, 4$ и 20 лет [15]. С течением времени наиболее перспективная зона расплывается, и плотность позывных падает, но даже 40 лет спустя плотность в максимуме достигает 10 звезд на град². Основные преимущества коллективной составляющей расписания состоят в высокой эффективности и отсутствии требований к астрометрической точности. По индивидуальному расписанию для поиска позывных от одной-единственной звезды Барнарда (см. таблицу) требуется 10 сут наблюдений. По коллективному расписанию, ежедневно просматривая вокруг Новой круг радиусом 4° , мы за то же время обследуем 2300 звезд. Погрешность в измерении расстояния до Новой порядка 20% не сказывается заметно на размерах и положении эффективной зоны. Точное расстояние R_0 понадобится только после обнаружения позывных, чтобы по

известным α , δ и R_0 определить положение цивилизации, которую мы обнаружили.

Однако у коллективной составляющей расписания есть и недостатки. Звезды этого расписания далеки (2000—5000 св. лет), и их лучевые скорости не индивидуализированы. Вспышка Новой Лебеда 1975 — большая удача для поиска позывных. Если Новая вспыхнет в k раз ближе, то согласно (21) мощность ее расписания будет в k^2 раз меньше, а угловая плотность позывных вокруг Новой уменьшится в k^3 раз. Правда, индивидуальная составляющая расписания (ближние к Земле звезды) практически не изменится. Для звезд, сильно удаленных от отрезка прямой Новая — Земля, запаздывание позывных относительно вспышки будет измеряться тысячами лет, что непрактично. К тому же астрономическая погрешность предсказания будет измеряться десятками и сотнями лет. Поэтому синхронизация данной вспышки имеет смысл лишь для части Галактики, ограниченной довольно сжатым эллипсоидом (см. рис. 3), позывные из которого приходят в первые 10—20 лет после вспышки. Для других же направлений практичнее подождать другой, более подходящей вспышки. На рис. 3 показаны несколько эллипсоидов, обслуживаемых несколькими Новыми в текущий момент. Они пронумерованы в порядке наблюдения их вспышек, N_4 обнаружена только что, ее эллипсоид еще только начинает развиваться. Индивидуальные расписания от каждой Новой захватывают все ближние звезды регулярно (см. рис. 3), что как нельзя лучше согласуется с выводами конвергенций по расстоянию (см. выше); коллективные (дальние звезды) каждый раз относятся к другому ансамблю звезд. Земля может эксплуатировать одновременно до 20 вспышек Новых (каждую в течение 10—20 лет), т. е. все Новые ярче 3^m . Для Новых слабее 3^m индивидуальное расписание менее вероятно: близкие к Земле ВЦ могут не заметить вспышки. Коллективное расписание (ВЦ, близкие к Новой) остается в силе.

Структура позывных. Системный подход. В отличие от R , α , δ , t , не содержащих антропоцентризов, все параметры f , m , Δf , g , c , s антропоцентричны, правда, в разной степени. Поэтому здесь конвергенция менее надежна. Попытки выбрать каждый из этих параметров делались неоднократно [3, 4], но единой здесь не достигнуто. Анализ системы показывает, что ее параметры принадлежат четырем земным наукам:

$$\text{Позывные (П)} = \text{физика (f)} + \text{техника (m, } \Delta f, \tau) + \text{лингвистика (c)} + \text{семантика (s)}. \quad (23)$$

Из них наиболее антропоцентричны лингвистика и техника, на которых лежит глубокий отпечаток исторического пути развития цивилизации, в сильной степени индивидуального. Это понимают все цивилизации и, по-видимому, будут стремиться к исключению этих антропоцентризов из позывных. Это уменьшило бы число переменных в позывных и, что важнее, устранило бы как раз те из них, по которым конвергенция отсутствует или мало правдо-

подобна. Для минимальных позывных требуются не шесть, а два элемента: физический, с помощью которого они преодолевают межзвездные расстояния, и семантический, смысловой, по которому мы отличим их от естественных излучений (критерий искусственности). Таким образом, минимальные позывные имеют следующую структуру:

$$\Pi = \text{физика} + \text{семантика}. \quad (24)$$

Минимальные позывные привлекательны для всех простотой своей структуры (мы не знаем, каково понятие простоты у ВЦ, но уверены, что всякая ВЦ будет считать двухэлементную систему проще шестиеlementной, содержащей те же два элемента плюс еще четыре). Объекты семантики — абстракции, создаваемые разумом и не существующие в природе, т. е. именно то, что требуется на роль критерия разумности. Из всех абстракций нужно выбрать те, на которых вероятность пересечения у нас с ВЦ максимальна. В семантике на пересечение с другими ВЦ мы можем надеяться только в *началах нашей* математики, еще сильно привязанных к объективной реальности и уходящих в нее своими генетическими корнями. Уверенности в пересечении нет, поскольку мы не знаем их математики, но до первого контакта нам просто не на что больше опереться:

$$\Pi = \text{астрофизика} + \text{начала математики}. \quad (25)$$

В отсутствие модуляции и кодов объединение этих двух элементов возможно только с помощью математических операций, причем только тех, которые тоже относятся к самым началам *нашей* математики. Таким образом, мы имеем формулу физико-математических позывных

$$\Pi_{\Phi M} = \Phi \nabla M. \quad (26)$$

Из физических реальностей естественно выбрать несущую частоту, физическую константу

$$\Phi = f_H, f_{0H}, f_{H.0} \dots \quad (27)$$

что уже сделано Коккони и Моррисоном [6]. Тогда роль математической абстракции может выполнить какая-либо математическая константа:

$$M = \pi, 2\pi, \sqrt{2}, e, 2, 3, 4, 5, \dots, \alpha, \dots \quad (28)$$

Связывающая Φ и M математическая операция может быть только умножением или делением, не меняющим физической природы «изделия», его размерности:

$$\nabla = (\times, :). \quad (29)$$

Конвергенция к единому варианту оказывается неполной, поэтому число вариантов позывных

$$N_{\Pi} = N_{\Phi} N_{\nabla} N_M \quad (30)$$

может оказаться довольно большим. Однако оно конечно и существенно сокращает неопределенность по сравнению с неопределенностью шестимерного континуума. Кроме того, тщательный конвергенционный анализ позволяет сократить число вариантов до шести наиболее правдоподобных [17]:

$$\Pi = \pi f_H, 2\pi f_H, f_H \sqrt{2}, f_H \pi^{-1}, f_H (2\pi)^{-1}, f_H 2^{-1/2}. \quad (31)$$

Правильной стратегией для обеих сторон (в случае нескольких вариантов) является одновременная работа на всех вариантах.

Критерий искусственности. Установлением искусственности является установление факта наличия абстракции в сигнале, должным образом обработанном. Покажем критерий в действии на примере позывных типа

$$\pi f_H = 4\,462\,336\,274,928\,8(53) \text{ Гц} = f_1.$$

Приняв частоту f_1 и разделив ее на известную физическую константу $f_H = 1\,420\,405\,751,7864(17) \text{ Гц}$, мы должны убедиться в том, что результатом деления является π . Вероятность гипотезы о ВЦ выше, чем большее число знаков m окажется верным. Уже при трех верных знаках (3,14...) вероятность гипотезы о наличии абстракции π становится субъективно значимой (остро ощущается неслучайность сомножителя). С каждым новым верным знаком субъективная вероятность гипотезы *объективно* увеличивается в 10 раз. Число потребных верных знаков зависит от априорной информации о наличии ВЦ, однако до первого контакта такая информация отсутствует, и это вынуждает ограничиться интуитивным решением: 8—10 верных знаков (результат получен усреднением независимых ответов группы научных сотрудников). Заметим, что не только критерий искусственности, но и любой другой критерий принятия решения является статистическим: при проверке любой гипотезы (научной, врачебной или судебной, сложной или элементарной) решение о ее истинности принимается на основе конечного числа опытных проверок. Суждение о достаточности данного, неизбежно ограниченного числа проверок (в нашем случае числа верных знаков) является всегда чисто интуитивным [12]¹. В этом смысле новая проблема установления искусственности позывных ВЦ ничем не отличается от любой проблемы, уже вошедшей в опыт науки. Число верных знаков в частоте позывных ограничивается в первую очередь нашим незнанием доплеровских, гравитационных и других сдвигов. Радикальным способом раскрытия числа верных знаков, заложенных в позывные передающей стороной, является одновременная работа на двух или более каналах. Если, например, работа идет в каналах

¹ Е. Л. Фейнберг [12] считает возможным определение науки как постижение объективной истины, в процессе которого весь (в отличие от искусства) интуитивный элемент в конце концов сводится к суждению о *достаточности* произведенной проверки опытом, практикой.

πf_H и $f_H \pi^{-1}$, то мы принимаем две частоты f_1 и f_2 :

$$\begin{aligned} f_1 &= \pi f_H (1 - V_r c^{-1}) [1 + (G_H - G_{HP}) c^{-2}] F(x), \\ f_2 &= f_H \pi^{-1} (1 - V_r c^{-1}) [1 + (G_H - G_{HP}) c^{-2}] F(x), \end{aligned} \quad (32)$$

где V_r — лучевая скорость передатчика относительно приемника; G_H и G_{HP} — гравитационные потенциалы в точках передачи и приема соответственно; c — скорость радиоволн (строго говоря, для f_1 и f_2 из-за дисперсии $c_1 \neq c_2$, но различие ничтожно мало, порядка 10^{-17}); $F(x)$ — неизвестные еще мультипликативные для частоты эффекты.

Приняв частоты f_1 и f_2 и разделив одну на другую, имеем (если ВЦ получает f_1 и f_2 из общего синтезатора частот)

$$\pi^2 = f_1 f_2^{-1}, \quad (33)$$

т. е. результат, свободный от доплеровских и гравитационных сдвигов. Более того, в отношении частот (33) исчезает сомножитель f_H (и его теоретические неточности и технические нестабильности). Благодаря этому доступное m становится теоретически неограниченным (обнаруживается π^2 — чистая абстракция, свободная от физики, техники и лингвистики ВЦ). Практически оно будет ограничено из-за отсутствия взаимной корреляции между шумами двух каналов, но при достаточно длительном наблюдении можно добиться $m \simeq 14 \div 15$.

Ранее упоминался другой критерий искусственности — точность соблюдения расписания (P_c). Кроме того, монохроматичность сигнала тоже является критерием искусственности (P_m) [18]. Все три критерия аддитивны и образуют комбинированный критерий с суммарной мощностью

$$P = P_\pi + P_c + P_m. \quad (34)$$

P_c при сегодняшней астрометрии невелика: для звезды Барнарда, например, погрешность предсказания $\Delta t = 5$ сут и средний интервал между подходящими Новыми $T = 20$ лет. Тогда

$$P_c = \lg(T \Delta t^{-1}) \simeq 3. \quad (35)$$

Мощность критерия монохроматичности, подобно предыдущим критериям, можно определить по формуле

$$P_m = \lg(\Delta F \Delta f^{-1}), \quad (36)$$

где ΔF — ширина спектральной линии самого узкополосного из естественных процессов (для лазерного излучения гидроксила $\Delta F = 500$ Гц), Δf — ширина спектральной линии позывных. В лучшем случае $\Delta f \approx 0,5$ Гц, но неоднородности межзвездной среды могут размыть ее и до нескольких герц, особенно при больших расстояниях. Таким образом, $P_m = 2 \div 3$.

Поскольку $P_\pi = 4 \div 15$ (в зависимости от способа компенсации доплеровских эффектов), то мощность комбинированного критерия (34) $P = (4 \div 15) + 3 + (2 \div 3) = 9 \div 21$. Этого

достаточно для почти достоверного обнаружения ВЦ при весьма низком уровне ложных тревог (и отношении сигнал—помеха > 5).

Множественность физико-математических позывных (формула (34)) наводит иногда на мысль о желательности дальнейшего упрощения их структуры. Рассмотрим предельно простую структуру

$$\Pi = \text{физика}, \quad (37)$$

отбросив в формулах (24) и (34) семантику. В этом случае мощность критерия искусственности

$$P_\phi = P_m = 2 \div 3, \quad (38)$$

что явно недостаточно для достоверного решения о контакте. Правда, иногда высказывается возможность использовать критерий «кеплеровости» орбиты передатчика (предполагается, что выявление орбитального движения точечного источника может доказать принадлежность источника планете, что почти тождественно его искусственности). Монохроматического источника с доплеровским изменением его частоты за счет движения по кеплеровой орбите среди естественных явлений пока не обнаружено, но диковинные открытия последних 20 лет наводят на мысль, что и такую комбинацию в случае ее открытия астрофизики сумеют объяснить естественным путем. Частоту πf_H естественным путем объяснить не удастся: природа умеет умножать частоту на целые числа, но не умеет на иррациональные. Мало что дает и двухканальный метод (формула (32)); приняв две частоты (f_H и f_{OH}) и разделив их друг на друга, мы освобождаем от доплеровской маскировки не абстракцию π^2 , а физическую константу $f_H f_{OH}^{-1}$, по которой никак нельзя судить о ее искусственности. Природа, создавая два лазера (f_H и f_{OH}) в одной точке, тоже будет выдерживать отношение их частот в соответствии с естественными законами квантовой механики. Скептики проблемы ВЦ обязательно выдвинут это «естественное» объяснение. Правда, в чисто физические позывные без труда можно ввести расписание как критерий искусственности, т. е. семантику.

Сравнение физико-математических позывных с модуляционными. Можно назвать следующие преимущества предлагаемых позывных перед модуляционными.

1. Устранение модуляции и кодов является устранением самых опасных для проблемы антропоцентризма техники и лингвистики.
2. Устранение модуляции и кодов понижает мерность информационного подпространства поиска позывных с 6 до 2.
3. Двумерное пространство частота — семантика выбором частоты f_H и семантики в виде сомножителя π , 2π , $\sqrt{2}$, π^{-1} , ... сводится к нескольким фиксированным точкам.
4. Операция расшифровки смысла и кодов позывных заменяется операцией измерения, существенно более универсальной.
5. Измерению подлежит единственный параметр — частота.

6. Прием и расшифровку позывных можно начинать с любого места передачи (при модуляционной передаче любой абстрактной информации — только с начала).

7. Позывные инвариантны к технике, языкам, системе счисления отправителя (не несут на себе их следов). Приемная сторона может исследовать это изделие своими инструментами, на своем языке, в своей системе счисления. Определение числа верных знаков есть определение класса точности изготовления изделия.

8. Отсутствие модуляции устраняет необходимость в детектировании, ухудшающем отношение сигнал—шум. Обработка может вестись когерентными методами, что увеличивает радиус действия позывных.

9. Монохроматичность позволяет применять весьма узкополосный фильтр и увеличивать радиус действия.

10. Реальный монохроматичный сигнал практически не искажается дисперсией межзвездной среды (модулированный искажается).

11. Умножение f_H на π и другие множители смещает частоту с f_H , освобождая от эмиссионных и абсорбционных помех межзвездного водорода.

12. Позывные перестают мешать использованию f_H как источника астрофизических знаний.

13. Позывные типа πf_H^{-1} совместимы во времени с другими этапами связи (например, передачей языков), по-видимому требующими модуляции. В этом случае роль позывных будет выполнять несущая частота, или «центр тяжести» спектра.

14. Применение частоты в качестве критерия искусственности соответствует прогрессивной тенденции земной метрологии: применение эталона частоты для измерений времени, длины, скорости, тока, напряжения и т. д., что объясняется высокой точностью и стабильностью.

Радиосвязная программа поиска позывных ВЦ. Приводим краткое изложение предлагаемой программы поиска.

1. Время поиска определяется расписанием связи, синхронизированным вспышкой Новой (Сверхновой). Вероятность контакта по расписанию будет увеличена при круглосуточном наблюдении в предсказанные даты, что требует международной координации действий поисковых телескопов.

2. Кроме индивидуальной составляющей, расписание имеет коллективную: например, в данное время в малой угловой окрестности Новой Лебеда 1975 ежедневно вступают в расписание около 230 потенциальных ВЦ. Эта область подлежит регулярному обзору на протяжении ближайших 40 лет.

3. Наиболее вероятны монохроматические позывные в радиодиапазоне, без модуляции и кодов, на частотах (31).

4. Критериями искусственности сигнала могут быть: а) число верных знаков в частоте принятого колебания; б) степень его монохроматичности; в) точность соответствия предсказанной дате.

5. В сигнале возможно совмещение функции позывных и

функции передачи информации. Тогда упомянутые в п. 3 частоты будут модулированы некоторым кодом. Однако функция позывных остается за несущей частотой, или «центром тяжести» спектра.

6. Отношение частот двух каналов п. 3 свободно от доплеровских и других сдвигов частоты и позволяет обнаружить до 15 верных знаков, если обе частоты созданы одним синтезатором.

7. Помимо поиска по расписанию, целесообразен поиск в направлениях «маяков» (естественных выдающихся объектов) и в антиподальных им направлениях.

8. Наиболее вероятен контакт с ВЦ в первые недели и месяцы после наблюдения вспышки Новой (Сверхновой) в малой угловой окрестности Новой. Поэтому служба Новых должна быть хорошо организована.

9. Потенциальная точность индивидуального расписания (доли суток) не реализуется из-за погрешностей расстояний. Проблема контакта с ВЦ ставит перед астрометрией задачу повышения точности измерения расстояний на 2—3 порядка.

Заключение. Теория оптимального обнаружения утверждает, что в отсутствие априорной информации о различиях между сигналом и помехами задача обнаружения не может быть даже поставлена. Современная астрофизика дает богатую информацию о радиоизлучениях небесных тел, т. е. о характеристиках помех для связи, но не дает и не может дать характеристик сигнала ВЦ: передатчик и его оператор не являются астрофизическими объектами. Оптимальный обнаружитель тем эффективнее, чем большее количество априорной информации о различиях между сигналом и помехой учтено в его структуре. Обоюдное желание контакта — вот единственная априорная информация друг о друге, которой обладают все коммуникабельные цивилизации перед первым контактом. Данная статья и является попыткой использования этой информации. Коммуникабельность некоторых ВЦ — главное их отличие от всех остальных астрофизических объектов, источников помех. Отсутствие априорной информации о сигнале заставляет обе стороны делать правдоподобные предположения. Существует некоторая вероятность, что эти предположения обеих сторон совпадут. Если не совпадут, контакта не будет и нужно делать новые предположения. Иного способа оптимизации канала связи до первого контакта нет. Единственной объективной основой для совпадения решений обеих сторон является общность объективной реальности, окружающей обе стороны и до некоторой степени изученной. Наибольшие шансы на общность в двух сознаниях имеют образы наиболее выдающихся объектов этой реальности. Мы исходим из предположения, что все коммуникабельные ВЦ найдут все эти суждения справедливыми и примут их к руководству, как это сделали мы. Тогда появляется надежда на конвергенцию двух мышлений к одним и тем же предложениям. Но убедиться в единстве решений мы можем лишь экспериментально. Все мы антропосы и останемся таковыми вплоть до первого контакта. Поэтому все, что бы мы ни предлагали для первого

контакта, скептик может назвать антропоцентризмом и будет прав. Но такой скептицизм тоже антропоцентричен и, главное, неконструктивен. Можно критиковать предложение искать на частоте πf_H или $f_H \sqrt{2}$ на том основании, что мы не знаем, какова математика у передающей стороны. Но продуктивно критиковать может лишь тот, кто знает, какова математика ВЦ, и на основе этого знания может улучшить или отвергнуть данное предложение. Незнание же не есть аргумент. Мы не имеем другой возможности, кроме как опереться на нашу математику. Мы обязаны выбрать из нее то, что наиболее правдоподобно для математики любой цивилизации, способной уже к контактам. Имеется довольно твердая уверенность, что радиотелескоп (или его ВЦ-эквивалент) может быть создан лишь теми, кто уже изобрел колесо. Число π как абстракция, возникающая после изобретения колеса, антропоцентрично лишь в той степени, в какой антропоцентрично колесо. С помощью π мы можем установить контакт не только с узким классом антропоидов, но и с гораздо более широким классом π -центричных или колесо-центричных ВЦ, среди которых находятся, скорее всего, все обладатели радиотелескопов.

Все предлагаемые решения получены путем опоры на гипотетическую мыслительную конвергенцию. Эта конвергенция пока не имеет экспериментального подтверждения, которым может явиться лишь первый контакт с ВЦ. Все, чем мы располагаем, — это экспериментальные результаты внутри нашей земной цивилизации. Это, во-первых, результаты решения задачи о встрече в Ленинграде. И во-вторых, что, пожалуй, убедительнее, экспериментальные результаты конвергенции при выборе параметров канала связи с ВЦ. И идея расписания связи с ВЦ, и частота связи πf_H возникали на Земле независимо и неоднократно. Частоты πf_H , $f_H \sqrt{2}$, $e f_H$ и другие были предложены в 1973 г. автором [16, 17] и независимо от него в 1975 г. Хэвилэндом [19] (правда, последний предложил их только как несущие, подлежащие модуляции, а не как безмодуляционные позывные). Расписание, синхронизированное Новой Лебедя 1975, было опубликовано автором в мае 1976 г. [5, 9]. Идея синхронизации Сверхновыми опубликована Тэнгом [13] в июле—августе 1976 г., а, опираясь на Тэнга, Мак-Лаглин [14] в декабре 1977 г. опубликовал расписание на основе Новой Лебедя, повторяющее [6, 9, 10]. Таким образом, изложенные здесь идеи обладают свойством независимо приходить в голову многим, причем именно тогда, когда этого требует практика. Исходя из гипотезы, что потребность контакта у многих ВЦ возникла уже давно, мы можем рассчитывать, что эти идеи пришли им в голову раньше. Итак, имеется связанная программа поиска ВЦ, достаточно правдоподобная и достаточно экономичная. Предсказанные ею расписания действуют уже сегодня и вызывают соблазн их проверить. Идеи доступны как подтверждению, так и опровержению. И в этом и в другом случае мы получим некоторый экспериментальный результат, который поможет нашему движению вперед.

Автор глубоко признателен Н. Т. Петровичу и В. С. Троицкому за постоянную поддержку и плодотворные дискуссии, В. С. Маковецкой за неоценимую помощь в расчетах, Ю. Н. Парийскому, Н. Ф. Рыжакову, И. В. Госачинскому за начала экспериментальной проверки индивидуального расписания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкловский И. С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — Вопросы философии, 1976, № 9, с. 80.
2. Кардашев Н. С. Передача сигналов внеземной цивилизацией. — Астрон. журн., 1964, 41, № 2, с. 282.
3. Проблема SETI (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975.
4. Dixon R. S. A search strategy for finding extraterrestrial radio beacons. — Icarus, 1973, 20, p. 187.
5. Маковецкий П. В. Смотри в корень! 3-е изд. М.: Наука, 1976.
6. Cocconi G., Morrison P. Searching for interstellar communications. — Nature, 1959, 184, p. 844.
7. Маковецкий П. В. Эффективность привязки позывных внеземных цивилизаций к естественным явлениям. — Изв. вузов. Радиофизика, 1978, 21, с. 139.
8. Makovetskii P. V. Mutual strategy of search for SETI call signals. — Icarus, 1980, 41, p. 178.
9. Маковецкий П. В. Позывные Новая Лебедя — синхросигнал для внеземных цивилизаций. — Труды ЛИАП, 1976, 98, с. 137.
10. Маковецкий П. В. Уменьшение неопределенности при поиске внеземных цивилизаций. — Астрон. журн., 1977, 54, с. 449.
11. Маковецкий П. В. Позывные внеземных цивилизаций: что, где и когда искать. — Знание — сила, 1978, № 8, с. 46.
12. Фейнберг Е. Л. Искусство и познание. — Вопросы философии, 1976, № 7, с. 93.
13. Tang T. B. Supernovae as time markers in interstellar communication. — J. Brit. Interplanet. Soc., 1976, 29, N 7—8, p. 469.
14. McLaughlin W. I. On the timing of an interstellar communication. — Icarus, 1977, 32, p. 464.
15. Маковецкий П. В. Смотри в корень! 4-е изд. М.: Наука, 1979, с. 365.
16. Маковецкий П. В. Проблема первого контакта. — В полет (ЛИАП), 1973, № 21.
17. Маковецкий П. В. О структуре позывных сигналов внеземных цивилизаций. — Астрон. журн., 1976, 53, с. 221.
18. Троицкий В. С. О возможностях связи с внеземными цивилизациями. — В кн.: Внеземные цивилизации. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1963, с. 97.
19. Haviland R. P. On communications with extraterrestrial or alien intelligence. — J. Brit. Interplanet. Soc., 1975, 28, p. 161.
20. Маковецкий П. В., Петрович Н. Т., Троицкий В. С. Проблема внеземных цивилизаций — проблема поиска. — Вопросы философии, 1979, № 4, с. 47.

В. Ф. Шварцман

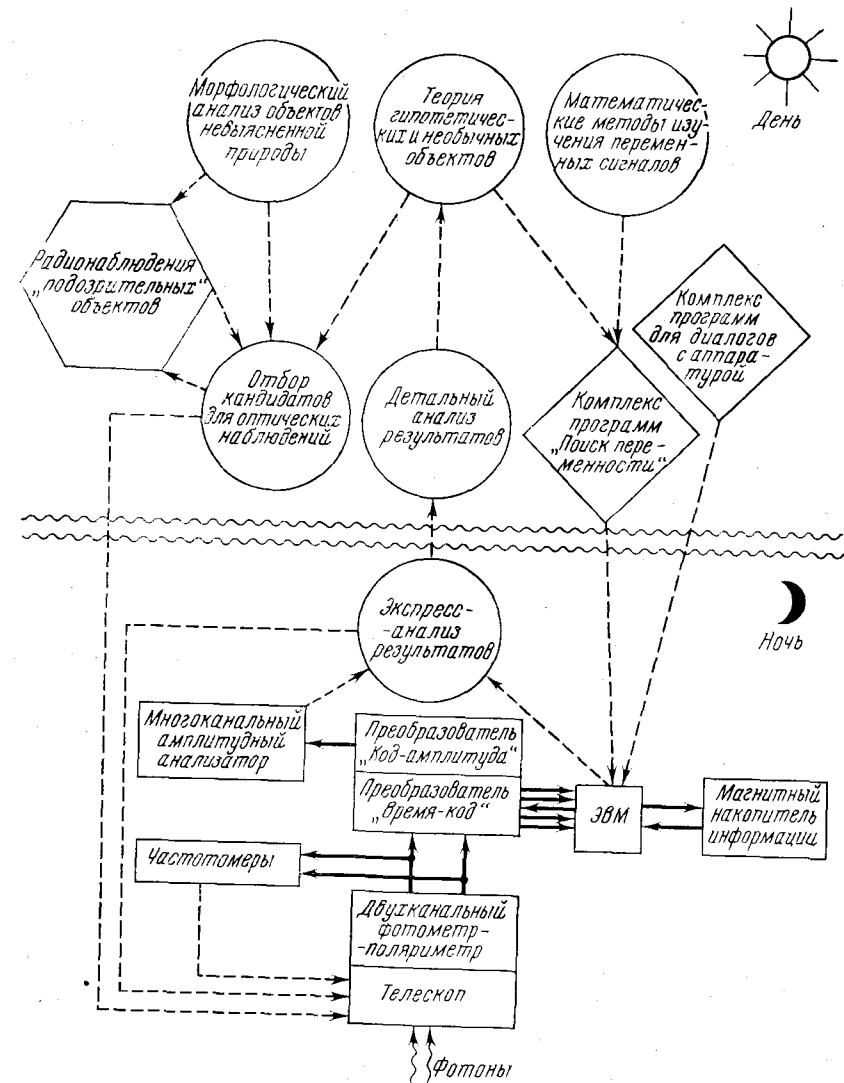
ЭКСПЕРИМЕНТ МАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ¹

1. Работа состоит из трех частей. Ее первая часть посвящена описанию инженерно-математического комплекса, созданного в САО АН СССР для поиска в оптическом диапазоне черных дыр, нейтронных звезд, а также «звезд-лазеров». Этот поиск ведется в рамках эксперимента «Многоканальный анализ наносекундных изменений яркости» (МАНИЯ). Созданный комплекс позволяет обнаруживать периодические и аperiodические вариации яркости небесных объектов на характерных временах от 10^{-7} до 100 с, а также сверхузкие ($\Delta\lambda \lesssim 10^{-6} \text{ \AA}$) эмиссионные линии [1].

Программно-алгоритмический комплекс эксперимента наряду со стандартными методами поиска переменности (дисперсионные методы, фурье-анализ и др.) включает в себя аппарат y -функций. Этот математический аппарат разработан специально для целей эксперимента МАНИЯ. Он дает возможность исследовать переменность корпускулярных потоков на временах, меньших среднего времени регистрации корпускул (фотонов, нейтрино, частиц). Метод заключается в статистическом анализе интервалов времени между приходом корпускул. Он позволяет определять мощность сверхкоротких всплесков, их длительность, тонкую структуру и другие параметры [1].

Далее в работе обсуждается возможность обнаружения с помощью комплекса МАНИЯ сверхузких эмиссионных линий. Дело в том, что фотоны — бозе-частицы и они проявляют тенденцию к корреляции («спариванию») на временах $\tau \lesssim 1/\Delta\nu$, где $\Delta\nu$ — ширина линии. Иными словами, меняется статистика моментов их регистрации на малых временах. При подобном методе поиска эмиссионной линии не нужно заранее знать ее длину волны; более того, линия может быстро «плавать» внутри исследуемого спектрального диапазона. Это не мешает ее регистрации в эксперименте МАНИЯ, необходимо лишь, чтобы отношение светимости линии к светимости «подложки» было не очень малым [1].

Основными компонентами инженерного комплекса (рисунок) являются двухканальный фотометр-поляриметр и специально разработанный для эксперимента преобразователь «время—код—амплитуда». Преобразователь обеспечивает кодировку интервалов между моментами прихода фотонов с точностью $\pm 4 \cdot 10^{-8}$ с, а затем их последовательную запись в память ЭВМ вместе с поляризационными признаками.



Основные компоненты комплекса МАНИЯ

Методика эксперимента МАНИЯ может без изменений использоваться в рентгеновской и гамма-астрономии, в ядерной физике и т. д. — всюду, где регистрируются слабые корпускулярные потоки.

2. Вторая часть работы посвящена сравнению достоинств радио, оптического и рентгеновского каналов связи между цивилизациями. Отмечается, что согласно теореме Шеннона максимальная скорость передачи информации пропорциональна полосе

¹ Статья представляет собой краткое изложение работы, доложенной на Зеленчукской школе-семинаре-75 по проблеме СЕТИ. САО АН СССР, 1975 г.

частот, занимаемой сигналом. Поэтому, используя сантиметровый радиодиапазон, можно передавать до 10^9 бит/с, а используя оптический — до 10^{14} бит/с. Разница в объемах информации на 5 порядков — это разница между содержанием букваря и содержанием всех существующих на Земле энциклопедий (10^6 и 10^{11} бит соответственно). В работе обсуждаются вероятные объемы космических сообщений и высказывается предположение, что радиодиапазон недостаточно емок для содержательных передач высокоразвитых цивилизаций (II и III типов, по классификации Кардашева [2]). По нашему мнению, такие передачи разумнее искать в оптическом и рентгеновском диапазонах.

3. Третья часть работы посвящена краткому обсуждению 100 объектов, отобранных для наблюдений по программе эксперимента МАНИА.

Разумеется, при отборе объектов «маньяки» ориентируются в первую очередь на их астрофизическую интересность и лишь затем — на наши наивные соображения, касающиеся Внеземного Разума. Автор настоящей работы скептически относится к идее, согласно которой внеземные цивилизации можно идентифицировать с помощью одних лишь технологических методов [3].

Среди объектов, которые могут представлять интерес для проблемы СЕТИ, в работе обсуждаются близкие солнцеподобные звезды, звезды с инфракрасным избытком (недостроенные сферы Дайсона?), некоторые рентгеновские источники и центры ближайших галактик. От этих объектов автор предлагает искать искусственные оптические сигналы (на перспективность межзвездной связи с помощью лазеров впервые указали Таунс и Шварц [4]).

По мнению автора, однако, наиболее интересными для эксперимента МАНИА являются наблюдения радиообъектов с непрерывным оптическим спектром (РОКОСов). Природа этих источников пока неизвестна. Они характеризуются переменным во времени оптическим и радиоизлучением, а также спектрами, в которых отсутствуют линии каких бы то ни было химических элементов. С точки зрения проблемы СЕТИ эти свойства можно рассматривать как аргумент в пользу искусственного происхождения РОКОСов. С астрофизической точки зрения эти свойства могут свидетельствовать о релятивистской природе РОКОСов; в частности, некоторые из РОКОСов могут являться одиночными черными дырами [5]. С помощью эксперимента МАНИА предполагается проверить эти гипотезы.

4. За четыре года, прошедшие со времени конференции, на которой докладывалась настоящая работа, ситуация во многом изменилась. Подробное описание эксперимента МАНИА и задач, на которые он ориентирован, появилось в печати (этому посвящены сборники «Сообщения САО АН СССР», № 19 и № 20, см., в частности, обзор [1]). Составлен и опубликован список РОКОСов [6], который постепенно дополняется и уточняется. Наконец, после нескольких лет пробных наблюдений на малом телескопе, с 1978 г. начаты наблюдения по программе МАНИА на самом

Радиообъекты с чисто непрерывными оптическими спектрами, наблюдавшиеся на 6-метровом телескопе

Номер	Название объекта	Данные о блеске, m_B	Наблюдавшийся на БТА блеск, m_B	Фильтры при записи на БТА	Объем полученной на БТА информации, бит ($\times 10^7$)
1	OE 400	~ 19	17,6	T; T	2
2	ON 325	14,0 — 16,4	15,9; 16,0	B; R; B	4
3	OQ 530	11,3 — 16,1	15,9; 15,7	B; T; R; T	2
4	OJ 287	12,0 — 16,9	15,2; 15,0	B; R; B; R	3
5	OR 165	14,4 — 18,1	$\sim 17,5$	T; T	1,5
6	OJ 131	14,6 — 17,0	17,7	T	2
7	OI 090.4	14,2 — 16,5	16,5	V; V	1
8	MC3 1426 + 168	17,2	17,4	T	2
9	OK 222	15,3 — 17,2	14,7	R; B	1,5
10	OL 220	17,5	17,4	T	1,5
11	PKS 1057 + 100	17,6	18,0	f	1,5
12	GC 1514 + 197	17,5 — 19,5	19,8	T	1,5

крупном в мире оптическом телескопе БТА САО АН СССР (диаметр зеркала 6 м). К настоящему времени на БТА получены, в частности, записи 12 РОКОСов (см. таблицу). В третьем столбце таблицы указан диапазон блеска объекта (по литературным данным) в голубом цвете, выраженный в звездных величинах m_B или, когда нет данных, в m_{photo} ($m_{photo} \approx m_B$). В четвертом столбце дается блеск объекта в фильтре B в момент наблюдений на БТА. Разные оценки блеска отвечают наблюдениям в разные (обычно последовательные) ночи. Точность оценок $\sigma_B = \pm 0,01 \div 0,05^m$. При записи на БТА применялись фильтры: B — голубой, R — красный, V — желтый, f — фиолетовый, T — интегральный свет для фотокатода S20.

Полученные записи хранятся на магнитных накопителях ЭВМ М-222 САО и находятся сейчас в процессе анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шварцман В. Ф. Эксперимент МАНИА. Астрофизические задачи, математические методы, инженерный комплекс, результаты первых наблюдений. — Сообщ. САО АН СССР, 1977, № 19, с. 5—38.
2. Кардашев Н. С. Передача информации внеземными цивилизациями. — В кн.: Внеземные цивилизации. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1965, с. 37—53.
3. Шварцман В. Ф. Поиск внеземных цивилизаций — проблема астрофизики или культуры в целом? Докл. на Всесоюз. школе-семинаре по проблеме СЕТИ. САО АН СССР, 1975.
4. Schwartz R. N., Townes C. H. Interstellar and interplanetary communication by optical masers. — Nature, 1964, 190, N 4772, p. 205—208.
5. Шварцман В. Ф. Ореолы вокруг «черных дыр». — Астрон. журн., 1974, 48, с. 479—488.
6. Пустыльник С. А. Список радиообъектов с чисто непрерывным оптическим спектром. Предварительный анализ их свойств. — Сообщ. САО АН СССР, 1976, № 18, с. 5—41.

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ЧИСЛА ЦИВИЛИЗАЦИЙ В ГАЛАКТИКЕ

При обсуждении проблемы СЕТИ неизбежно возникает вопрос о распространенности внеземных цивилизаций. Если с точки зрения философии этот вопрос имеет большое мировоззренческое значение, то с точки зрения СЕТИ к нему приводят чисто практические соображения, поскольку от распространенности цивилизаций зависит среднее расстояние между ними, а оно существенным образом определяет стратегию и методику установления контакта, не говоря уже о таком важном техническом параметре, как дальность связи, на которую должны ориентироваться конкретные проекты СЕТИ.

Одно из первых соотношений для оценки числа цивилизаций было предложено в графической форме Брейсуэллом [1]. В 1961 г. Дрейк [2] применил весьма наглядную формулу, которая впоследствии использовалась Саганом [3], а затем подробно дискутировалась на конференции СЕТИ в Бюракане в сентябре 1971 г. [4]. Другой вариант формулы был предложен в 1961 г. Моррисоном [5] и использовался в работе Камерона [6]. Фон Хорнер при анализе проблемы СЕТИ впервые использовал статистический подход, на основе которого получил выражение для оценки числа цивилизаций [7]. Обзор различных вариантов формул содержится в обстоятельной работе Крейфелдта [8]. В 1975 г. Оливер предложил выражение для оценки числа близко расположенных цивилизаций [9].

Ввиду неопределенности исходных данных любые оценки по необходимости являются весьма приближенными. Учитывая это, авторы указанных работ, по-видимому, не стремились к большой строгости, стараясь дать простые и наглядные выражения, пригодные для приближенной оценки числа цивилизаций в Галактике. Однако дальнейшая дискуссия показала необходимость уточнения самих выражений, используемых при формулировке понятий, а также методов оценки входящих в них величин.

В настоящей работе предпринимается попытка систематического обсуждения этих вопросов. Особое внимание будет уделено статистическому подходу. При этом не ставится задача дать численные оценки количества цивилизаций или используемых для их определения вероятностей. Цель настоящей работы — обсуждение методических вопросов. Приводимые ниже численные примеры используются только для иллюстрации обсуждаемой методики.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЧИСЛА ЦИВИЛИЗАЦИЙ

В плане СЕТИ представляют интерес только те цивилизации, которые так или иначе стремятся к установлению контакта с другими цивилизациями. Будем называть их коммуникативными;

время, в течение которого проявляется это стремление, назовем коммуникативной фазой. Коммуникативные цивилизации не обязательно являются коммуникабельными. Согласно Б. Н. Пановкину [10], контакт между цивилизациями по каналам связи невозможен или по крайней мере очень маловероятен. Мы не будем касаться здесь этого спорного вопроса. Нас будут интересовать коммуникативные цивилизации, находящиеся в данный момент в коммуникативной фазе.

Для подсчета числа таких цивилизаций можно применить следующую процедуру. Определим общее число подходящих мест, где могут образовываться коммуникативные цивилизации; отберем из них те, на которых в момент T такие цивилизации действительно существуют, и умножим полученное число на вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе. Тогда формула для подсчета числа цивилизаций будет иметь вид

$$N(T) = N_0 F_1 q_1, \quad (1)$$

где $N(T)$ — число цивилизаций, находящихся в момент T в коммуникативной фазе; N_0 — число подходящих мест, на которых могут возникать такие цивилизации; F_1 — фактор выборки, произведение $N_0 F_1$ дает число коммуникативных цивилизаций $N_c(T)$, существующих в момент T ; q_1 — вероятность того, что любая наугад взятая из этих $N_c(T)$ цивилизаций в момент T находится в коммуникативной фазе.

При другом методе выборки приходим к формуле

$$N(T) = n_0 F_2 q_2. \quad (2)$$

Здесь n_0 — число подходящих мест, образующихся за время от 0 до T ; F_2 — фактор выборки, произведение $n_0 F_2$ дает число коммуникативных цивилизаций $n_c(T)$, возникающих за время от 0 до T . Подчеркнем, что эта величина, вообще говоря, отличается от числа $N_c(T)$ коммуникативных цивилизаций, существующих в момент T . Последнее зависит от времени жизни цивилизаций и при короткой шкале жизни может быть много меньше $n_c(T)$; q_2 — вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе, т. е. это вероятность того, что любая наугад взятая из $n_c(T)$ цивилизаций, образующихся за время от 0 до T , в момент T находится в коммуникативной фазе.

Наконец, применяется еще один метод выборки: отбираются подходящие места, на которых по истечении определенного времени (будем называть его временем развития) с неизбежностью возникают коммуникативные цивилизации. Соответствующая формула будет иметь вид

$$N(T) = n_0 F_3 q_3. \quad (3)$$

Описанную процедуру можно применить к любой ограниченной области Вселенной. В большинстве случаев она рассматривается применительно к Галактике. Что касается подходящих мест, то, хотя обсуждались различные возможности: возникновение

жизни на кометах, на остывших звездах и в межзвездной среде [4], — обычно применительно к подсчетам цивилизаций рассматриваются планеты с подходящими для возникновения жизни условиями. В этом случае можно положить $N_0 = N_* f_p n_c$, где N_* — общее число звезд в Галактике; f_p — доля звезд, имеющих планетные системы; n_c — среднее число планет в каждой планетной системе с благоприятными для возникновения жизни условиями. Величина $f_p n_c$ оценивалась многими авторами: Опариным и Фесенковым, 1956 г. [11]; Шепли, 1958 г. [12]; Камероном, 1963 г. [6]; Саганом и Шкловским, 1966 г. [3] и др. Наиболее подробные оценки выполнены Доулом [13] (следует, однако, иметь в виду, что Доул оценивал число планет, пригодных для обитания людей, поэтому его «допуски» на некоторые параметры планет могут быть слишком жесткими). Поскольку согласно этим оценкам n_c скорее всего не превышает единицы, число планет с благоприятными для возникновения жизни условиями можно принять равным числу звезд, имеющих такие планеты. Будем называть эти звезды подходящими. Тогда N_0 в формуле (1) представляет собой число подходящих звезд. Нулевой момент $T = 0$ соответствует времени образования самых старых звезд. Подходящие звезды являются звездами главной последовательности определенных спектральных классов. Обычно полагают, что они относятся к спектральным классам, более поздним, чем F5. Учитывая время жизни таких звезд на главной последовательности, можно показать, что различие между величинами N_0 и n_0 невелико ($N_0/n_0 \simeq 0,99$). В дальнейшем мы не будем принимать это различие во внимание, полагая во всех формулах $n_0 = N_0$. Заметим, что это относится только к подходящим звездам, но не относится, например, к обитаемым звездам или к звездам, около которых есть коммуникативные цивилизации.

Различие между формулами (1)–(3) определяется методом выборки. Каждую из этих формул можно преобразовать, вводя вместо величины N_0 (или n_0) среднюю скорость $\bar{R}_0$ образования подходящих звезд:

$$N(T) = \bar{R}_0 F_j Q_j, \quad (4)$$

где $Q_j = q_j T$ ($j = 1, 2, 3$). Полученные таким путем выражения представляют интерес в том смысле, что они допускают обобщение на случай, когда скорость звездообразования зависит от времени. Такое обобщение было выполнено Крейфелдтом [8]. С другой стороны, выражения, использующие число подходящих мест N_0 , удобны в том смысле, что они позволяют непосредственно получить долю цивилизаций по отношению к подходящим звездам, от которой зависит среднее расстояние d между цивилизациями:

$$d = d_0 (N/N_0)^{-1/3} = d_0 (F_j q_j)^{1/3}, \quad (5)$$

d_0 — среднее расстояние между подходящими звездами.

Рассмотрим примеры применения различных способов выборки.

Формула Моррисона:

$$N(T) = N_0 F_L F_i F_c \bar{L}_c / \bar{\tau}_c = N_0 F_M \bar{L}_c / \bar{\tau}_c. \quad (6)$$

Здесь F_L — доля звезд, на которых имеются биологические системы (доля «обитаемых» звезд), по отношению ко всем подходящим звездам; F_i — доля звезд, населенных разумными существами, по отношению к обитаемым звездам; F_c — доля звезд, у которых имеются коммуникативные цивилизации, по отношению к звездам, населенным разумными существами. Фактор выборки Моррисона $F_M = F_L F_i F_c$. Произведение $N_0 F_M$ дает число коммуникативных цивилизаций, существующих в момент T . Если среднее время жизни этих цивилизаций равно $\bar{\tau}_c$, а средняя продолжительность коммуникативной фазы $\bar{L}_c$, то вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе равна $\bar{L}_c / \bar{\tau}_c$.

Формула Дрейка:

$$N(T) = N_0 f_L f_i f_c \bar{L}_c / T = N_0 F_D \bar{L}_c / T = \bar{R}_0 F_D \bar{L}_c. \quad (7)$$

Здесь f_L — вероятность происхождения жизни на планете с подходящими условиями; f_i — вероятность происхождения разумных форм жизни на обитаемой планете; f_c — вероятность такого развития общества разумных существ, которое приведет к возникновению коммуникативной цивилизации. В каком смысле трактуются вероятности в этой формуле — не всегда ясно. Скорее всего их следует понимать как соответствующие доли:

$$f_L = n_L(T)/n_0(T); \quad f_i = n_i(T)/n_L(T); \quad f_c = n_c(T)/n_i(T), \quad (8)$$

$n_L(T)$ — число обитаемых планет, образующихся за время от 0 до T ; $n_i(T)$ — число планет, населенных разумными существами, образующихся за то же время; $n_c(T)$ — число коммуникативных цивилизаций, образующихся за время от 0 до T . Тогда фактор выборки Дрейка $F_D = f_L f_i f_c = n_c(T)/n_0(T)$ представляет собой долю звезд (из числа образовавшихся за период от 0 до T), на которых к моменту T возникает коммуникативная цивилизация. Можно также сказать, что это есть вероятность возникновения цивилизации на любой наугад взятой подходящей звезде (из числа образовавшихся за время от 0 до T). Произведение N_0 на фактор выборки Дрейка F_D в отличие от формулы Моррисона дает число коммуникативных цивилизаций, образующихся за время от 0 до T . Вероятность того, что любая наугад взятая из этих цивилизаций в момент T будет находиться в коммуникативной фазе, согласно Дрейку, принимается равной $\bar{L}_c / T$. Если в формулу Дрейка (7) вместо длительности коммуникативной фазы $\bar{L}_c$ подставить среднее время жизни коммуникативных цивилизаций $\bar{\tau}_c$, то получим общее число коммуникативных цивилизаций $N_c(T)$. Отсюда можно установить соотношение между фактором Моррисона и Дрейка: $F_M = F_D \bar{\tau}_c / T$.

Наконец, в формуле Брейсуэлла (соотношение, вытекающее из графика в работе [1])

$$N(T) = N_0 \bar{L}_c / T_0 \quad (9)$$

используется третий тип выборки. При этом полагается, что у любой подходящей звезды (на любой планете с подходящими для возникновения жизни условиями) со временем возникает коммуникативная цивилизация. В этом случае фактор выборки $F_3 = 1$, а вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе, согласно Брейсуэллу, определяется отношением средней длительности коммуникативной фазы $\bar{L}_c$ к средней продолжительности времени развития T_0 (T_0 — время от момента образования подходящей звезды до момента возникновения у нее коммуникативной цивилизации).

В формулы Брейсуэлла, Моррисона и Дрейка входят средние величины: среднее время развития T_0 , средняя длительность коммуникативной фазы $\bar{L}_c$, среднее время жизни коммуникативных цивилизаций $\bar{t}_c$. Истинные значения этих величин могут существенно отличаться от среднего. Поэтому строгое рассмотрение должно проводиться методом статистики.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД. ФОРМУЛЫ ФОН ХОРНЕРА И КРЕЙФЕЛДТА

Первая попытка статистического подхода к оценке числа цивилизаций принадлежит фон Хорнеру [7]. Схема фон Хорнера такова. Предполагается, что скорость образования подходящих звезд в течение всего времени существования Галактики остается постоянной, каждая подходящая звезда по истечении времени развития T_0 (которое принимается одинаковым для всех звезд) переходит в коммуникативную фазу. Время жизни звезды в коммуникативной фазе имеет дискретное распределение; оно принимает пять различных значений: l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 , соответствующих пяти возможным вариантам развития цивилизаций, для которых принимаются вероятности p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 . Число цивилизаций с временем жизни l_j равно

$$N_j = \begin{cases} N_0 l_j / T, & l_j \leq T - T_0, \\ N_0 (T - T_0) / T, & l_j \geq T - T_0. \end{cases} \quad (10)$$

Это соотношение можно пояснить с помощью диаграммы Агреста (рис. 1).

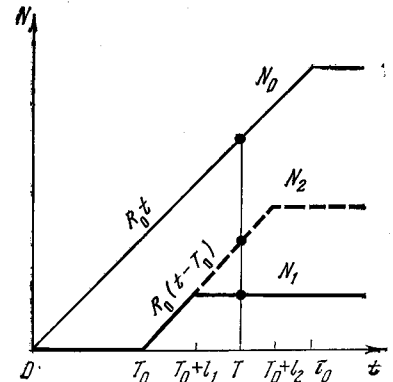
Общее число цивилизаций, находящихся в момент T в коммуникативной фазе, определяется суммированием N_j с учетом их вероятностей. При этом фон Хорнер принимает, что $l_j < T - T_0$ для $j = 1, 2, 3, 4$ и $l_5 > (T - T_0)$. Поэтому его формула (без учета фактора повторяемости) имеет вид

$$N(T) = \frac{N_0}{T} \left[\sum_{j=1}^4 p_j l_j + p_5 (T - T_0) \right] = N_0 \frac{L_{эф}}{T}. \quad (11)$$

Здесь $L_{эф}$ — некоторая эффективная длительность коммуникативной фазы, имеющая тот же смысл, что и средняя длительность $\bar{L}_c$ в формуле Дрейка (при $p_5 = 0$ $L_{эф}$ в точности совпадает с $\bar{L}_c$).

Рис. 1. Зависимость числа цивилизаций от времени в схеме фон Хорнера (диаграмма Агреста)

Линия N_0 — рост числа подходящих звезд во времени; линии N_1, N_2 — рост числа цивилизаций; T_0 — время развития; l_1, l_2 — время жизни цивилизаций; t_0 — время жизни звезды на главной последовательности. При $T_0 < t < T_0 + l_1$ накопление числа цивилизаций происходит с той же скоростью, что и накопление подходящих звезд. При $t > T_0 + l_1$ рост числа цивилизаций прекращается. Для t , удовлетворяющего условию $T_0 + l_1 < t < T_0 + l_2$, $N_2(t) = R_0 t$, $N_2(t) = R_0 (t - T_0)$. При $t < t_0$ $N_0(t) = n_0(t)$



В схеме фон Хорнера применяется способ выборки (3). Фактор выборки, так же как у Брейсуэлла, принимается равным 1, а вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе согласно формуле (11) равна $L_{эф}/T$.

Формулу (11) можно преобразовать к виду (2). Для этого определим вероятность возникновения коммуникативной цивилизации в схеме Хорнера:

$$F_1 = n_c(T) / n_0(T) = (T - T_0) / T. \quad (12)$$

С учетом этого выражения (11) принимает вид

$$N(T) = N_0 F_1 \frac{L_{эф}}{T - T_0}. \quad (13)$$

Поскольку $L_{эф}$ имеет тот же смысл, что и $\bar{L}_c$ в формуле Дрейка, выражение (13) отличается от формулы Дрейка только тем, что в знаменателе вместо T стоит величина $T - T_0$. При $T_0 \ll T$ величиной T_0 в знаменателе можно пренебречь, при этом также $F_1 \approx 1$, и мы снова возвращаемся к исходной формуле (11).

Фон Хорнер ограничился рассмотрением весьма специального случая распределения T_0 и L_c . Более полный статистический анализ выполнен Крейфелдтом [8]. Он исходит из предположения, что каждая подходящая звезда характеризуется определенным временем развития, по истечении которого она переходит в коммуникативную фазу. Время развития T_0 и длительность коммуникативной фазы L_c — независимые случайные величины, задаваемые своими (вообще говоря, произвольными) законами распределения $P(T_0)$ и $P(L_c)$.

Для того чтобы звезда в возрасте x (x — время от образования звезды до рассматриваемого момента T) находилась в коммуникативной фазе, должны выполняться следующие условия:

$$T_0 \leq x, \quad T_0 + L_c \geq x. \quad (14)$$

Эти условия являются необходимыми и достаточными. Первое из них есть условие возникновения коммуникативной цивилизации, нарушение его приводит к тому, что в момент T звезда не успеет

вступить в коммуникативную фазу. Нарушение второго условия приводит к окончанию коммуникативной фазы до момента T . Условия (14) эквивалентны следующему ограничению на время развития T_0 :

$$x - L_c \leq T_0 \leq x. \quad (15)$$

Вероятность выполнения этого условия $\pi(x)$ равна

$$\pi(x) = \int_{-\infty}^{\infty} [C_{T_0}(x) - C_{T_0}(x - \lambda)] P_{L_c}(\lambda) d\lambda, \quad (16)$$

здесь $C_{T_0}(x)$ — вероятность того, что время развития T_0 не превышает x , т. е. вероятность выполнения первого из условий (14). Эта величина определяется выражением

$$C_{T_0}(x) = \int_{-\infty}^x P_{T_0}(\theta) d\theta. \quad (17)$$

Число звезд в возрасте от x до $x + dx$ равно

$$n_0(x) = R_0(T - x)dx. \quad (18)$$

Каждая из этих звезд с вероятностью $\pi(x)$ в момент T находится в коммуникативной фазе и с вероятностью $1 - \pi(x)$ не находится в коммуникативной фазе. Следовательно, число звезд, находящихся в коммуникативной фазе, $n(x, T)$ распределено по биномиальному закону с математическим ожиданием

$$M\{n(x, T)\} = \pi(x)n_0(x) = \pi(x)R_0(T - x)dx \quad (19)$$

и дисперсией

$$\sigma^2\{n(x, T)\} = \pi(x)[1 - \pi(x)]R_0(T - x)dx. \quad (20)$$

А общее распределение для всех звезд в возрасте от 0 до T , будучи суммой большого числа отдельных биномиальных распределений, является гауссовым с математическим ожиданием и дисперсией, которые определяются суммой соответствующих величин для отдельных биномиальных распределений. Таким образом, среднее число звезд $N(T)$, находящихся в момент T в коммуникативной фазе (или среднее число цивилизаций в коммуникативной фазе), равно

$$N(T) = \int_0^T R_0(T - x)\pi(x)dx, \quad (21)$$

а дисперсия этой оценки

$$\sigma^2(T) = N(T) - \int_0^T R_0(T - x)\pi^2(x)dx. \quad (22)$$

Формулы Крейфелдта дают полное статистическое описание случайной величины («число цивилизаций, находящихся в мо-

мент T в коммуникативной фазе»), определяя закон распределения этой величины, ее математическое ожидание и дисперсию. Кроме того, они не требуют предположения о постоянстве скорости звездообразования и позволяют учесть изменение темпов звездообразования со временем при определении величины $N(T)$.

Крейфелдт обращает внимание на то, что выражения для $\pi(x)$, $N(T)$ и $\sigma^2(T)$, содержащие свертку двух функций, представляют собой отклик на выходе линейной системы. Поэтому для вычисления этих величин можно применять стандартные вычислительные программы, разработанные для анализа таких систем. А аппарат теории линейных систем может использоваться для качественного анализа его формул.

Метод выборки Крейфелдта, так же как метод Брейсуэлла и фон Хорнера, относится к типу (3). При этом Крейфелдт также полагает, что у любой подходящей звезды со временем возникает коммуникативная цивилизация, т. е. фактор выборки принимается равным 1. При постоянной скорости звездообразования выражение (21) принимает вид

$$N(T) = R_0 \int_0^T \pi(x)dx = N_0 \frac{1}{T} \int_0^T \pi(x)dx. \quad (23)$$

Отсюда следует, что в общем случае вероятность застать цивилизацию в коммуникативной фазе

$$q_3 = \frac{1}{T} \int_0^T \pi(x)dx. \quad (24)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи.

1. $R_0 = \text{const}$; время развития T_0 имеет единственное значение; произвольное распределение для L_c . В этом случае

$$\begin{aligned} N(T) &= R_0 \left[\int_0^{T-T_0} \lambda P_{L_c}(\lambda) d\lambda + \int_{T-T_0}^T (T - T_0) P_{L_c}(\lambda) d\lambda \right] = \\ &= R_0 [\bar{L}_c + P_r(T - T_0)]. \end{aligned} \quad (25)$$

Это выражение представляет собой обобщение формулы фон Хорнера на случай произвольного распределения L_c . Подчеркнем, что характер распределения L_c для значений $L_c \leq T - T_0$ не влияет на величину $N(T)$, существенно только средняя величина $\bar{L}_c$ для этих значений. Разные распределения с одинаковым $\bar{L}_c$ дают один и тот же вклад в $N(T)$. Что касается значений $L_c > T - T_0$, то сами по себе эти значения не влияют на величину $N(T)$, существенно только их суммарная вероятность P_r . При $P_r = 0$ $N(T) = R_0 \bar{L}_c$.

2. Пусть теперь длительность коммуникативной фазы имеет единственное значение $L_c = L$; T_0 распределено произвольно (по-прежнему $R_0 = \text{const}$). Физически это означает, что область определения L_c много меньше, чем область определения T_0 . В этом

случае формула Крейфелдта дает

$$N(T) = R_0 \int_0^{T_0} [C_{T_0}(x) - C_{T_0}'(x - L)] dx. \quad (26)$$

В частности, если область определения T_0 ограничена сверху, то для значений $T > (T_0)_{\max} + L$

$$N(T) = R_0 L. \quad (27)$$

Интересные выводы получены Крейфелдтом относительно характера изменения числа цивилизаций со временем: 1) при постоянной скорости звездообразования функция $N(t)$ монотонно возрастает независимо от распределения L_c и T_0 ; 2) если $R_0(t)$ — периодическая функция времени, то $N(t)$ — также периодическая с тем же периодом, но, конечно, с другой амплитудой и фазой; 3) если $R_0(t)$ монотонно убывает (как предполагали, например, Хойл и Фаулер), то в зависимости от распределения L_c и T_0 возможны два различных варианта поведения $N(t)$: прохождение через максимум или монотонный рост; 4) наконец, если $R_0(t)$ имела максимум в прошлом, то возможны те же варианты поведения $N(t)$: прохождение через максимум или монотонный рост, причем в этом случае максимум кривой $N(t)$ вероятнее всего также был пройден в прошлом и в настоящее время $N(t)$ монотонно убывает.

Резюмируем приведенные выше формулы в табл. 1.

Таблица 1

Формулы для числа коммуникативных цивилизаций

Автор	$N(t)$	Тип вы- борки	Фактор выборки	Вероятность застать цивилизацию в ком- муникативной фазе
Моррисон	$N_0 F_L F_i F_c \bar{L}_c / \bar{\tau}_c$	(1)	$F_L F_i F_c$	$\bar{L}_c / \bar{\tau}_c$
Дрейк	$\bar{R}_0 f_L f_i f_c \bar{L}_c$	(2)	$f_L f_i f_c$	$\bar{L}_c / T$
Брейсуэлл	$N_0 \bar{L}_c / \bar{T}_0$	(3)	1	$\bar{L}_c / \bar{T}_0$
фон Хорнер	$R_0 [\bar{L}_c + P_r (T - T_0)]$	(3)	1	$\frac{\bar{L}_c + P_r (T - T_0)}{T}$
Крейфелдт	$R_0 \int_0^T \pi(x) dx^*$	(3)	1	$\frac{1}{T} \int_0^T \pi(x) dx^*$

* При постоянной скорости звездообразования.

ОБОБЩЕНИЕ ФОРМУЛЫ КРЕЙФЕЛДТА

Как уже отмечалось, схема Крейфелдта базируется на предположении, что каждая подходящая звезда неизбежно рано или поздно вступает в коммуникативную фазу. Другими словами, в формуле Крейфелдта вероятность того, что на данной подходящей звезде (со временем) возникает коммуникативная цивилизация, принимается равной единице, и при этом условии вычисляется вероятность того, что звезда в данный момент T находится в коммуникативной фазе. Подобная схема не является, конечно, достаточно общей и поэтому не может быть единственно возможной.

Процесс происхождения жизни, эволюции ее до высших разумных форм и образования коммуникативной цивилизации очень сложный. Многие авторы подчеркивают, что на этом пути возможны тупиковые ветви. Наличие их может привести к тому, что не на каждой подходящей планете обязательно возникает жизнь, не на каждой обитаемой планете эволюция приводит к появлению разумных существ и не каждое общество разумных существ образует коммуникативную цивилизацию. В результате сложного процесса развития, подверженного действию многих случайных факторов, жизнь на данной подходящей планете может возникнуть или не возникнуть; возникнув, она может эволюционировать до высших разумных форм или пойти по какому-то тупиковому пути и, наконец, общество разумных существ может создать или не создать коммуникативную цивилизацию. Поэтому в общем случае вероятность возникновения коммуникативной цивилизации у данной наугад взятой подходящей звезды не обязательно равна единице. Следовательно, метод Крейфелдта нуждается в обобщении.

Рассмотрим схему перехода подходящей звезды в коммуникативную фазу (рис. 2). Обозначим через A_0 класс подходящих звезд, A_L — класс «обитаемых» звезд, A_i — класс звезд, «населенных» разумными существами, A_c — класс звезд, у которых имеются коммуникативные цивилизации. Подходящие звезды в своем развитии могут (но не обязательно должны) проходить состояния A_L, A_i, A_c . Пусть при возникновении звезды класса A_0 с вероятностью $f_0 L$ возникает звезда A_{0L} , для которой переход в состояние A_L является разрешенным, и с вероятностью $1 - f_0 L$ возникает звезда класса $A_{0\bar{L}}$, для которой переход в состояние A_L запрещен (см. рис. 2, а).

Будем считать, что если переход является разрешенным, то он обязательно реализуется через определенное время. Поэтому звезда из подкласса A_{0L} спустя время T_{0L} переходит в состояние A_L ; при этом с вероятностью $f_L i$ образуется звезда A_{Li} , которая спустя время T_{Li} переходит в состояние A_i , и с вероятностью $1 - f_L i$ образуется звезда $A_{L\bar{i}}$, для которой переход в состояние A_i является запрещенным (тупиковый путь эволюции). Аналогичным образом при возникновении звезды класса A_i с вероятностью f_{ic} образуется звезда A_{ic} , которая спустя время T_{ic} переходит в состояние A_c , и с вероятностью $1 - f_{ic}$ возникает звезда $A_{i\bar{c}}$, для

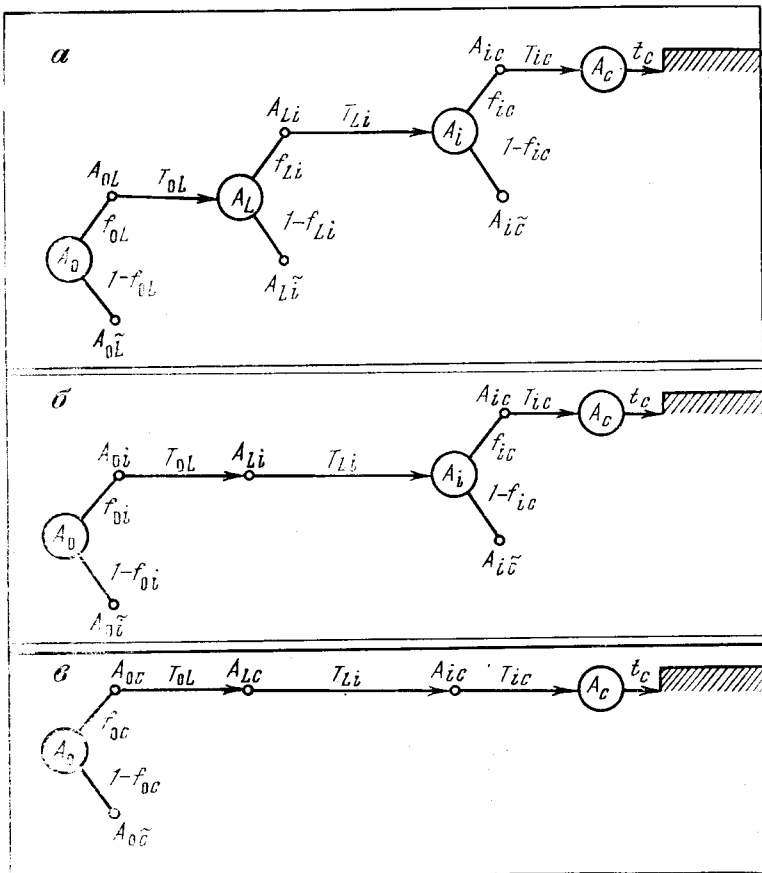


Рис. 2. Схема перехода подходящей звезды A_0 в коммуникативную фазу
Эта фаза отмечена штриховкой

которой переход в состояние A_c запрещен. Наконец, звезда A_c спустя время t_c переходит в коммуникативную фазу.

Вероятности f_{0L} , f_{Li} , f_{ic} будем трактовать в следующем смысле: f_{0L} — отношение числа звезд, образующихся в подклассе A_{0L} за некоторый промежуток времени Δt , к числу звезд, образующихся в классе A_0 за тот же промежуток времени; f_{Li} — отношение числа звезд, образующихся в подклассе A_{Li} , к числу звезд, образующихся в классе A_L ; f_{ic} — отношение числа звезд, образующихся в подклассе A_{ic} , к числу звезд, образующихся в классе A_i . Подобная трактовка соответствует частотному определению вероятности. Можно было бы трактовать эти вероятности в классическом (лапласовом) смысле как отношение числа негугниковых путей развития (приводящих к переходу в нужное состояние), или числа благоприятных исходов, к общему числу возможных путей развития. Однако это требует введения двух дополнительных, ничем не обосно-

ванных допущений: о конечном числе возможных путей развития и о равновероятности любого направления развития. Поэтому мы будем придерживаться приведенной выше частотной трактовки.

Отберем из объектов A_{0L} такие, которые переходят непосредственно в A_{Li} . Обозначим их A_{0i} . Это будет класс объектов, для которых разрешен переход из состояния A_0 в состояние A_i . Класс объектов $A_{0\tilde{i}}$, для которых этот переход является запрещенным, очевидно, состоит из объектов $A_{0\tilde{L}}$ и из тех объектов A_{0L} , которые переходят в $A_{\tilde{L}}$. Соответствующая сокращенная схема развития представлена на рис. 2, б. Вероятность f_{0i} образования объектов A_{0i} равна $f_{0i} = f_{0L}f_{Li}$, а вероятность образования объектов $A_{0\tilde{i}}$ равна $1 - f_{0L}f_{Li} = 1 - f_{0i}$. Аналогичным образом из объектов A_{0i} можно отобрать такие, которые переходят непосредственно в A_{ic} . Обозначим их A_{0c} . Это будет подкласс подходящих звезд, для которых разрешен переход в состояние A_c . Схема развития с образованием звезд A_{0c} изображена на рис. 2, в. Здесь $A_{0\tilde{c}}$ — подкласс подходящих звезд, для которых переход в состояние A_c является запрещенным. Он состоит из звезд $A_{0\tilde{i}}$ и из тех звезд A_{0i} , которые переходят в $A_{\tilde{i}}$. Вероятности образования звезд A_{0c} равна $f_{0c} = f_{0L}f_{Li}f_{ic}$, а вероятность образования звезд $A_{0\tilde{c}}$ равна $1 - f_{0c}$.

Для характеристики звезд A_{0c} введем формальный параметр, который будем называть *признаком коммуникативности*. Наличие этого признака у подходящей звезды зависит от случая. При отсутствии его образование коммуникативной цивилизации у данной звезды невозможно, соответствующий процесс является запрещенным. При наличии признака коммуникативности процесс становится разрешенным. Можно также сказать, что наличие признака коммуникативности в подходящем месте является необходимым и достаточным условием возникновения коммуникативной цивилизации.

Для простоты будем считать, что вероятность f_{jk} не зависит от времени. Тогда если R_0 — скорость образования подходящих звезд, то $R_{0f_{0L}}$ — скорость образования звезд в подклассе A_{0L} ; $R_{0f_{0L}f_{Li}} = R_{0f_{0i}}$ — скорость образования звезд в подклассе A_{0i} ; $R_{0f_{0L}f_{Li}f_{ic}} = R_{0f_{0c}}$ — скорость образования звезд в подклассе A_{0c} , т. е. звезд с признаком коммуникативности. (Но не скорость образования коммуникативных цивилизаций!) Определим скорость образования звезд в каждом из классов A_j ($j = L, i, c$):

$$R_j(t) = \int_0^t R_{0j}(y) P_{T_{0j}}(t-y) dy = f_{0j} \int_0^t R_0(y) P_{T_{0j}}(t-y) dy. \quad (28)$$

При условии $R_0 = \text{const}$

$$R_j(t) = R_{0f_{0j}} C_{T_{0j}}(t). \quad (29)$$

Здесь T_{0j} — время развития от образования подходящей звезды A_0 до перехода ее в состояние A_j ; $P_{T_{0j}}(t)$ — плотность распределе-

ния вероятностей времени развития для звезд A_{oj} . Поскольку $C_{T_{oj}}(t)$ заключено в пределах от 0 до 1, $R_j(t)$ удовлетворяет условию

$$0 \leq R_j(t) \leq R_{oj}. \quad (30)$$

Описанная схема позволяет уточнить процедуру выбора, рассмотренную ранее. В формулах Дрейка и Моррисона способ выборки состоит в следующем: из всех подходящих звезд A_0 выбираются звезды A_L , затем из них отбираются звезды A_i и, наконец, из последних — звезды A_c . При этом вероятности, входящие в формулу Дрейка, определяются выражением (8), а соответствующие им относительные доли звезд в формуле Моррисона равны

$$F_L = N_L(T)/N_0(T); \quad F_i = N_i(T)/N_L(T); \quad F_c = N_c(T)/N_i(T). \quad (31)$$

В отличие от этого третий тип выборки состоит в том, что из звезд A_0 отбираются звезды A_{0L} , которые переходят в A_L ; из них отбираются звезды A_{Li} , переходящие в A_i , и, наконец, из последних выбираются A_{ic} , которые переходят в A_c . Таким образом, в общем случае фактор выборки

$$F_3 = f_{0L} f_{Li} f_{ic}, \quad (32)$$

а его составляющие определяются выражениями

$$f_{0L} = n_{0L}(T)/n_0(T); \quad f_{Li} = n_{Li}(T)/n_L(T); \quad f_{ic} = n_{ic}(T)/n_i(T). \quad (33)$$

При этом для каждого из классов A_j ($j = L, i, c$)

$$n_j(T) = \int_0^T R_j(t) dt = \int_0^T R_{oj}(T-x) C_{T_{oj}}(x) dx, \quad (34)$$

$$N_j(T) = \int_0^T R_{oj}(T-x) \pi_j(x) dx, \quad (35)$$

где

$$\pi_j(x) = \int_{-\infty}^{\infty} P_{\tau_j}(u) [C_{T_{oj}}(x) - C_{T_{oj}}(x-u)] du, \quad (36)$$

$P_{\tau_j}(u)$ — плотность распределения вероятности для времени жизни звезды в состоянии A_j , а $C_{T_{oj}}(x)$ относится к звездам A_{oj} .

Так, для коммуникативных цивилизаций имеем

$$\begin{aligned} n_c(T) &= \int_0^T R_c(t) dt = \int_0^T R_{oc}(T-x) C_{T_{oc}}(x) dx = \\ &= f_{oc} \int_0^T R_0(T-x) C_{T_{oc}}(x) dx. \end{aligned} \quad (37)$$

Вероятность возникновения коммуникативной цивилизации

$$F_D = \int_0^T R_{oc}(T-x) C_{T_{oc}}(x) dx \left[\int_0^T R_0(T-x) dx \right]^{-1}. \quad (38)$$

Число цивилизаций, находящихся в момент T в коммуникативной фазе:

$$N(T) = \int_0^T R_{oc}(T-x) \pi'(x) dx = f_{oc} \int_0^T R_0(T-x) \pi'(x) dx. \quad (39)$$

Эти выражения совершенно аналогичны соответствующим выражениям в схеме Крейфелдта. В частности, формула (39) аналогична формуле Крейфелдта (21), причем $\pi'(x)$ определяется выражениями (16) и (17), где вероятность $P_{T_0}(\theta)$ относится к звездам A_{oc} .

При постоянной скорости звездообразования

$$F_D = \frac{f_{oc}}{T} \int_0^T C_{T_{oc}}(x) dx, \quad (40)$$

$$N(T) = R_0 f_{oc} \int_0^T \pi'(x) dx. \quad (41)$$

Конечно, число цивилизаций зависит от вероятности их возникновения, однако эта зависимость не всегда выражается в явном виде, т. е. формулу для числа цивилизаций не всегда целесообразно приводить к виду (2).

В рассмотренных выше предельных случаях Крейфелдта интеграл в выражении (41) равен средней продолжительности коммуникативной фазы $\bar{T}_c$, следовательно, $N(T) = R_0 f_{oc} \bar{T}_c$. По структуре это выражение аналогично формуле Дрейка (7), однако факторы выборки в этих формулах имеют разный смысл.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРА ВЫБОРКИ f_{oc}

В предыдущем разделе вероятность f_{oc} была введена чисто формально как вероятность того, что подходящая звезда обладает неким признаком коммуникативности, разрешающим ее переход в коммуникативную фазу. Попробуем конкретизировать это понятие.

Прежде всего необходимо сформулировать условия, запрещающие переход подходящей звезды в коммуникативную фазу. Очевидно, это условие можно записать в виде $T_0 > \tau_0$, т. е. время T_0 , которое требуется для перехода подходящей звезды в коммуникативную фазу, превышает время жизни звезды на главной последовательности. (Если у данной подходящей звезды процесс развития пошел по «тупиковому» пути, который не ведет к возникновению коммуникативной цивилизации, то в этом случае можно формально положить $T_0 = \infty$, так что сформулированное условие, запрещающее переход подходящей звезды в коммуникативную фазу, остается в силе.) При противоположном знаке неравенства переход является разрешенным. Можно также сказать, что наличие признака коммуникативности состоит в том, что звезда имеет время развития $T_0 < \tau_0$. Вероятность выполнения этого условия и определяет искомый фактор f_{oc} . Если для всех подходящих

звезд данное условие выполнено, значит, каждая подходящая звезда обладает признаком коммуникативности, $f_{0c} = 1$ (схема Крейфелдта). В общем случае условие $T_0 < \tau_0$ выполняется не для всех подходящих звезд, $f_{0c} < 1$.

Будем считать, что время развития T_0 , время жизни звезды на главной последовательности τ_0 и длительность коммуникативной фазы L_c — независимые случайные величины, задаваемые распределениями $P_{T_0}(\theta)$, $P_{\tau_0}(u)$, $P_{L_c}(\lambda)$.

Для того чтобы подходящая звезда в момент T находилась в коммуникативной фазе, должны выполняться условия: $T_0 < \tau_0$, $T_0 \leq x$, $T_0 \geq x - L_c$. Эти условия являются необходимыми и достаточными. Первое из них, как уже отмечалось, означает, что данная подходящая звезда обладает признаком коммуникативности; два других — условия нахождения ее в коммуникативной фазе. Эти последние совпадают с условиями Крейфелдта (14).

Указанные условия можно свести к двум следующим неравенствам:

$$T_0 < \tau_0, \quad x - L_c \leq T_0 \leq x. \quad (42)$$

Вероятность выполнения первого из них

$$P(1) \equiv f_{0c} = \int_{-\infty}^{\infty} P_{\tau_0}(u) C_{T_0}(u) du. \quad (43)$$

Вероятность выполнения второго условия, которое совпадает с (15), равна $\pi(x)$. Вероятность выполнения обоих неравенств (42)

$$\Pi(x) = P(1) P_1(2) = f_{0c} \pi_1(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \pi_1(x) P_{\tau_0}(u) C_{T_0}(u) du, \quad (44)$$

где $\pi_1(x)$ — условная вероятность выполнения второго неравенства (42) при условии, что первое неравенство выполнено:

$$\pi_1(x) = \int_{-\infty}^{\infty} P_{L_c}(\lambda) [C_{1T_0}(x) - C_{1T_0}(x - \lambda)] d\lambda, \quad (45)$$

$$C_{1T_0}(x) = \int_{-\infty}^x P_{1T_0}(\theta) d\theta, \quad (46)$$

$P_{1T_0}(\theta)$ — условная вероятность того, что для подходящей звезды $T_0 = \theta$ при условии $T_0 < \tau_0$.

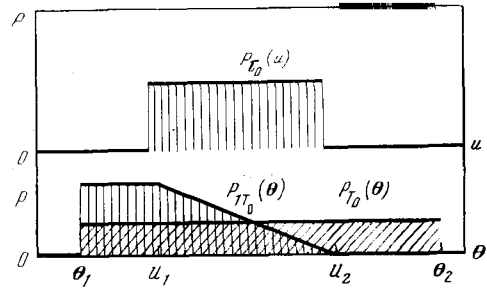
Заметим, что если функции распределения $P_{\tau_0}(u)$, $P_{T_0}(\theta)$ меняются во времени (например, в ходе образования подходящих звезд), то f_{0c} также есть функция времени. Будем, однако, по-прежнему считать в соответствии с ранее сделанным предположением, что $f_{0c} = \text{const}$.

Число цивилизаций, находящихся в момент T в коммуникативной фазе, равно

$$N(T) = \int_0^T R_0(T-x) \Pi(x) dx = f_{0c} \int_0^T R_0(T-x) \pi_1(x) dx. \quad (47)$$

Рис. 3. Функции распределения вероятности времени жизни и времени развития подходящих звезд

$P_{\tau_0}(u)$ — плотность вероятности для времени жизни подходящих звезд;
 $P_{T_0}(\theta)$ — плотность вероятности для времени развития подходящих звезд;
 $P_{1T_0}(\theta)$ — плотность условных вероятностей для времени развития подходящих звезд при условии $T_0 < \tau_0$.
 Площади под всеми «кривыми» одинаковы



В отличие от (39), куда входят безусловные вероятности для звезд с признаком коммуникативности, в выражение (47) входят равные им условные вероятности для подходящих звезд, которые могут быть вычислены, если распределения τ_0 и T_0 для этих звезд известны. На рис. 3 в качестве иллюстрации приведено распределение условных вероятностей $P_{1T_0}(\theta)$ при равномерном распределении τ_0 и T_0 .

Для количественной оценки фактора f_{0c} положим, что к числу подходящих звезд относятся звезды спектральных классов F5—K5, для которых время жизни на главной последовательности составляет от 6 до 70 млрд. лет. В этой области распределение звезд по спектральным классам меняется мало, медленно возрастая в сторону более поздних классов. Это медленно меняющееся распределение можно аппроксимировать равномерным распределением с граничными значениями $u_1 = 6 \cdot 10^9$ лет, $u_2 = 70 \cdot 10^9$ лет, полагая вероятности равными нулю за пределами рассматриваемого интервала, так как соответствующие звезды не относятся к числу подходящих. Если бы распределение T_0 также было известно, то фактор f_{0c} можно было бы вычислить с помощью выражения (43). Трудность состоит в том, что мы не знаем истинного распределения T_0 . Однако, опираясь на известное нам значение T_0 для Солнечной системы, можно оценить вероятность того или иного распределения и получить статистическую оценку f_{0c} , удовлетворяющую определенному уровню значимости. Пример применения подобного метода будет рассмотрен в следующем разделе.

ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ; ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ВРЕМЕНИ.

СУБЪЕКТИВНАЯ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКИ

Предпринимались неоднократные попытки дать более или менее правдоподобную оценку фактора выборки F_D , входящего в формулу (7), или отдельных его компонентов f_j ($j = L, i, c$). В 1965 г. Ф. А. Цицин [14] подчеркнул, что вопрос о величине этого фактора в абстрактной постановке лишен всякого смысла: поскольку речь идет о реализации процесса, вероятность реализации должна зависеть от времени. Подобная же мысль высказывалась на

Бюраканской конференции SETI. При этом подчеркивалось, что вместо рассмотрения вероятностей f_j можно рассматривать соответствующее время развития T_{0j} [15—17]. Причем для возникновения коммуникативной цивилизации на данной планете время развития не должно превышать возраст планеты, оно во всяком случае не может быть больше, чем 10^{10} лет (предполагаемый возраст Галактики). Ранее на это обращал внимание А. А. Нейфах [18].

Статистический метод, развитый Крейфелдтом, позволяет получить зависимость вероятности от времени в явном виде. Согласно формулам (38) и (40) можно записать

$$F_D = f_{oc} F(T); \quad (48)$$

здесь f_{oc} — вероятность возникновения звезды, обладающей признаком коммуникативности, а $F(T)$ — вероятность того, что такая звезда к моменту T перейдет в коммуникативную фазу. Временной фактор определяется выражением

$$F(T) = \int_0^T R_0(T-x) C_{T_{oc}}(x) dx \int_0^T R_0(T-x) dx. \quad (49)$$

При постоянной скорости звездообразования он равен

$$F(T) = \frac{1}{T} \int_0^T C_{T_{oc}}(x) dx = \frac{1}{T} \int_0^T C_{1T_0}(x) dx. \quad (50)$$

Как видно, временной фактор зависит от функции распределения вероятностей времени развития T_{oc} для звезд класса A_{oc} или от распределения условных вероятностей времени развития подходящих звезд A_0 . Аналогичную структуру имеет каждая из вероятностей f_j .

Если каждая подходящая звезда обладает признаком коммуникативности, т. е. по истечении определенного времени переходит в коммуникативную фазу (схемы Крейфелдта, фон Хорнера, Брейсуэлла), то $f_{oc} = 1$ и $F_D = F(T)$: фактор выборки Дрейка определяется только временным множителем. В общем случае надо использовать выражение (48); при этом для достаточно больших T $F(T) \simeq 1$, $F_D \simeq f_{oc}$, т. е. вероятность возникновения коммуникативной цивилизации совпадает с вероятностью образования звезды A_{oc} .

Для иллюстрации рассмотрим равномерное распределение времени развития T_0 . Распределение времени жизни τ_0 для подходящих звезд в соответствии с соображениями, приведенными в предыдущем разделе, тоже принимается равномерным (с граничными параметрами $6 \cdot 10^9$ и $70 \cdot 10^9$ лет). Распределение условных вероятностей качественно показано на рис. 3. На рис. 4, а для различных параметров (θ_1, θ_2) равномерного распределения T_0 приводится функция $F(t)$, а на рис. 4, б для тех же распределений — полная вероятность F_D .

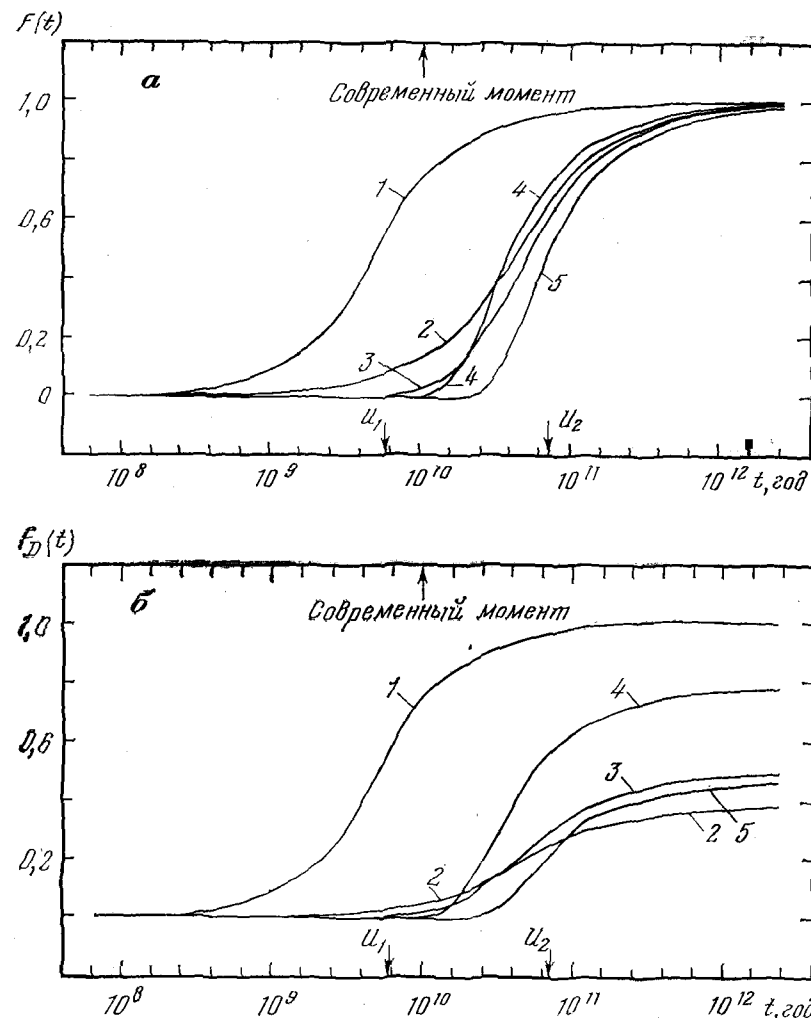


Рис. 4. Временной фактор (а) и полная вероятность возникновения коммуникативной цивилизации (б) для различных параметров (θ_1, θ_2) равномерного распределения времени развития T_0 .

Значения θ_1, θ_2 в млрд. лет: 1 — $\theta_1 = 0,1, \theta_2 = 5$; 2 — $\theta_1 = 0,1, \theta_2 = 100$; 3 — $\theta_1 = 6, \theta_2 = 70$; 4 — $\theta_1 = 10, \theta_2 = 30$; 5 — $\theta_1 \simeq 20, \theta_2 \simeq 60$. Время t выражено в годах от начала образования звезд; τ_0 принято [равномерным с граничными значениями $u_1 = 6 \cdot 10^9$ лет, $u_2 = 7 \cdot 10^{10}$ лет]

Для оценки числа цивилизаций представляет интерес значение этого фактора в современный момент времени $T = 10^{10}$ лет. Эта величина для различных равномерных распределений приведена в табл. 2.

Как можно видеть из этой таблицы, даже для тех распределений, которые имеют граничное значение $\theta_2 = 100$ млрд. лет (или

Таблица 2

Вероятность возникновения коммуникативной цивилизации
(при равномерном распределении времени развития T_0)

Номер	Распределение		Вероятность возникновения цивилизации			$P(T_0 \leq x_0)$
	θ_1 , млрд. лет	θ_2 , млрд. лет	$F(T)$	f_{oc}	F_D	
1	0,1	1	0,945	1	0,945	1
2	0,1	2	0,895	1	0,895	1
3	0,1	3	0,845	1	0,845	1
4	0,1	4	0,795	1	0,795	1
5	0,1	5	0,745	1	0,745	1
6	0,1	6	0,695	1	0,695	0,831
7	0,1	70	0,129	0,542	0,070	0,070
8	0,1	80	0,129	0,474	0,061	0,061
9	0,1	100	0,129	0,379	0,049	0,049
10	1,0	100	0,109	0,373	0,041	0,040
11	2,0	100	0,088	0,367	0,032	0,031
12	3,0	100	0,070	0,361	0,025	0,021
13	4,0	100	0,052	0,354	0,018	0,010
14	4,2	100	0,049	0,353	0,017	0,008
15	4,4	100	0,046	0,351	0,016	0,006
16	4,6	100	0,043	0,350	0,015	0,004
17	4,8	100	0,040	0,349	0,014	0,002
18	4,9	100	0,038	0,348	0,013	0,001
19	5,0	100	0,037	0,347	0,013	0
20	6,0	100	0,024	0,340	0,008	0
21	6	70	0,024	0,500	0,012	0
22	6	60	0,025	0,578	0,014	0
23	6	50	0,027	0,656	0,018	0
24	6	40	0,031	0,734	0,023	0
25	6	30	0,040	0,812	0,032	0
26	6	20	0,063	0,891	0,056	0
27	6	10	0,202	0,969	0,196	0
28	6	8	0,300	0,984	0,296	0
29	8	8	0,200	0,969	0,194	0
30	6	6	0,400	1	0,400	0
31	4	4	0,600	1	0,600	1

среднее значение времени развития порядка 50 млрд. лет), вероятность возникновения коммуникативной цивилизации F_D не ниже 0,01. Таким образом, при статистическом рассмотрении величина 10^{10} лет не является критичной для среднего времени развития. Все зависит от характера распределения T_0 . Если распределение таково, что заметная доля звезд имеет время развития $T_0 < 10^{10}$ лет, то и вероятность возникновения цивилизаций не будет слишком мала.

Рассмотрим теперь метод статистической оценки фактора F_D и его составляющих f_{oc} и $F(T)$. В последнем столбце табл. 2 для каждого из рассмотренных распределений приводится вероятность того, что время развития не превышает возраст Солнечной системы (принятый равным $x_0 = 5$ млрд. лет). Нарушение этого условия сделало бы невозможным возникновение цивилизации на Земле. Мы можем поэтому принять данную вероятность за меру статистической значимости при оценке того или иного распределения. Предположим, что $\theta_1 = 0,1$, $\theta_2 = 70$ (в млрд. лет). Пусть это будет наша нулевая гипотеза (в том смысле, как этот термин употребляется в математической статистике). При этом вероятность того, что $T_0 \leq 5$ млрд. лет (вероятность возникновения коммуникативной цивилизации в Солнечной системе), равна 0,07, т. е. в этом случае реализовалось событие, априорная вероятность которого составляла всего 7%. Пусть теперь $\theta_1 = 4$, $\theta_2 = 100$, в этом случае $P(T_0 \leq x_0) = 0,01$, т. е. реализовалось гораздо более редкое событие, априорная вероятность которого составляет 1%. Заданная теперь определенным уровнем значимости, скажем 5%-ным. При $\theta_1 = 0,1$, $\theta_2 = 70$ имеет место событие, вероятность которого выше заданного уровня значимости. Следовательно, нулевая гипотеза при этом уровне значимости принимается. Если $\theta_1 = 4$, $\theta_2 = 100$, то имеет место событие, априорная вероятность которого ниже заданного уровня значимости, — нулевая гипотеза отвергается. Как видно из табл. 2, при выбранном уровне значимости (5%) нулевая гипотеза может быть принята для всех распределений с номерами 1—9. Соответствующие значения f_{oc} заключены в пределах от 1 до 0,38, а значения F_D — в пределах от 0,94 до 0,05. Для более низкого уровня значимости 0,004 допустимыми являются значения f_{oc} в пределах от 1 до 0,35 и значения F_D в пределах от 0,94 до 0,015. Значения $f_{oc} < 0,35$ и $F_D < 0,015$ отвергаются при этом уровне значимости, так как любое из этих значений может иметь место лишь при условии, что в Солнечной системе реализовалось событие, априорная вероятность которого ниже принятого уровня значимости. В этом смысле распределения с номерами 19—30 вообще невозможны, так как при этих распределениях не могла бы возникнуть цивилизация на Земле. Распределения с номерами 1—18 являются допустимыми при том или ином уровне значимости. Как можно видеть, для всех этих распределений и вообще для всех равномерных распределений (с граничными значениями θ_2 , не превышающими 100 млрд. лет), для которых $P(T_0 \leq x_0) \neq 0$, величина F_D не меньше, чем 0,01, а величина f_{oc} не меньше, чем 0,347. Последнее связано с достаточно широким распределением τ_0 (6—70 млрд. лет), благодаря чему заметная доля звезд при различных распределениях T_0 удовлетворяет условиям $T_0 < \tau_0$.

Отметим, что для распределений с номерами 13—18 величина факторов f_{oc} и F_D уменьшается сравнительно медленно, в то время как уровень значимости, определяемый вероятностью $P(T_0 \leq x_0)$, падает очень быстро. В промежутке от $\theta_1 = 4,9$ до $\theta_1 = 5,0$

значения f_{0c} и F_D практически не меняются, а уровень значимости падает до нуля.

Рассмотренный пример иллюстрирует метод статистической оценки вероятностей Дрейка. Аналогичным образом можно оценить эти вероятности для любого другого распределения времени развития T_0 при любом заданном уровне значимости. Полученные оценки будут справедливы лишь с определенной степенью вероятности, как и всякие статистические оценки, но они не будут субъективными.

Термин «субъективная вероятность» применительно к вероятности Дрейка был введен Саганом на Бюраканской конференции SETI [19] и затем широко использовался как на самой конференции, так и в последующих дискуссиях. Анализ этого понятия был дан Файном [20], на работу которого Саган и опирался. Обсуждение этого вопроса содержится также в работе [21]. На наш взгляд, не следует смешивать вопрос о субъективности, свойственный понятию вероятности вообще, и вопрос о субъективности, возникающий при использовании вероятностных методов в проблеме SETI в связи со спецификой самой проблемы. Для определения вероятностей Дрейка часто использовался метод экспертных оценок (метод правдоподобия мнения). Полученные таким методом оценки будут, конечно, субъективными, однако это вовсе не означает, что субъективность внутренне присуща самим вероятностям Дрейка. Следует отличать вопрос о природе вероятностей и о методах их оценки. На наш взгляд, вероятности Дрейка, как они определены, например, в настоящей работе, не являются субъективными по природе. (Субъективность может быть свойственна им лишь в той мере, в какой она, согласно Файну, присуща частотной интерпретации вероятности вообще; но это уже общая проблема определения вероятности, а не проблема применения ее к задачам SETI.) Что касается методов оценки, то здесь наряду с использовавшимся ранее методом правдоподобия мнения может применяться и рассмотренный выше метод статистической оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулируем основные выводы.

Число цивилизаций, находящихся в данный момент T в коммуникативной фазе, вообще говоря, является случайной величиной. Среднее значение $N(T)$ этой случайной величины определяется распределениями времени жизни подходящих звезд τ_0 , времени развития T_0 и длительности коммуникативной фазы L_c . В общем случае $N(T)$ определяется выражениями (39) или (47).

Вероятность возникновения коммуникативной цивилизации, или фактор выборки Дрейка F_D , равен произведению вероятности f_{0c} того, что рассматриваемая подходящая звезда обладает признаком коммуникативности (т. е. для нее разрешен переход в коммуникативную фазу), на вероятность $F(T)$ того, что у такой звезды к моменту T возникнет коммуникативная цивилизация.

она зависит от распределения λ_0 и τ_0 . — Временной фактор $F(T)$ есть вероятность выполнения условия $T_0 \leq x$ (для звезд с признаками коммуникативности, x — возраст звезды). Он зависит от распределения условных вероятностей для T_0 при условии $T_0 < \tau_0$, т. е. в конечном счете также определяется распределениями T_0 и τ_0 . При заданных распределениях он является функцией времени. В общем случае этот фактор определяется выражением (49). Для достаточно больших T $F(T) \simeq 1$, $F_D \simeq f_{0c}$.

Зная возраст Солнечной системы $x_\odot$ и пользуясь условием $T_0 < x_\odot$ (условие возникновения коммуникативной цивилизации на Земле), можно получить статистическую оценку величин f_{0c} , $F(T)$, F_D , удовлетворяющую заданному уровню значимости. Этот уровень определяется вероятностью выполнения условия $T_0 < x_\odot$ для принятых параметров распределения T_0 (см. табл. 2). Статистическая оценка справедлива лишь с определенной степенью вероятности, но в отличие от экспертных оценок ее нельзя считать субъективной.

Полученные на основе этой методики оценки будут тем точнее и тем обоснованнее, чем лучше мы будем знать истинный характер распределения T_0 . Поэтому представляют интерес исследования, которые могут внести какую-то ясность в этот вопрос.

При статистическом подходе условие: среднее время развития меньше 10^{10} лет — не является критичным для существования коммуникативных цивилизаций в Галактике. Все зависит от характера распределения T_0 . Возможны распределения, для которых среднее время развития значительно превышает 10^{10} лет, тем не менее заметная доля подходящих звезд будет иметь коммуникативные цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bracewell R. N. Communications from superior galactic communities. — Nature, 1960, 186, p. 670—671.
2. Drake F. D. Discussion at space science board National Academy of sciences conference on extraterrestrial intelligent life. Green Bank, USA, 1961, Nov. См. также: Pearman J. P. T. — In: Interstellar Communication / Ed. by A. G. W. Cameron. New York; Amsterdam: W. A. Benjamin Inc., 1963, p. 283—293.
3. Shklovskii I. S., Sagan C. Intelligent life in the Universe. San Francisco; London; Amsterdam: Holden Day Inc., 1966, p. 409.
4. Communication with extraterrestrial intelligence (CETI) / Ed. by C. Sagan. Cambridge (Mass.); London: MIT Press, 1973. (См. рус. пер.: Проблема CETI (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975).
5. Morrison Ph. Lecture at the Institute for Space Studies. N. Y., 1961, Dec. 14.
6. Cameron A. G. W. Future research on interstellar communication. — In: Interstellar communication. New York; Amsterdam: W. A. Benjamin Inc., 1963, p. 309—315.
7. Hoerner S. von. The search for signals from other civilizations. — Science, 1961, 134, p. 1839.
8. Kreifeldt J. G. A formulation for the number of communicative civilizations in the Galaxy. — Icarus, 1971, 14, p. 419—430.

9. *Oliver B. M.* Proximity of Galactic civilizations.— *Icarus*, 1975, 25, p. 360—367.
10. *Пановкин Б. Н.* Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями.— В кн.: *Философские проблемы астрономии XX века*. М.: Наука, 1976, с. 240—265.
11. *Опарин А. И., Фесенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
12. *Shapley H.* Star and Man. London: Elek Books, 1958.
13. *Dole S. N.* Habitable planets for man. N. Y.: Amer. Elsevier Publ. Comp. Inc., 1970. (См. рус. пер.: *Доул С.* Планеты для людей. М.: Мир, 1974.)
14. *Цицин Ф. А.* Космос и разумные существа.— *Природа*, 1965, № 11, с. 94—101.
15. *Крик Ф.* — В кн.: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 60; 91, 105.
16. *Моррисон Ф.* — Там же, с. 95.
17. *Платт Дж.* — Там же, с. 115—120.
18. *Нэйфак А. А.* Выступление в дискуссии: Много ли обитаемых миров? — *Природа*, 1963, № 12, с. 80—88.
19. *Сазан К.* — В кн.: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 12—13.
20. *Файн Т.* Природа вероятностных утверждений в дискуссиях о распространении внеземного разума.— Там же, с. 324—327.
21. *Гиндилис Л. М., Пановкин Б. Н.* Методология оценки числа внеземных цивилизаций.— В кн.: *Астрономия, методология, мировоззрение*. М.: Наука, 1979.

УДК 523.07

Л. М. Мухин

«ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ» В ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

В свое время Х. Шепли, упоминая об ограниченности наших знаний о Вселенной, сформулировал три основных вопроса, на которые человечеству предстоит дать ответ. Что такое Вселенная? Как она устроена? Почему она существует? Х. Шепли сказал, что первый вопрос представляется самым простым и на него можно дать «бойкий», хотя и неполный ответ. Относительно второго вопроса также можно кое-что сказать. А вот по третьему вопросу «...мы можем лишь воскликнуть: один Бог знает!» Поставим те же вопросы применительно к жизни и сразу же увидим, что сейчас мы не можем дать полного ответа ни на один из них.

Основным содержанием современной теории происхождения жизни является принцип непрерывности, согласно которому каждый этап в эволюции живого — логическое следствие предыдущего. Этапы эволюции жизни можно представить следующей последовательностью: 1) стартовые соединения (CH_4 , H_2O , NH_3 , CO и др.); 2) биологические мономеры (аминокислоты, азотистые основания и др.); 3) биополимеры; 4) доклеточная организация; 5) клетка.

Дальнейший ход эволюции представляется более или менее очевидным в рамках современных данных молекулярной генетики и принципа дарвиновского отбора.

Наибольшие трудности вызывает объяснение этапов, связанных с реконструкцией условий, существовавших на примитивной Земле, и возникновением регулируемого механизма матричного копирования.

Остановимся подробнее на этих вопросах. Есть веские основания считать, что химической основой жизни во Вселенной являются так называемые абсолютные органогены, т. е. атомы водорода, кислорода, углерода, азота, серы, фосфора (принцип «водоуглеродного шовинизма»). Из этого принципа немедленно вытекают достаточно жесткие температурные (главным образом по верхнему пределу) ограничения для существования живых систем. Поэтому, рассматривая ранние стадии эволюции Земли, необходимо основное внимание обратить на температурные характеристики поверхности планеты. Отсутствие необратимого парникового эффекта на Земле свидетельствует о том, что Земля в своем развитии не проходила стадий глобальной сильного разогрева. Это очень важно, поскольку при повышенных температурах преобладают процессы деструкции (разрушения).

Принято считать, что определяющим фактором в процессах предбиологической эволюции на Земле является химический состав атмосферы. Синтезированные из атмосферных газов соединения попадали в океан, образуя так называемый питательный бульон. Существуют два обстоятельства, заставляющие критически относиться к подобной точке зрения.

Первое из этих обстоятельств заключается в том, что очень немногое известно о химическом составе атмосферы примитивной Земли. Весьма противоречивы данные о содержании в атмосфере таких принципиальных компонентов, как метан и аммиак. Большое число наблюдательных фактов свидетельствует о том, что атмосфера Земли никогда не содержала значительных количеств этих газов, являющихся основными источниками для синтеза сложной органики.

Второе обстоятельство заключается в том, что при учете процессов гидролиза синильной кислоты в примитивном океане и фотохимической деструкции аминокислот в атмосфере и океане получаются экстремально низкие концентрации «первичного бульона» (некоторые авторы дают оценки 10^{-22} моль по глицину).

Таким образом, с необходимостью мы должны рассматривать локальные неравновесные процессы синтеза. Только в существенно неравновесных условиях могли образоваться достаточно высокие концентрации органических молекул.

Больше всего этим условиям отвечают районы подводного вулканизма и гидротермальных проявлений, где наблюдаются значительные градиенты температуры, давления и химических потенциалов. Можно считать, что в настоящее время эта модель получила хорошие экспериментальные подтверждения и в известной мере может объяснить ряд этапов предбиологической эволюции. Однако общая обстановка на примитивной Земле $3,5 \cdot 10^9$ лет тому назад остается неясной, и это, безусловно, создает известные труд-

ности в проблеме происхождения жизни. При рассмотрении стадии перехода к возникновению динамической организации (собственно живых систем) приходится сталкиваться с задачами, многие из которых в настоящее время кажутся трудноразрешимыми.

В качестве примера рассмотрим процесс матричного синтеза белков, который является характерным для всех живых систем на Земле.

На основании большого числа опытных данных можно считать твердо установленным, что план построения клеточных белков хранится в молекуле ДНК, хотя сама ДНК непосредственно не определяет аминокислотной последовательности белков. Молекула ДНК является согласно современным представлениям лишь закодированной инструкцией.

Поскольку в белки входят 20 обязательных аминокислот, то язык белка состоит из 20 «букв», а язык ДНК, как известно, лишь из четырех «букв-оснований». Поэтому каждая аминокислота кодируется триплетом оснований, поскольку дуплет способен закодировать только $4^2 = 16$ аминокислот, а триплет создает некоторую избыточность ($4^3 = 64$).

Последовательность оснований некоторого участка ДНК, на котором записан нуклеотидным языком порядок аминокислот какого-либо белка, служит матрицей для синтеза молекул одноцепочечной рибонуклеиновой кислоты (РНК). Этот процесс называется транскрипцией, и поскольку он в принципе сходен с образованием реплики ДНК, то последовательность оснований в синтезируемой РНК комплементарна (с заменой тимина на урацил) последовательности оснований участка ДНК, на котором произошел синтез РНК.

В результате этого процесса образуется так называемая матричная, или информационная, РНК (м РНК). Матричная потому, что на ней, как мы увидим дальше, синтезируется белок, а информационная потому, что она несет информацию относительно аминокислотной последовательности синтезируемого белка. Особо отметим, что синтез РНК идет в присутствии фермента РНК-полимеразы.

Следующим этапом является перенос РНК на рибосомы — клеточные органеллы в цитоплазме клетки, где непосредственно происходит образование белков. На этом последнем этапе происходит поразительно сложный процесс, называемый трансляцией, — построение белковой молекулы.

В начале этого процесса аминокислоты при помощи специальных ферментов-синтезав переводятся в высокореакционную форму аденилатов, происходит так называемое активирование. После этого опять-таки при участии ферментов каждый аденилат аминокислоты соединяется с молекулой специфической для нее транспортной рибонуклеиновой кислоты (т РНК).

Мы помним, что м РНК разместились к этому времени на рибосомах. Молекулы т РНК по своему молекулярному весу значительно меньше молекул м РНК. Молекулярный вес м РНК $\approx 10^6$, в то время как молекулярный вес всего т РНК $\approx 10^4$.

В клетке существует более 20 типов т РНК, т. е. несколько типов т РНК могут соответствовать одной и той же аминокислоте. В одном из участков цепи т РНК расположен антикодон, т. е. группа из трех оснований, узнающая кодон (соответствующие три основания) на м РНК. Во время синтеза белка рибосома кодон м РНК и антикодон т РНК, нагруженной аминокислотой, объединяются. Рядом с этим комплексом на м РНК располагается другой комплекс — т РНК-аминокислота и происходит реакция поликонденсации аминокислот при участии ферментов. Две аминокислоты остаются связанными через карбоксильную группу со второй молекулой т РНК, первая молекула т РНК покидает рибосому, а сама рибосома сдвигается на один шаг по молекуле м РНК, и после этого с образовавшимся комплексом дипептид — т РНК комплексируется следующая т РНК с аминокислотой (образуется трипептид) и т. д.

Различают три уровня специфичности, определяющей последовательность аминокислот в белке.

Первый уровень кодирования — последовательность оснований в молекуле ДНК (или РНК) — определяет последовательность аминокислот в белке.

Поскольку синтез белка происходит не на ДНК, этот код необходимо расшифровать и клетка должна иметь информацию о том, как его расшифровать. Это происходит в процессе трансляции, и здесь следует обратить особенное внимание на наличие ацилирующих ферментов, способных «выбирать» из смеси определенную аминокислоту для присоединения к соответствующей м РНК. Но структура этого фермента в свою очередь определяется (как и структура любого белка) последовательностью оснований на некотором участке ДНК. Это второй уровень кодирования.

На заключительной стадии синтеза белка центральную роль играют рибосомы и т РНК, структура которых в свою очередь определяется некоторым определенным участком ДНК.

Отметим, что даже в этой трехступенчатой схеме можно увидеть неразрешимый в эволюционном плане парадокс. Его можно назвать «парадоксом курицы и яйца» на молекулярном уровне.

Действительно, для синтеза какого-либо белка необходимо несколько ацилирующих ферментов. Но для синтеза любого фермента также нужен фермент и т. д. Приходится признать, что данная схема не может удовлетворительно объяснить возникновение процесса матричного синтеза, так как получается замкнутый цикл.

Подчеркнем еще раз, что, какой бы этап репликации генетического материала или синтеза белка мы ни взяли, необходимым звеном в этом этапе являются высокоспециализированные ферменты. Их можно назвать операторными белками в широком смысле этого слова. В рамках современной молекулярной биологии невозможно объяснить появление этих ферментов. Действительно, если мы не хотим иметь дело с бесконечностями, то надо признать, что, по всей видимости, существовали еще какие-то механизмы синтеза белка в клетке, которые в настоящее время неизвестны.

Если же попытаться применить общепринятую схему синтеза

белка к ацилирующим ферментам, рибосомам и т. д., то мгновенно получается «расхождение» в решении вопроса: для синтеза любого из этих соединений нужно то же самое соединение. Неясно, каким образом в эволюционном плане можно решить этот парадокс.

Здесь мы подходим к наиболее трудному и принципиальному вопросу — проблеме эволюции кода.

Как упоминалось выше, механизм такой сложности не мог возникнуть скачком, и если отбросить наиболее легкий путь «решения» задачи, связанный с витализмом, то видно, какая громадная экспериментальная работа предстоит, чтобы найти подходы к решению этой задачи.

Представляется очевидным, что абиогенно синтезировать можно очень сложные соединения (кроме белков и ДНК). Сейчас необходимо искать методы и подходы к решению проблемы возникновения динамических организаций, возникновения новых механизмов. Решение именно этого этапа даст нам ключ к тайне проблемы возникновения жизни.

Уже при постановке задачи возникает вопрос об универсальности кода. Претерпел ли механизм матричного копирования какие-либо изменения за промежуток времени больше $3 \cdot 10^9$ лет? Если бы можно было найти какую-то разницу у высших и низших организмов, то стала бы возможной экстраполяция назад. Но код, по всей видимости, одинаков у бактерий и у человека, о чем свидетельствует большое число экспериментов, проведенных *in vivo* и *in vitro*.

Весьма интересны эксперименты по переносу вируса в клетку, которая в норме не является хозяином этого вируса. Именно доказательство возможности роста вируса на чужом хозяине является решающим свидетельством в пользу универсальности кода. Отсутствие эволюции генетического кода — наиболее интригующий вопрос в проблеме происхождения жизни.

Вряд ли кто-нибудь считает, что в ближайшее время удастся синтезировать живой организм, однако усилия в направлении изучения эволюции механизмов репликации и синтеза уже в ближайшее время, несомненно, принесут большие открытия.

Укажем на гипотетическую последовательность событий, которые могли иметь место на примитивной Земле после того, как сформировалось достаточное количество предшественников белков.

Исходная посылка состоит в том, что до возникновения нуклеотидов и полинуклеотидов имела место продолжительная эволюция пептидов и полипептидов. Бесспорно, что параллельно шло образование других классов биологически важных соединений, в том числе предшественников нуклеиновых кислот. Однако с малой степенью произвола можно принять, что в любой момент времени концентрация полипептидов была заметно больше концентрации полинуклеотидов.

Здесь хотелось бы обратить внимание на механизм, не требующий в принципе участия нуклеиновых кислот (я имею в виду механизм самосборки).

Предполагается, что этот механизм во многом определяется первичной структурой полимера. И хотя в настоящее время ясно, что у организмов процессы самосборки определяются наличием специфических регулирующих генов, можно предположить, что на ранних этапах эволюции самосборка происходила автономно. Характерным примером является самосборка гемоцианина, не требующая генетического контроля.

Есть все основания считать, что процесс самосборки являлся определяющим при образовании примитивных клеточных мембран, которые могли состоять из полипептидов и предшественников липидов. На этой ступени эволюции образовались первые морфологические единицы, которые еще нельзя назвать клетками — это просто микросферы. Но только с возникновением таких микросфер стала возможна дальнейшая эволюция биополимеров.

Обладая большой концентрационной способностью, микросферы резко ускорили протекание химических реакций. Нельзя исключить, что на примитивных мембранах начались процессы синтеза полинуклеотидов, которые катализировались полипептидами, входящими как структурные единицы в примитивную мембрану.

Таким образом, на этом этапе мог бы осуществляться процесс протобелок — протонуклеиновая кислота. С появлением первых матриц мог начаться в том или ином виде прямой матричный синтез полипептидов. Достаточно было появления полипептида, обладающего слабой каталитической функцией в отношении репликации, и тогда мог начаться процесс снятия копий — начало протожизни.

Основными факторами в эволюции на данном этапе являлись период полужизни данной морфологической единицы под воздействием внешних условий и достаточно высокие концентрации органического вещества.

По всей видимости, в морфологическом отношении протоклетки были более или менее одинаковы (хотя бы по размеру). Это связано с тем, что при условии постоянства потока питательного вещества внутрь клетки он будет $\sim 1/r^2$ и концентрация $\sim r^{1/2}$ (слишком большие клетки элиминировались).

Примитивные протоклетки, сходные в морфологическом отношении, не могли обладать протобиохимической универсальностью, которая появилась лишь в результате отбора наиболее эффективных механизмов. Процесс репликации можно представить происходящим и без участия ферментов за счет изменения параметров среды.

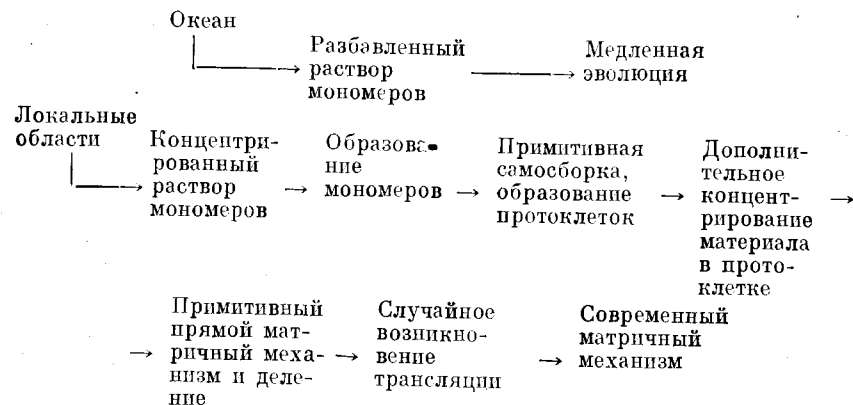
Второе важное предположение, которое необходимо сделать, основано на анализе концентраций органического вещества в клетке.

Все биохимические реакции *in vivo* протекают сейчас в условиях высококонцентрированного раствора. Элементарный подсчет дает значение, например, для белка $\sim 2 \cdot 10^{18}$ молекула/см³, а для липидов $\sim 10^{13}$ молекула/см³. В то же время если пересчитать те же самые цифры в предположении, что жизнь зародилась в океане, то без труда получим для концентрации белка величину $5 \cdot 10^{14}$ молекула/см³ для современного значения массы биосферы. Совер-

шенно очевидно, что это значение достигло максимума в настоящее время, и поэтому любые теории зарождения жизни в растворе некорректны.

Гораздо более вероятно, что процессы, связанные с образованием примитивных живых систем, происходили в некоторых локальных областях, о которых упоминалось выше.

Схемы эволюции в этих двух случаях можно представить следующим образом:



Эта схема может объяснить возникновение механизма прямого матричного копирования, но очень трудно представить, как могли возникнуть транскрипция и код, т. е. полностью законсервированный к настоящему времени словарь с инструкцией для перевода языка нуклеиновых кислот на язык белка.

Можно полагать, что в какой-то момент времени природа получила удовлетворение от своей работы и сочла этот этап своей деятельности завершенным.

Нужно помнить, что стратегическое направление исследований — изучение возникновения динамической организации — сейчас на начальной стадии. Слишком много сегодня нерешенных вопросов в этой области, главными из которых можно считать:

возникновение кодового соответствия между полинуклеотидами и полипептидами;

возникновение трансляционного аппарата;

возникновение информационного потока между полимерами; сопряжение механизмов транскрипции и трансляции;

возникновение триггерных механизмов запуска динамической системы.

Выяснение этих (и ряда других) вопросов обусловит решающий успех в проблеме зарождения жизни.

В. И. Слып

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЖЗВЕЗДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

ВВЕДЕНИЕ

Биологическими молекулами являются нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) и белки, представляющие собой полимеры более простых веществ. Нуклеиновые кислоты построены из нуклеотидов, которые в свою очередь состоят из сахара, азотистых оснований и фосфата. Белки состоят из 20 видов аминокислот. Все многообразие жизни на Земле построено из 20 аминокислот, пяти оснований, двух углеводов и одного фосфата — 28 веществ. Могут ли образоваться такие вещества в космосе и можно ли их там обнаружить? Ответы на эти вопросы имеют первостепенное значение для решения проблемы происхождения жизни на Земле, проблемы внеземной жизни и внеземных цивилизаций.

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

Первым указанием на возможность образования биологических молекул за пределами Земли было обнаружение С. Поннамперумой шести белковых аминокислот в Мёрчисонском метеорите, упавшем в Австралии в 1969 г. Еще 12 аминокислот, обнаруженных в этом метеорите, не встречаются в белках. Это доказывает, что химическая эволюция в космосе приводит к образованию биологических молекул. Способность химической эволюции производить сложные биологические молекулы доказывается и лабораторными экспериментами. Под воздействием ультрафиолетового излучения, потоков быстрых электронов или просто высокой температуры в смеси аммиака, метана и паров воды образуются аминокислоты и углеводороды, а также аденин — одно из азотистых оснований нуклеиновых кислот. Хотя эти эксперименты были предназначены для моделирования химической эволюции в первичной атмосфере планет, их результаты имеют отношение и к межзвездной среде.

В плотном молекулярном облаке, частью которого является туманность Ориона, методами радиоастрономии обнаружены не только пары воды и аммиак, но совсем недавно метан [1]. Ультрафиолетовое излучение и тепло поступают в облако от горячих звезд, которые возбуждают туманность Ориона. Следовательно, там имеются все условия, создававшиеся в лабораторном моделировании, и химическая эволюция может приводить к синтезу биологических молекул. Более того, в этом и других аналогичных молекулярных облаках уже обнаружены довольно сложные предбиологические молекулы: цианистый водород (HCN), формальдегид (H₂CO), метиламин (CH₃NH₂), этиловый спирт (CH₃CH₂OH), муравьиная кислота (HCOOH) и другие (всего 46 молекул на начало

1979 г.). В частности, метиламин и муравьиная кислота являются половинками простейшей аминокислоты — глицина (аминоуксусной кислоты). Цианистый водород и формальдегид служат промежуточными продуктами при образовании азотистых оснований и сахаров нуклеиновых кислот. Таким образом, радиоастрономическими наблюдениями доказано не только наличие в межзвездной среде исходных условий, необходимых для химической эволюции к биологическим молекулам, но и существование промежуточных продуктов такой эволюции в виде предбиологических молекул в газовой фазе. Химические реакции синтеза могут протекать как в газовой фазе, так и на поверхности межзвездных пылинок. Соответственно продукты синтеза будут накапливаться и в газовой фазе, и в пылинках.

Таким образом, поиски биологических молекул в межзвездной среде являются не только оправданными, но должны стать одним из главных направлений астрономических исследований в ближайшие годы. Рассмотрим некоторые возможные методы поисков биологических молекул в межзвездной среде, главным из которых, несомненно, является спектроскопия.

СПЕКТРОСКОПИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТЯХ

Исследование спектра поглощения излучения звезд позволило детально изучить состав и состояние межзвездной среды в относительно разреженных областях. В спектре многих звезд наблюдается целый ряд неотожествленных спектральных деталей, которые в принципе могут быть образованы какими-либо сложными молекулами.

В ультрафиолетовой области спектра это известный пик поглощения на 2175 Å шириной 480 Å. Его отождествляют с поглощением в графите межзвездных пылинок, однако это отождествление не является вполне удовлетворительным. В связи с этим предпринимались многочисленные попытки дать альтернативное отождествление. Так, Хойл и Викрамасинге [2] считают, что пик поглощения на 2175 Å вызван предбиологическими молекулами, содержащимися в межзвездных пылинках. Они опираются на лабораторные измерения спектра поглощения вкраплений органических молекул, найденных в Мёрчисонском метеорите, также показывающего такой пик, характерный для двойных углеродных связей.

Биологические молекулы тоже имеют широкий пик поглощения в ультрафиолетовой области спектра. Максимум поглощения нуклеиновых кислот (ДНК) приходится на 2600 Å и обусловлен электронными переходами в составляющих их азотистых основаниях; белки имеют пик поглощения на 1900 Å, за который ответственна амидная группа аминокислот [3]. На этих волнах поглощение в межзвездной среде не найдено, однако эти измерения по необходимости относятся лишь к разреженной межзвездной среде, где мало обилие и более простых молекул.

В видимой области спектра найдено довольно много так называемых диффузных линий поглощения, до сих пор неотожествленных. Самая сильная линия имеет длину волны 4428 Å, ширину по половинному уровню 20 Å. Другие сильные линии имеют длины волн 4882, 5780, 5797, 6177, 6284 Å. Их ширина составляет единицы ангстрем [4]. Обнаружена корреляция интенсивности поглощения в линии 4428 Å и в пике поглощения на 2175 Å [5] с межзвездным покраснением в видимой области спектра [6]. Эти линии могут образоваться либо в пылинках, либо в межзвездном газе. Дуглас [7] выдвинул предположение, что диффузные линии возникают в молекулах, представляющих собой длинные углеродные цепочки $C_5, C_7, C_9, \dots, C_{16}$, при электронных переходах с последующей безызлучательной внутренней конверсией в основное электронное состояние. Однако лабораторный спектр таких цепочек пока не изменен.

В инфракрасной области также обнаружено несколько неотожествленных полос поглощения в межзвездной среде, которые можно было бы приписать сложным органическим соединениям. Это полосы с длинами волн 3,08, 3,28, 3,4, 9,75, 33 мкм. Некоторые из них, возможно, вызваны поглощением льда или силикатов, входящих в состав межзвездной пыли. Саган и Харе [8], сравнивая инфракрасный спектр межзвездной среды и продуктов лабораторного синтеза, получавшихся в экспериментах, подобных упомянутым выше, нашли много сходства. Они предполагают, что межзвездные пылинки, оболочки которых первоначально состояли из смеси твердого аммиака, метана и льда, под действием ультрафиолетового излучения звезд обогатились сложными органическими веществами, включая аминокислоты, смесь которых Саган и Харе называют толином. Распад толина межзвездных пылинок обогащает межзвездную среду сложными органическими молекулами, наблюдаемыми в радиодиапазоне.

Инфракрасный спектр биологических молекул содержит много полос поглощения, обусловленных валентными колебаниями отдельных связей, деформационными и скелетными колебаниями. Так, в инфракрасном спектре ДНК наиболее сильны полосы 2,9 мкм (валентные колебания группы OH и NH), 6 мкм (валентные колебания группы CO, CN, CC), 8 и 9 мкм (антисимметричные и симметричные колебания группы PO_2^-) [3]. Аналогичные полосы есть и в спектрах поглощения белков, однако их сравнение с межзвездными полосами не позволяет сделать определенных выводов.

Попытки спектроскопического отождествления биологических молекул в межзвездной среде в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра не могут быть успешными по нескольким причинам. Во-первых, в этих областях спектра линии поглощения довольно широки и потому возможно случайное совпадение длин волн лабораторных и астрономических спектральных деталей. Во-вторых, спектральные детали сложных молекул обусловлены не всей молекулой как целым, а лишь ее отдельными группами, которые могут существовать и в виде самостоятельных

молекул. Так, полоса поглощения белков у 1900 Å обусловлена их амидной группой NH_2 и не представляет интереса, так как может образоваться и в свободных молекулах NH_2 .

РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ

В радиодиапазоне большая часть линий образуется при переходах между вращательными энергетическими уровнями. Эти переходы обусловлены вращением молекулы как целого и дают очень узкие линии, ширина которых не более 10^{-5} и определяется температурой и относительным движением частей межзвездных облаков. Частота перехода чрезвычайно чувствительна к строению молекулы: методами радиоспектроскопии легко отличить молекулы, в которых изменен порядок расположения атомов (изомеры) или их конфигурация (trans- и cis-изомеры). Кроме того, от каждой молекулы обычно наблюдается несколько радиолиний, соответствующих переходам между различными уровнями. Радиоспектры очень чувствительны и к замене хотя бы одного атома на его изотоп. Все эти обстоятельства придают радиоспектроскопическим отождествлениям высокую достоверность; как правило, эти отождествления однозначны и не вызывают сомнений.

Как указывалось во введении, на начало 1979 г. радиоспектроскопическими методами в межзвездной среде найдено 46 молекул. Среди них имеются 9—11-атомные молекулы с максимальным молекулярным весом 123. С другой стороны, простейшая аминокислота глицин имеет молекулярный вес 75 и состоит из 10 атомов. Аланин, цистеин, валин и другие аминокислоты состоят из 13 и более атомов, и их молекулярный вес равен 89, 121, 117 и т. д. Азотистые основания пурин, гуанин, тимин, цитозин, являющиеся основой генетического кода в ДНК, состоят из 13 и более атомов и имеют молекулярный вес более 111. Таким образом, по сложности они сравнимы с уже обнаруженными в межзвездной среде молекулами. Возможность обнаружения молекул определяется их количеством на луче зрения. Чувствительность современных радиоспектрометров позволяет обнаружить линии при количестве молекул на луче зрения 10^{12} см^{-2} . В молекулярном облаке Ориона на луче зрения находится 10^{23} молекул водорода. Следовательно, молекулы с обилием больше 10^{-11} относительно водорода могут быть обнаружены. В молекулярном облаке Стрелец В2 могут быть обнаружены молекулы с обилием на порядок меньше — около 10^{-12} . Отметим, что обилие таких молекул, как формальдегид или метиловый спирт, составляет $10^{-8} - 10^{-9}$.

Точные значения частот вращательных переходов большинства сложных молекул неизвестны. Они не могут быть вычислены с достаточной для радиоастрономических измерений точностью без лабораторных измерений с помощью радиоспектрометров. Однако получение лабораторных радиоспектров биологических молекул весьма затруднено, так как большую часть этих веществ трудно получить в газовой фазе. Одним из немногих достижений являются получение и расшифровка радиоспектра самой простой аминокис-

лоты — глицина и проведение поисков линий глицина от ряда астрономических объектов [9]. Наблюдения проводились на пяти частотах на волне 4 мм и на одной — около 1,4 см. Результаты этих первых поисков были отрицательными с верхним пределом количества молекул глицина на луче зрения $10^{12} - 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Одним из простейших пиримидинов является 1,3-дiazин, вращательные постоянные и дипольный момент которого известны [10]. Азотистое основание урацил, входящее в состав РНК, получается из 1,3-дiazина добавлением двух атомов кислорода и одного атома водорода. Ниже приведены некоторые частоты вращательных переходов 1,3-дiazина, возникающих между нижними уровнями.

Переход	$1_{10}-1_{01}$	$1_{11}-0_{00}$	$2_{12}-1_{01}$	$2_{21}-1_{10}$
Частота, МГц	3192,5	9361,0	15529,4	21915

Отметим, что частота перехода $1_{10}-1_{01}$ diaзина отстоит всего на 700 кГц от частоты перехода глицина $2_{11}-2_{12}$, на которой наблюдения не проводились, так что поиски обеих молекул могут проводиться с одним и тем же приемником.

Большинство радиолиний межзвездных молекул обнаружено в миллиметровом диапазоне волн. С увеличением числа атомов и молекулярного веса линии максимальной интенсивности должны смещаться в сантиметровый и дециметровый диапазоны из-за увеличения моментов инерции молекул. В самом деле, хотя максимальная энергия вращательных уровней зависит только от температуры, средняя разность энергий уровней с квантовыми числами, отличающимися на 1, обратно пропорциональна квадратному корню из момента инерции. Можно показать, что для трехмерной многоатомной молекулы, состоящей из N атомов со средним атомным весом 7 (типичным для органических соединений) и средним расстоянием между атомами 1,5 Å, максимальная частота (в ГГц) радиолиний будет равна

$$\nu_{\max} = 155 N^{-1/2} (T/3)^{1/2},$$

где T — кинетическая температура газа.

Для глицина $N = 10$ и при $T = 10 \text{ K}$ $\nu_{\max} = 40 \text{ ГГц}$.

Линии молекул, состоящих из 100 атомов, будут наблюдаться лишь до частоты 4,5 ГГц (длина волны 6,7 см) при той же температуре. Примерно из такого числа атомов состоят отдельные звенья нуклеиновых кислот — пары нуклеотидов. Что касается более крупных молекул ДНК и их фрагментов-генов, то их моменты инерции настолько велики, что частоты переходов сливаются в почти непрерывный континуум. Поэтому их обнаружение методами радиоспектроскопии вряд ли возможно.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ

Исследование строения межзвездных молекул и пылинок можно проводить также методом рентгеноструктурного анализа. При этом измеряется эффект дифракции рентгеновских лучей удален-

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В КОСМОСЕ
И ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

ВВЕДЕНИЕ

ного рентгеновского источника на кристаллической структуре пылинок или на упорядоченной структуре сложных биологических молекул методом Дебая—Шерера. Если на луче зрения между наблюдателем и рентгеновским источником расположено межзвездное облако, содержащее, например, молекулы ДНК, то вокруг этого источника должны наблюдаться кольца с угловым радиусом, определяемым по формуле Брэгга—Вульфа:

$$2 \sin \theta = \lambda n/d, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

где d — постоянная решетки, λ — длина волны. У молекулы ДНК есть два характерных периода решетки: $d_1 = 34 \text{ \AA}$, $d_2 = 3,4 \text{ \AA}$. Следовательно, кольцо радиусом 5° будет наблюдаться на волнах $7 \text{ \AA}$ (1,7 кэВ) или $0,7 \text{ \AA}$ (17 кэВ). Этим же способом можно исследовать кристаллическую структуру межзвездных пылинок.

Более прямым способом является сбор межзвездного вещества с помощью космических аппаратов и его химический анализ. Для того чтобы межзвездные частицы не разрушались при ударе, необходимо скомпенсировать скорость движения Солнечной системы к апексу надлежащим выбором траектории космического аппарата.

ВЫВОДЫ

1. Современные данные указывают на возможность образования в межзвездной среде биологических молекул типа аминокислот или компонент нуклеиновых кислот.
2. Поиски аминокислот и компонент нуклеиновых кислот можно проводить методами спектральной радиоастрономии.
3. Поиски белковых молекул и ДНК возможны с помощью рентгеновской астрономии и прямыми методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fox K., Jennings D. Methane detected in Orion A. — *Astrophys. J.*, 1978, 226, p. L43.
2. Hoyle F., Wickramasinghe N. C. Prebiotic molecules and interstellar grain clumps. — *Nature*, 1977, 226, p. 242.
3. Физические методы исследования белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука, 1967.
4. Herbig G. H. The diffuse interstellar bands. IV. The region 4400—6850 Å. — *Astrophys. J.*, 1975, 196, p. 129.
5. Nandy K., Thompson G. I. The correlation between the UV $\lambda 2200$ and diffuse $\lambda 4430$ bands. — *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 1975, 173, p. 237.
6. Nandy K., Thompson G. I., Jamar C. et al. Studies of ultraviolet interstellar extinction with the sky-survey telescope of the TD-1 satellite. I. Results for three galactic regions. — *Astron. and Astrophys.*, 1975, 44, p. 195.
7. Douglas A. E. Origin of diffuse interstellar lines. — *Nature*, 1977, 269, p. 130.
8. Sagan C., Khare B. N. Tholins: organic chemistry of interstellar grains and gas. — *Nature*, 1979, 277, p. 102.
9. Brown R. D., Godfrey P. D., Storey J. W. V. et al. A search for interstellar glycine. — *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 1979, 186, p. 5P.
10. Герцберг Г. Электронные спектры и строение многоатомных молекул. М.: Мир, 1969.

Хотя мы имеем перед собой единственный образец живой материи, представляется весьма вероятным, что материальным носителем жизни, если она существует где-либо вне Земли, должно быть вещество в молекулярной форме (см., например, [1, с. 43—63]).

Сейчас господствует точка зрения, согласно которой возникновение жизни на Земле, положившему начало биологической эволюции, предшествовала эволюция химическая — постепенное усложнение и накопление химических соединений. В самом деле, трудно, например, предположить, чтобы белки, представляющие собой сложные полимеры аминокислот, могли образовываться в значительных количествах, если не приготовлен «бульон» из разнообразных аминокислот. В свою очередь для образования аминокислот нужно, чтобы в среде присутствовали цианистый водород, простейшие углеводороды и вода.

В состав молекул всякой живой системы на Земле обязательно входят элементы H, O, C, N, P, S, которые называют абсолютными органогенами. Хотя любой из этих элементов «жизненно» необходим для жизни, первоосновой ее принято считать углерод. Благодаря замечательной способности атомов углерода соединяться друг с другом, образуя цепи и кольца, формируется костяк устойчивых, сложных молекул, способных осуществлять чрезвычайно тонкие функции живого организма.

Многим импонирует точка зрения, согласно которой основные закономерности возникновения жизни во Вселенной универсальны и хорошо представлены «земным» образцом. Если встать на такую точку зрения, то для суждения о распространенности жизни прежде всего важно выяснить, сколь легко и в сколь широких масштабах осуществляется во Вселенной эволюция химических соединений, в первую очередь углеродсодержащих (органических) соединений.

До недавнего времени бытовало мнение, что условия, необходимые для образования и устойчивого существования сложных молекул с числом атомов более 2—3, реализуются только на планетах, т. е. в чрезвычайно малых объемах космического пространства. Хотя простейшие двухатомные радикалы были обнаружены также в атмосферах холодных звезд, атмосферах комет и межзвездных облаках нейтрального водорода, считалось, что более сложные соединения не могут существовать ни в атмосферах звезд, где они интенсивно разрушаются при тепловых столкновениях с атомами газа, ни в разреженных межзвездных облаках, где они должны быстро разрушаться коротковолновым излучением звезд.

Спектроскопические наблюдения межзвездной среды и комет (главным образом в радиодиапазоне), изучение химического состава метеоритов и теоретические исследования, выполненные в течение последнего десятилетия, показали, что наши представления о распространенности сложных молекул в космосе должны быть коренным образом пересмотрены.

В 1964 г. Цудзи [2], используя новейшие данные о молекулярных константах большого числа молекул, выполнил расчет диссоциационного равновесия в атмосферах холодных звезд и нашел, что в богатых углеродом звездах некоторые многоатомные молекулы (HCN , C_3N , HC_3N , CH_4 , NH_3 и др.) должны быть более обильны, чем двухатомные.

В ряде экспериментов по анализу органических соединений, найденных в метеоритах, было убедительно продемонстрировано космическое (неземное) происхождение этих соединений. Расчеты и эксперименты подтвердили возможность образования таких соединений абиогенным путем — в результате химических реакций в протопланетной околозвездной туманности.

Линии двух органических молекул — синильной кислоты и метилциана — обнаружены в радиоспектре кометы Когоутека (1973 f).

Наконец, одним из выдающихся достижений наблюдательной астрофизики последних лет явилось открытие большого числа молекул (в том числе весьма сложных, содержащих до 11 атомов органических молекул) в облаках межзвездного газа. Межзвездные молекулы уже обнаружены не только в нашей Галактике, но и в других галактиках (OH , CO , H_2CO). Поразителен тот факт, что большинство из пяти десятков известных сейчас межзвездных молекул — органические!

В этом сообщении будут рассмотрены основные результаты поисков и исследования органических соединений в перечисленных выше астрономических объектах.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В МЕТЕОРИТАХ И КОМЕТАХ

Присутствие органических соединений в некоторых типах метеоритов было установлено Берцелиусом еще в 1834 г. Однако в XIX в. исследования в этом направлении мало продвинулись вперед, а в первой половине XX в. вообще практически не проводились.

Интенсивное изучение органического вещества метеоритов началось только в 50-х годах. Эти исследования имеют принципиально важное значение. Дело в том, что наиболее богата органическими соединениями (до 5% по массе) немногочисленная группа метеоритов — так называемые углистые хондриты. Но, как теперь полагают, именно углистые хондриты по своему составу стоят ближе всего к тому первичному веществу, из которого сконденсировались планеты земной группы. Поэтому выяснение при-

роды органического вещества в углистых хондритах имеет непосредственное отношение и к проблеме происхождения жизни на Земле, и к проблеме происхождения органических ископаемых.

С той или иной степенью достоверности в углистых хондритах обнаружены органические соединения нескольких классов: алифатические и ароматические углеводороды, гетероциклические азотистые основания (пурины, пиримидины, порфирины и др.), сахара, большое разнообразие аминокислот. Основную массу органики (более 90%) составляет ароматический полимер, по внешнему виду напоминающий сажу.

Споры о реальности органических соединений в метеоритах не прекращались долгие годы — то и дело подвергалась сомнению чистота постановки эксперимента, отсутствие контаминации земной органикой. Однако в 1970—1971 гг. Квенвольден с сотрудниками (см. [3]) выделили из метеорита Мёрчисон 18 аминокислот, из которых более половины почти никогда не встречаются в земных организмах. Это одно из наиболее убедительных доказательств отсутствия контаминации. В пользу небιологического происхождения органических соединений метеоритов свидетельствует также отсутствие заметной оптической активности экстрактов метеоритного вещества.

Строго говоря, приведенные факты не доказывают абиогенного происхождения метеоритной органики, поскольку они не исключают возможности заражения метеоритов *неземными* формами жизни.

В связи с этим большой интерес представляют исследования химических процессов, протекающих в околозвездной протопланетной туманности при ее остывании. Так, Андерс, Студиер и Хаяцу [4,5] экспериментально изучали (в условиях, моделирующих протопланетную туманность) поведение системы $\text{CO} + \text{H}_2$ в присутствии аммиака и ряда катализаторов, наличие которых в протопланетной туманности представляется весьма вероятным (никель — железо, магнетит, гидрированные силикаты). В такой системе образовывалось большое количество многоатомных углеводородов и других органических соединений, аналогичных тем, которые найдены в метеоритах. (То, что в системе $\text{CO} + \text{H}_2$ в присутствии катализаторов могут образовываться не устойчивые молекулы CH_4 , а многоатомные углеводороды с меньшей степенью гидрогенизации ($\text{H/C} \approx 2$), известно давно. Этот процесс используется для получения искусственного бензина и обычно называется синтезом Фишера—Тропша, хотя русский химик Е. И. Орлов исследовал его на 18 лет раньше Фишера и Тропша — в 1908 г.)

Сравнение органических веществ, синтезированных в опытах Андерса и др., с органикой метеоритов обнаруживает большое число совпадений. Так, в обоих случаях углеводороды с прямой цепью встречаются гораздо чаще, чем разветвленные. В обоих случаях относительное содержание изотопа ^{13}C в углерод-кислородных группах на несколько процентов выше, чем в углерод-водородных. Более 70% органического вещества, полученного

в искусственном синтезе, составляет нерастворимый полимер с ароматическим скелетом, весьма напоминающий метеоритный. Аминокислотный состав также аналогичен в обоих случаях.

На другую возможность абиогенного синтеза органических соединений в протопланетном облаке указали (и экспериментально подтвердили ее) Юри с сотрудниками. Это — неравновесные реакции синтеза в системе, содержащей H_2 , NH_3 , CH_4 и H_2O при наличии источника высокой энергии, например УФ- или γ -лучей [6].

Кроме того, в ряде работ было показано, что многоатомные органические соединения в твердых и газообразных космических объектах могут синтезироваться под действием космических лучей [7,8].

Все эти эксперименты убедительно свидетельствуют о том, что органические соединения, находимые в углистых хондритах, вполне могли образоваться абиогенным путем — в результате химического синтеза в допланетной околозвездной туманности.

В 1974 г. радиолинии двух органических молекул — HCN и CH_3CN — обнаружены в спектре кометы Когоутека (1973 f) [9,10]. Вероятно, ядра комет содержат и более сложные органические соединения. Скорее всего эти соединения, так же как и метеоритная органика, были синтезированы в протопланетном облаке и вошли в состав ядер комет вместе с твердыми пылинками.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

Первые межзвездные молекулы были открыты в конце 30-х годов. В 1937 г. Свингс и Розенфельд отождествили с электронным переходом радикала CN открытую незадолго до этого Данхэмом межзвездную линию поглощения у $\lambda = 4300 \text{ \AA}$. Вскоре были отождествлены также межзвездные линии CN^+ и CN .

Однако в течение последующих двух десятилетий этот скромный список ни разу не был дополнен. Причина состояла в ограниченности наблюдательных возможностей: до 60-х годов астро-спектроскопические наблюдения проводились только с поверхности Земли и почти исключительно в видимой области — как раз там, где спектры молекул особенно бедны. Те же спектральные диапазоны, в которых в основном сосредоточены молекулярные линии, — ультрафиолетовый и инфракрасный — практически недоступны для наземных наблюдений из-за поглощения земной атмосферой.

В 1949 г. И. С. Шкловский [11] впервые обратил внимание на возможность наземных наблюдений межзвездных молекул радиоастрономическими методами. К тому времени было уже известно, что частоты некоторых разрешенных переходов молекул попадают в радиодиапазон. Многие молекулярные радиолинии наблюдались в лабораториях и использовались для определения строения и изотопного состава молекул. Однако в то время считали, что достаточно обильными в межзвездной среде могут быть

лишь простейшие двухатомные молекулы, содержащие наиболее распространенные элементы H , C , O и N , а большинство таких молекул являются свободными радикалами и в силу высокой химической активности в лабораторных условиях очень недолговечны. Поэтому их радиоспектры исследованы мало и частоты переходов приходится в основном рассчитывать теоретически. И. С. Шкловский выполнил расчеты радиоспектров нескольких свободных радикалов, ожидавшихся в межзвездной среде, и, в частности, показал, что радиолинии гидроксила OH следует искать вблизи $\lambda = 18 \text{ см}$. В дальнейшем эти расчеты были уточнены другими авторами, частоты радиопереходов OH измерены в лаборатории с высокой точностью, но в течение нескольких лет попытки обнаружить их в межзвездных спектрах не приносили результатов.

Лишь в 1963 г. упорная работа в этом направлении увенчалась успехом: межзвездные радиолинии OH были обнаружены в поглощении на фоне непрерывного спектра ярчайшего космического радиоисточника Кассиопея А [12]. Через два года в спектре радиоисточника W49, а затем и в радиоспектрах многих других областей ионизованного водорода были обнаружены не абсорбционные, а необычайно яркие эмиссионные линии OH . Свойства этих линий оказались столь неожиданными (огромная интенсивность, поляризация, переменность во времени), что было даже высказано предположение об их искусственном происхождении. Вскоре, однако, было найдено «естественное» объяснение наблюдавшихся линий. В ряде работ показано, что линии с подобными свойствами могут излучаться межзвездными молекулами OH , находящимися в сильно неравновесном, перевозбужденном состоянии, в котором они способны когерентно усиливать радиоизлучение, — так, как это происходит в лабораторных мазерах.

Возможность мазерных эффектов в условиях межзвездной среды обсуждалась и до открытия источников OH (см., например, [13, с. 494]). Для того чтобы заработал мазер, необходим некоторый неравновесный процесс («накачка»), который обеспечил бы инверсию населенностей двух энергетических уровней молекулы, т. е. такое состояние, когда верхний уровень населен молекулами больше, чем нижний. В условиях межзвездной среды такими процессами могут быть взаимодействие молекул с внешним УФ- или ИК-излучением, конкуренция столкновительных и радиационных переходов, некоторые химические реакции [14].

Открытие естественных космических мазеров — выдающееся научное достижение. Особенно важно, что по многим признакам некоторые мазерные источники должны быть непосредственно связаны со звездами (или планетами), находящимися на самой ранней стадии эволюции. Если эта гипотеза, впервые высказанная И. С. Шкловским [15] и поддержанная другими авторами [14], подтвердится, изучение мазерных источников даст нам непосредственную наблюдательную информацию о процессах рождения звезд и планет.

Начиная с 1968 г. открытия межзвездных молекул посыпались, словно из рога изобилия. В 1968 г. в радиоспектрах межзвездных облаков были отождествлены линии аммиака NH_3 и водяного пара H_2O . Так же, как эмиссионные источники OH , источники H_2O характеризуются чрезвычайно малыми угловыми размерами (до 10^{-4} угл. с), огромными яркостными температурами (до 10^{15} К) и сильной переменностью излучения. Нет сомнений, что и здесь мы имеем дело с природным мазером.

Первая органическая межзвездная молекула — формальдегид (H_2CO) открыта в 1969 г. [16]. Ее основная радиолиния с длиной волны 6,2 см наблюдается в поглощении в спектрах многих газовых облаков Галактики.

В 1970—1971 гг. появились чувствительные приемники для миллиметрового диапазона радиоволн, и за несколько лет было отождествлено большое число межзвездных органических молекул по их коротковолновым радиолиниям. К концу 1978 г. было надежно отождествлено около 50 соединений (не считая изотопных разновидностей), большинство из которых (около $3/4$) органические. Перечислим основные классы известных на сегодня межзвездных и околозвездных молекул.

1. Неорганические молекулы и радикалы:

H_2 , NH_3 , H_2O , H_2S , SO_2 , SO , OH , SiO , SiS , N_2H^+ , NO , NS .

2. Органические молекулы:

простейшие молекулы и радикалы — C_2 , CH , CO , CN , HCO , HCO^+ , C_2H , OCS ;

углеводороды — CH_4 , C_2H_2 , $\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}$;

альдегиды — H_2CO , H_2CS , CH_3CHO ;

спирты — CH_3OH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$;

кислоты—карбоновая HCOOH , синильная HCN (и HNC), изоциановая HNCO ;

амиды кислот — HCONH_2 , NH_2CN ;

амины — CH_3NH_2 , CH_2NH ;

нитрилы — CH_3CN , CH_2CHCN , $\text{CH}_3\text{C}_2\text{CN}$, HC_2CN , HC_4CN , HC_6CN , HC_3CN ;

простой эфир — $(\text{CH}_3)_2\text{O}$;

сложный эфир — HCOOCH_3 .

Самая крупная (11 атомов) и самая тяжелая (123 а. е. м.) из этих молекул — HC_9N (цианоктатетраин).

Обычно наблюдаются радиопереходы между низко расположенными вращательными уровнями молекул. Кроме того, в радиодиапазоне иногда попадают переходы, связанные с «заторможенными» движениями — вращением (CH_3OH , CH_3NH_2) и колебаниями (NH_3), а также переходы между подуровнями, обусловленными взаимодействием вращения электронов вокруг ядер с вращением молекулы как целого (OH , CH).

Межзвездные молекулы наблюдаются в образованиях нескольких типов.

1. Диффузные облака: плотность $n_{\text{H}} \approx 10 \text{ см}^{-3}$, масса $M \approx$

$\approx 100 M_{\odot}$, кинетическая температура $T_{\text{K}} \approx 100 \text{ К}$, диаметр $d \approx \approx 10 \text{ пк}$ (CH , CH^+ , CN , OH , H_2 , CO , H_2CO).

2. «Темные» пылевые облака в спиральных рукавах околоядерном диске: $n_{\text{H}} \approx 10^2 \div 10^4 \text{ см}^{-3}$, диаметр $0,1 \leq d \leq 10 \text{ пк}$, кинетическая температура падает от периферии облака к его центру и заключена в пределах $2,7 \leq T_{\text{K}} \leq 12 \text{ К}$, $M \approx 1 \div 10 M_{\odot}$ (OH , CO , CS , NH_3 , H_2CO).

3. Глобулы: одиночные, крупные, $d \approx 1 \text{ пк}$, $M \approx 60 M_{\odot}$; мелкие, вытянутые в цепочки, $d \approx 0,01 \div 0,1 \text{ пк}$, $M \approx 0,1 \div 1 M_{\odot}$ (OH , H_2CO).

4. Молекулярные («черные») облака вблизи ярких областей ИИ: $n_{\text{H}} \approx 10^4 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$, $d \approx 10 \div 30 \text{ пк}$, $T_{\text{K}} \approx 30 \text{ К}$, $M \gtrsim 10^3 M_{\odot}$ (большинство вновь открытых молекул).

5. Околосвездные газово-пылевые оболочки: $n_{\text{H}} \approx 10^5 \div 10^{10} \text{ см}^{-3}$, $M \leq 0,1 M_{\odot}$, $T_{\text{K}} \approx 100 \div 1000 \text{ К}$, $d \approx 10^{16} \text{ см}$ (OH , H_2O , SiO , SiS , CO , CS , CN , C_3N , HCN , HC_3N , C_2H , C_4H).

Вероятно, все эти типы объектов представляют собой разные стадии эволюции межзвездного газа, приводящей в конечном итоге к образованию звезд. Об этом свидетельствует связь с темными облаками молодых звезд типа Т Тельца, а с «черными» облаками — молодых горячих О, В-звезд, окруженных компактными областями ионизованного водорода. Кроме того, по крайней мере темные облака при указанных значениях массы, плотности и кинетической температуры должны быть гравитационно неустойчивы.

Систематическое изучение физических условий в очагах звездообразования стало возможным только с открытием межзвездных молекулярных радиолиний: из-за поглощения пылью темные и «черные» облака совершенно непрозрачны для видимых лучей (откуда их название); они не наблюдаются и в радиолинии атомарного водорода 21 см, так как, очевидно, весь водород в этих холодных плотных облаках конвертирован в молекулы. Анализируя интенсивности и профили радиолиний молекул, можно оценить плотность, кинетическую температуру, характер турбулентных движений, а также напряженность магнитного поля в этих облаках.

Типичные молекулярные облака наблюдаются в направлении туманности Ориона и в направлении галактического центра. Для каждой радиолинии можно оценить ту минимальную плотность частиц, которая необходима, чтобы возбудить наблюдаемое излучение. Оказывается, что линии, требующие высокой плотности, в обоих случаях наблюдаются ближе к центру облака, чем линии, требующие меньшей плотности. Это свидетельствует о возрастании плотности к центру. Подавляющее большинство сложных молекул сосредоточено в центральных, наиболее плотных частях облаков; здесь же локализованы компактные конденсации, излучающие мазерные радиолинии OH и H_2O .

«Черные» молекулярные облака являются самыми массивными из известных объектов Галактики. Предполагается, что в них сосредоточена существенная доля галактической массы [17].

Можно приближенно оценить «запасы» органического вещества в газовых облаках Галактики. Типичное относительное содержание таких широко распространенных молекул, как H_2CO или HCN , достигает $\sim 10^{-8}$ — 10^{-7} . Если облака, в которых наблюдаются эти молекулы, составляют по массе $\sim 1\%$ массы Галактики [48], полное количество межзвездного органического вещества должно быть не менее $10 M_\odot$. С другой стороны, масса органических соединений в Солнечной системе (в основном на планетах), по-видимому, не превосходит $\sim 10^{23}$ г. Если бы такую семью планет с органосферами имела каждая из 10^{11} звезд Галактики, запасы межзвездного органического вещества все равно не уступали бы околозвездным. Более вероятно, что они значительно превосходят последние.

Итак, совершенно очевидно, что химическая эволюция в межзвездных облаках идет гораздо дальше, чем можно было предположить для чрезвычайно разреженной по земным понятиям ($p \lesssim 10^{-10}$ бар) и холодной ($T_K \approx 10 \div 100$ K) среды. Можно допустить, что пыль внешних частей темных и «черных» облаков надежно экранирует молекулы во внутренних областях от разрушающего действия жесткого излучения. Однако остаются не совсем ясными пути образования молекул в таких облаках. Наиболее вероятным механизмом синтеза сложных межзвездных молекул сейчас считаются реакции на поверхности пылинок (играющих роль катализатора) и ионно-молекулярные реакции. Последние эффективны даже при очень низких температурах благодаря электростатическому притяжению иона и поляризуемой им молекулы.

Сопоставление наблюдаемых содержаний молекул свидетельствует о высокой *селективности* химических процессов в межзвездных облаках. Например, содержание недавно открытой окиси азота NO оказалось на четыре порядка ниже содержания окиси углерода CO , хотя космическая распространенность азота лишь в 3—4 раза меньше распространенности углерода. Сходство состава органических соединений, обнаруженных в межзвездной среде, в метеоритах и в опытах по лабораторному синтезу типа Миллера—Юри или Фишера—Тропша, свидетельствует о существовании некоторой универсальной тенденции в синтезе органических молекул, которая проявляется даже в столь специфических условиях, какие имеют место в межзвездных облаках.

О том, насколько близки уже обнаруженные межзвездные молекулы к предбиологической химии, можно судить из следующего.

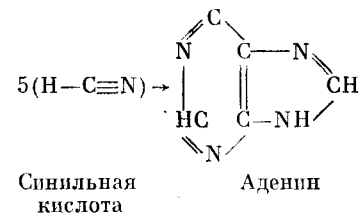
Как уже говорилось, смесь NH_3 , H_2 , H_2O и CH_4 при наличии источников энергии достаточна для образования аминокислот (синтез Миллера—Юри). Все перечисленные соединения наблюдаются в межзвездных облаках. Вероятное присутствие аминокислот, по крайней мере в «черных» облаках, подтверждается открытием в Стрельце В2 метанимина (CH_2NH) и метиламина (CH_3NH_2). Непосредственное соединение метанимина с муравьиной

кислотой дает простейшую аминокислоту — глицин:



К тому же результату приводит замена в молекуле метиламина одного атома Н метильной группы карбоксильной группой COOH . Вероятно, простейшие аминокислоты будут обнаружены в «черных» облаках в недалеком будущем, хотя первые попытки наблюдения их радиотелескопами пока не привели к положительным результатам. Возможность полимеризации аминокислот в белковоподобные структуры в условиях межзвездных облаков остается неясной (см., однако, [19, с. 185]).

Активным предшественником биологически значимых соединений является молекула синильной кислоты HCN . В частности, в присутствии NH_3 и H_2O из молекул HCN может синтезироваться аденин — гетероциклическое азотистое основание, являющееся важной составной частью нуклеиновых кислот. Результирующая реакция имеет вид [19, с. 183—184])



Попытки обнаружить в межзвездных облаках простейшие циклические соединения пока не увенчались успехом

●ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из наблюдаемой широкой распространенности органических соединений в Галактике, разумеется, рано делать вывод о широкой распространенности жизни. Главные трудности в теории возникновения жизни как результата химической эволюции появляются на значительно более позднем этапе, чем образование 10- или даже 100-атомных молекул (см. [1] и статью Л. М. Мухина в наст. сб.). Однако обилие органических соединений в межзвездной среде, в метеоритах и кометах и сходство их молекулярного состава с тем, который получается в лабораторных опытах по синтезу органических соединений из смеси простых молекул, можно рассматривать как бесспорное свидетельство того факта, что природа с легкостью приготавливает первый «питательный бульон», необходимый для зарождения жизни. Даже если в процессе формирования планеты первичные органические вещества будут

почему-либо полностью разрушены, процессы, аналогичные тем, которые приводят к образованию межзвездных и околозвездных молекул, могут повториться в атмосфере или на поверхности «новорожденной» планеты и обеспечить вторичное накопление органических соединений. Кроме того, даже в отсутствие подходящих условий «затравочные» запасы органики могут быть принесены на поверхность планеты вместе с метеоритами или ядрами столкнувшихся с планетами комет.

В то же время удивительное обилие органики в «черных» облаках и быстрое возрастание сложности наблюдаемых молекул с ростом плотности облака вполне позволяют предположить, что в наиболее плотных частях этих облаков существуют объекты со сложной молекулярной организацией. Предсказание функциональных свойств таких объектов в рамках научного исследования было бы преждевременным. На уровне же фантастики «живые» и даже «разумные» межзвездные облака, как известно, появились задолго до открытия молекулярных облаков Галактики [20].

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975.
2. Tsuji T. Molecular abundances in stellar atmospheres. — *Ann. Tokyo Astron. Observ. Ser.* 11, 1964, 9, N 1, p. 110.
3. Kvenvolden K. A. Natural evidence for chemical and early biological evolution. — *Origins of Life*, 1974, 5, N 1/2, p. 71—86.
4. Studier M. H., Hayatsu R., Anders E. Organic compounds in carbonaceous chondrites. — *Science*, 1965, 149, p. 1455—1459. (См. рус. пер. в кн.: Возникновение органического вещества в Солнечной системе. М.: Мир, 1969, с. 71—84).
5. Anders E., Hayatsu R., Studier M. H. Catalytic reactions in the solar nebula: implications for interstellar molecules and organic compounds in meteorites. — *Origins of Life*, 1974, 5, N 1/2, p. 57—67.
6. Miller S. L. The atmosphere of the primitive Earth and the prebiotic synthesis of amino acids. — *Origins of Life*, 1974, 5, N 1/2, p. 139—151.
7. Целлер Э., Дрейроф Г. Образование органических соединений в твердых телах под действием солнечных и космических протонов. — В кн.: Возникновение органического вещества в Солнечной системе. М.: Мир, 1969, с. 174—182.
8. Scattergood T., Lessler P., Owen T. Production of organic molecules in the outer Solar system by proton irradiation: Laboratory simulations. — *Icarus*, 1975, 24, p. 465—471.
9. Huebner W. F., Snyder L. E., Buhl D. HCN radio emission from comet Kohoutek (1973f). — *Icarus*, 1974, 23, p. 580—584.
10. Ulich B. L., Conklin E. K. Detection of methyl cyanid in comet Kohoutek. — *Icarus*, 1974, 23, p. 121—122.
11. Шкловский И. С. Монохроматическое радионизлучение Галактики и возможность его наблюдения. — *Астрон. журн.*, 1949, 26, вып. 4, с. 10.
12. Weinreb S., Barrett A. H., Meeks M. L., Henry J. C. Radio observations of OH in the interstellar medium. — *Nature*, 1963, 200, p. 829—831.
13. Каплан С. А., Пикельнер С. Б. Межзвездная среда. М.: Физматгиз, 1963.
14. Стрельницкий В. С. Космические мазеры. — *УФН*, 1974, 113, вып. 3, с. 463—502.
15. Шкловский И. С. Излучение «мистериума» как мазерный эффект. — *Астрон. цирк.*, 1966, № 372, с. 1—7.

16. Snyder L. E., Buhl D., Zuckerman B., Palmer P. Microwave detection of interstellar phormaldehyde. — *Phys. Rev. Lett.*, 1969, 22, p. 679—681.
17. Solomon P. M. Interstellar molecules. — *Phys. Today*, 1973, 26, p. 32.
18. Scowille N. Z., Solomon P. M. Molecular clouds in the Galaxy. — *Astrophys. J.*, 1975, 199, p. L105—L110.
19. Космические мазеры/Под ред. В. И. Слыша. М.: Мир, 1974.
20. Хойл Ф. Черное облако. — В кн.: Альманах научной фантастики. М.: Молодая гвардия, 1966, вып. 4, с. 3—209.

УДК 523.16

В. И. Мороз

МЕТОДЫ ПОИСКА ВНЕСОЛНЕЧНЫХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ¹

Солнечная система, видимая с расстояния 5 пк, представляет собой объект диаметром 8'' (до орбиты Плутона). Центральное тело — звезда с визуальной величиной $V = 4^m$, наиболее яркая планета (Юпитер) имеет $V = 26^m$ при расстоянии 1'' от центрального тела (Солнца). Орбитальное движение Юпитера вызывает периодическое возмущение в собственном движении центрального тела около 0,001''. Эти цифры означают, что ни фотометрическими, ни астрометрическими методами в настоящее время невозможно обнаружить с расстояния 5 пк объект, подобный Солнечной системе.

Однако могут существовать планетные системы, более благоприятные по своему составу с точки зрения возможности их обнаружения: менее массивная и яркая звезда (карлик М5 с массой 0,1 $M_{\odot}$ и 13^m на расстоянии 5 пк) и, наоборот, более массивная, чем Юпитер (до 0,01 $M_{\odot}$) планета (однако не превышающая Юпитер по размерам: это, по-видимому, физически невозможно). Планеты типа Юпитер излучают значительное количество энергии за счет внутреннего источника тепла, поэтому в инфракрасном диапазоне (20 мкм) контраст между звездой и планетой может быть относительно велик — около 7^m.

Очевидно, в таких системах могут иметь место периодические возмущения собственного движения звезды, превышающие 0,01'', — реальный предел астрометрической методики. В нескольких случаях периодические возмущения такого типа были обнаружены. Наиболее сильный (хотя и оспариваемый) пример — звезда Барнарда, имеющая собственное движение около 10'' в год с периодическим (около 25 лет) возмущением 0,05''. Это возмущение может объясняться присутствием одного или нескольких планетных тел, по размерам близких к Юпитеру.

Радиointерферометры со сверхдлинной базой в принципе могут увеличить астрометрическую точность, но потоки от нормальных звезд слишком малы для современных радиотелескопов.

¹ Статья представляет собой резюме доклада, прочитанного на Зеленчукской школе-семинаре-75. САО АН СССР, 1975 г.

Фотометрическая методика обнаружения в различных диапазонах спектра (от УФ до радио) находится на стадии предварительного обсуждения. С помощью 6-метрового внеатмосферного телескопа с дифракционным разрешением на пределе можно обнаружить планету типа Юпитер, особенно вблизи красного карлика. Устройство, аналогичное внеатмосферному коронографу, а также использование ИК-диапазона в некоторых случаях может сильно облегчить задачу.

Прохождение планеты по диску звезды может изменить ее блеск на величину порядка 1%, доступную для регистрации при помощи наземных телескопов умеренного размера. Наблюдения в двух цветах позволили бы отличить эффект прохождения от многих других видов переменности. Этот метод технически реализовать наиболее просто, если не считать того обстоятельства, что для обнаружения столь редкого явления надо наблюдать в течение года каждую ночь 3000 звезд.

Среди близких к нам звезд много вспыхивающих. Излучение при вспышке, отраженное планетой, запаздывает по времени и может быть обнаружено как слабый импульс, следующий за мощным импульсом звездной вспышки.

В принципе возможно обнаружение всплесков декаметрового радиодиапазона от планеты типа Юпитер.

УДК 007. (800.14+001.51)

И. М. Крейн

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ ПРОБЛЕМЫ КОНТАКТА ЧЕЛОВЕКА С ВНЕЗЕМНЫМИ ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ

До последнего времени при обсуждении проблемы контакта с внеземными цивилизациями основное внимание обычно уделялось вопросу о реальности существования этих цивилизаций. В тех же случаях, когда принимался положительный ответ, предметом обсуждения становился вопрос о практической возможности установления с ними связи и, таким образом, рассмотрение принципиальной стороны проблемы подменялось обсуждением трудностей ее практической реализации, чем фактически подменялась вся проблема. Разработка методологического аспекта проблемы контакта с внеземными цивилизациями является необходимым условием серьезного обсуждения всей проблемы. Эта мысль проводится в статье Б. Н. Пановкина [1], посвященной вопросу обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями, которая является одной из первых работ в этой области.

Первоочередная задача методологического аспекта проблемы контакта с внеземными цивилизациями — это переход от споров

на уровне интуитивных неопределенных представлений к обсуждению проблемы в рамках строго определенных понятий, и статья Б. Н. Пановкина может служить лучшим подтверждением этого. Обсуждая вопрос о возможности обмена смысловой информацией с другими цивилизациями, автор приходит к выводу о том, что такой обмен возможен лишь с «крайне» антропоморфными цивилизациями, существование которых представляется маловероятным. На уровне интуитивных представлений об антропоморфности этот вывод не вызывает возражений, тем не менее он ни в коей мере не вносит ясности в обсуждаемый вопрос, поскольку само понятие «антропоморфность» остается неопределенным.

В 1968 г. нами совместно с сотрудником нашей группы Н. В. Павлович [2] был проведен эксперимент¹, участникам которого предлагалось ответить на вопрос, как, попав на другую планету, для спасения своей жизни доказать свою «разумность» обитателям этой планеты, относительно которых нам ничего не известно, кроме предположения о том, что они «разумны». На написание ответа давалось 30 мин. Доказательством «разумности» считалась способность к орудийно-конструктивной деятельности («...надо показать им, что я могу разобрать и собрать какой-либо механизм, например часы, хотя лучше, чтобы это был «их» механизм»); наличие языка, причем в нашем понимании («...надо показать, что я умею говорить»); знакомство с различными областями науки, особенно математикой (большинство предлагало написать натуральный ряд чисел, теорему Пифагора и т. д.); наличие техники («...уже сам факт моего прибытия на ракете должен доказать им, что я «разумной» планеты, теперь осталось доказать, что я не «Белка» и не «Стрелка»).

Более того, отвечающие исходили из того, что жители этой планеты, если они разумны, прошли тот же путь социального развития, что и мы, поэтому много внимания уделялось вопросу о том, на какой стадии исторического развития находятся жители этой планеты («...если они еще на уровне средних веков, химические опыты, которые я мог бы им показать для доказательства моей «разумности», они наверняка примут за алхимию и меня сожгут...»), «...если они на первобытном уровне, они примут меня за божество»). Участники эксперимента, среди которых были школьники старших классов, студенты и научные работники (представители различных областей науки), проявили в своих ответах удивительное на первый взгляд единодушие. Ответы отличались только степенью сложности аргументации, никакой же принципиальной разницы там не было и, видимо, не могло быть, поскольку все отвечающие в своих доказательствах «разумности» исходили из определенной модели тех, кому они это доказывали, модель же эта в общих чертах у всех была одинаковой — это была модель «крайне» антропоморфной цивилизации, суще-

¹ Термин «эксперимент» здесь явно неудачен, мы пользуемся им за неимением лучшего.

ствование которой подвергается справедливому сомнению в статье Б. Н. Пановкина. Мы привели этот пример для того, чтобы наглядно показать, что обсуждение проблемы в специальной литературе при оперировании не строго определенными основными понятиями, как это делается в статье Б. Н. Пановкина, ничем не отличается от высказывания мнения любыми «информантами», не имеющими к проблеме никакого отношения.

Нами была сделана попытка экспликации понятий «разумная система» и «цивилизация», являющихся краеугольным камнем проблемы контакта человека с другими цивилизациями. Поскольку подробно это изложено в работе [2], здесь будут приведены лишь основные положения, необходимые для дальнейшего изложения.

Определению понятия «разумность» посвящена большая литература, рассмотрение которой не входит в цели настоящего исследования, поэтому мы отметим только некоторые, на наш взгляд, наиболее существенные моменты.

Одной из основных ошибок, допускающихся при определении понятия «разумность», является отождествление этого понятия с единственно известной нам формой проявления «разумности» — человеком, во избежание чего определение данного понятия должно быть функциональным [3].

Другой обычной ошибкой является попытка определить это понятие для отдельного индивида, взятого вне коллектива. В свете одного из основных положений современной теории эволюции, согласно которому элементарной эволюционной структурой является популяция, очевидно, что определение этого понятия для индивида может быть получено только на основании его определения для коллектива, членом которого является индивид.

Принципиально неверным является также рассмотрение «разумной» деятельности в отрыве от всей остальной деятельности индивида и коллектива индивидов по взаимодействию с внешней средой и приспособлению к ней.

В нашей работе определение понятий «разумная система» и «цивилизация» выводится из модели целесообразного поведения при взаимодействии с внешней средой.

Математическое моделирование простейших форм целесообразного поведения было впервые начато работами М. Л. Цетлина и его учеников [4]. Нами были использованы общие идеи модели целесообразного поведения М. Л. Цетлина.

М. Л. Цетлин представлял индивида (*И*) как конечный автомат, функционирующий в среде, все реакции которой на действия *И* относятся к одному из двух классов — благоприятных или неблагоприятных для *И*. Целесообразность поведения заключается в уменьшении числа неблагоприятных реакций и увеличении числа благоприятных. Внешняя среда в простейшем случае является стационарной случайной средой, в которой для каждого из действий автомата определена вероятность выигрыша и проигрыша.

М. Л. Цетлиным было введено понятие глубины памяти автомата (прочности запоминания), которая определялась длиной последовательности входных сигналов, приводящей автомат к смене действия, и показано, что в стационарной случайной среде целесообразность поведения возрастает с ростом глубины памяти и при неограниченном увеличении может приблизиться к максимальной, т. е. к поведению человека, заранее знающего условия задачи. В нестационарной случайной среде, состоящей из стационарных случайных сред, переключение которых осуществляется цепью Маркова, поведение автомата оказывается наиболее целесообразным при некотором конечном значении глубины памяти и становится максимально нецелесообразным как при ее неограниченном увеличении, так и при ее стремлении к нулю.

Вслед за М. Л. Цетлиным мы рассматривали *И* как конечный автомат, но в отличие от автоматов М. Л. Цетлина с неограниченным сроком жизни и фиксированным набором действий мы рассматривали *И* с *ограниченным сроком жизни* и способностью к *самовоспроизведению*, набор действий которых *не фиксирован*. Для таких *И* все реакции внешней среды относятся к числу благоприятных или неблагоприятных в зависимости от того, способствуют они или препятствуют самосохранению и самовоспроизведению. Конечное множество *И*, объединенных с целью самосохранения и самовоспроизведения, мы называли *системой*. Сведения о целесообразности каждого действия мы называли *опытом И*.

Можно показать, что увеличение объема опыта, не уменьшая целесообразности поведения, может способствовать ее увеличению. Но, поскольку срок жизни наших *И* ограничен, как объем их опыта, так и глубина их памяти также оказываются ограниченными. На первый взгляд возникает порочный круг, выход из которого заключается в том, что, несмотря на ограниченность срока жизни каждого *И*, время функционирования в среде системы самовоспроизводящихся *И* можно считать неограниченным. Системе, которая при *ограниченности объема опыта и глубины памяти* ее членов обладает *потенциальной* возможностью неограниченного накопления опыта, мы называли «разумной»; систему, *реализующую* эту потенциальную возможность, мы называли «цивилизацией», при этом под *неограниченным накоплением* опыта понималось увеличение опыта системы при *сохранении* прошлого опыта.

Поскольку внутренняя память системы, т. е. память, носителями которой являются сами члены системы, в силу ограниченности срока их жизни также ограничена и, следовательно, не может обеспечить системе неограниченное накопление опыта, для неограниченного накопления опыта необходима память, которая не зависела бы от ограниченности срока жизни членов системы, для чего она должна быть *внешней* по отношению к системе, а так как в результате создания внешней памяти система получает реальную возможность принципиально неограниченного накопления опыта, система, *создавшая* такую память, становится в соответствии с данным нами определением «*цивилизацией*»; системы же, об-

ладающие *потенциальной возможностью* создания внешней памяти, являются, по нашему определению, «разумными».

Следует подчеркнуть, что потенциальная возможность создания внешней памяти — только необходимое условие создания такой памяти, условием достаточным является фактическая возможность создания внешней памяти. Если по каким-либо причинам создание внешней памяти оказывается невозможным, система, достигнув уровня «разумности», останавливается в своем развитии и не может стать «цивилизацией». Не следует также забывать, что создание внешней памяти дает только принципиальное решение, в действительности же, поскольку рост опыта системы всегда будет упираться в ограниченность срока жизни членов системы, для осуществления неограниченного накопления опыта необходимо постоянное совершенствование как самой внешней памяти с целью минимизации времени нахождения нужного опыта, так и способов передачи этого опыта *И* с целью минимизации времени, затраченного на обучение. При этом каждый новый способ будет только временным выходом из положения, так как достигнутая за его счет экономия времени снова приведет к новому увеличению опыта системы, что опять поставит систему перед необходимостью поиска новых способов минимизации времени получения опыта из внешней памяти и передачи опыта *И*, и т. д., и, если очередной выход не будет найден, увеличение опыта системы прекратится, что будет означать *упадок* цивилизации.

Очевидно, что «разумная» система может появиться только в среде, которая достаточно устойчива для того, чтобы накопление опыта было целесообразным². Другой необходимой предпосылкой достижения системой уровня «разумности» является возможность неограниченного увеличения числа действий при сохранении прежних действий, т. е. неограниченного накопления действий. Однако в силу ограниченности срока жизни членов системы возможность накопления действий системой также оказывается ограниченной. Поэтому если для неограниченного накопления опыта необходима память, существование которой не зависит от срока жизни членов системы, для чего она должна быть внешней по отношению к системе, то для осуществления неограниченного накопления действий их накопление должно происходить таким образом, чтобы не зависеть от ограниченности срока жизни членов системы, для чего оно также должно быть *внешним* по отношению к системе.

Таким образом, в силу ограниченности срока жизни членов системы одних внутренних возможностей системы недостаточно для достижения уровня «разумности» и «цивилизации» и развитие системы оказывается в прямой зависимости от возможности внешнего, т. е. *искусственного*, увеличения ее внутренних возможностей. Поэтому прежде всего следует обратить внимание на то, что,

² В качестве меры устойчивости можно принять число поколений, сменившихся за время стационарности среды, и, если это число будет достаточно велико, среду можно считать близкой к стационарной.

поскольку «разумные» системы рассматриваемого типа могут появиться только в среде, которая достаточно устойчива, чтобы накопление опыта имело смысл, а другим необходимым условием возникновения «разумных» систем и «цивилизаций» является возможность внешнего накопления действий и внешнего накопления опыта, такие системы могут существовать только там, где это возможно, что необходимо учитывать при рассмотрении вопроса о *вероятности существования* «разумной» жизни такого типа на других планетах.

При определении понятий «разумная» система мы рассматривали стационарную случайную среду, в которой целесообразность любого действия постоянна в любом месте (его называли точкой) данной среды, — такую среду мы называли *однородной*. Возможны и другие типы сред [2, § 3], мы называли их *неоднородными*, в которых целесообразность действия будет зависеть от точки среды, в которой совершается действие. Неоднородную среду, в которой для любой пары точек найдется такое действие, что целесообразность его в этих точках будет различной, мы называли *вовне неоднородной*. Крайним случаем такой среды будет среда, в которой целесообразность любого действия в любой точке будет различна, — мы называли эту среду *абсолютно неоднородной*. Можно также представить себе такую неоднородную среду, в которой целесообразность любого действия в различных точках может быть как различной, так и одинаковой, — такую среду мы называли *сложной неоднородной средой* (рис. 1).

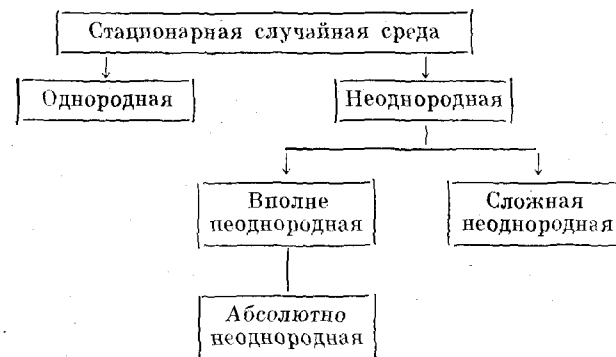


Рис. 1. Типы стационарных случайных сред

На основании общего определения «разумной» системы можно строить различные модели «разумных» систем, отражающие особенности тех сред, в которых функционируют эти системы. Создание моделей «разумных» систем, функционирующих в стационарных случайных средах различного типа, позволит получить представление о возможных формах проявления «разума», анализ же развития этих систем должен дать представление о темпах эволюции разных форм проявления «разума», что необходимо учитывать

при рассмотрении вопроса о *принципиальной возможности встречи* земной цивилизации, которая является «разумной» системой, развившейся в сложной неоднородной стационарной случайной среде, с «разумной» жизнью, возникшей в стационарных случайных средах других типов.

Поскольку человеческое общество является «разумной» системой, функционирующей в сложной неоднородной стационарной случайной среде, проблема контакта «разумных» систем заданного класса будет рассматриваться с позиций такой системы. Модель «разумной» системы, функционирующей в сложной неоднородной стационарной случайной среде, была уже представлена нами ранее в [2, 6]. Здесь же мы выделим только те моменты, которые будут использованы в дальнейших рассуждениях.

В связи с усложнением понятия среды в сложной неоднородной среде понятие опыта в таких средах также усложняется [2, § 4]. В такой среде опыт — это сведения о целесообразности различных действий в различных точках среды, тогда объем опыта должен определяться количеством действий и количеством точек. Сведения о целесообразности каждого действия в каждой точке среды мы называли *первичным* представлением среды. Можно предположить, что данное действие в некоторой совокупности точек может иметь одну и ту же целесообразность. Такие совокупности точек мы называли *объектами*; сведения о целесообразности различных действий по отношению к различным объектам мы называли *вторичным* представлением среды. Можно также допустить, что данное действие при совершении его по отношению к нескольким объектам будет иметь одну и ту же целесообразность — множество таких объектов мы называли *классом*, сведения о целесообразности различных действий по отношению к классам объектов мы называли *обобщенным* представлением среды.

Следует заметить, что при обобщенном представлении среды может оказаться, что один и тот же объект в зависимости от различных действий может входить в различные классы. Классы, содержащие объекты, входящие в другие классы, мы называли сложными классами, соответственно мы говорили о *сложном* (или *толерантном*) [5] представлении среды. В сложной неоднородной среде представление среды — это сведения о целесообразности совершения различных действий по отношению к различным точкам, объектам, классам и сложным классам (мы называли их *элементарными* среды).

Необходимо подчеркнуть, что различные уровни представления среды по-разному соотносятся с тем набором величин, который задает сложную неоднородную среду (мы называли его *исходным* членением среды). Первичное представление среды, являясь сведениями о целесообразности каждого действия в каждой точке среды, совпадает с исходным членением, что же касается всех остальных уровней представления среды, то здесь членение среды уже отличается от исходного — можно его назвать *производным* (общая схема представления среды в сложной неоднородной среде

приведена в табл. 1). Очевидно, что членение среды прежде всего будет определяться набором действий, имеющимся в распоряжении системы. Таким образом, даже в одной и той же среде вполне возможно существование систем с различными наборами действий.

Таблица 1

Представление среды в сложной неоднородной среде

Тип членения	Уровень представления	Элементы среды
Исходное	Первичное	Точки
Производное	Вторичное	Объекты
	Обобщенное	Классы
	Сложное	Сложные классы

Мы рассмотрели возможные способы представления среды в сложных неоднородных стационарных средах. Теперь рассмотрим возможные способы представления *опыта*. Представление опыта, при котором опыт — это сведения о целесообразности данного действия, независимо от точки среды, в которой совершается действие, мы называли [6] *элементарным* способом представления опыта; представление опыта, при котором опыт — это сведения о целесообразности данного действия по отношению к определенному элементу среды, мы называли *простым* способом представления опыта; представление опыта, при котором опыт — это сведения о целесообразности данного действия по отношению к определенному элементу среды при указании исполнителя действия (можно назвать его субъектом действия), мы называли *сложным* способом.

Уровень развития системы, при котором в представлении опыта отсутствует представление среды, мы называли уровнем *существования*. Уровень развития системы, при котором в представлении опыта есть представление среды, мы называли уровнем *представления* среды. Уровень развития системы, при котором в представлении опыта, кроме представления среды, есть еще и указание на субъект действия, мы называли уровнем *сознания* (см. табл. 2).

«Разумные» системы, у которых целесообразность одного и того же действия по отношению к одному и тому же элементу среды при совершении этого действия различными членами системы *не будет отличаться*, мы называли «жесткими» [6] в отличие от систем «нежестких», у которых целесообразность одного и того же действия по отношению к одному и тому же элементу среды *может колебаться в некоторых пределах в зависимости от субъекта действия* [2, 6]. Мы будем различать *частично свободные* «нежесткие» системы — системы, у которых целесообразность одного и того же действия по отношению к одному и тому же элементу среды будет

Таблица 2

Представление опыта в сложной неоднородной среде

Представление опыта	Способ представления	Уровень развития системы
Целесообразность данного действия	Элементарный	Существование
Целесообразность данного действия по отношению к определенному элементу среды	Простой	Представление среды
Целесообразность данного действия по отношению к определенному элементу среды при определенном субъекте	Сложный	Сознание

колебаться в некоторых пределах для различных групп членов системы, но будет равна в пределах одной и той же группы, и свободные «нежесткие» системы — системы, у которых целесообразность одного и того же действия по отношению к одному и тому же элементу среды будет колебаться в некоторых пределах для разных И. Тогда очевидно, что субъектом любого действия у «жестких» систем может быть любой член системы, у «частично свободных» — любой член определенной группы системы, у «свободных» — определенные члены системы. Соответственно мы будем различать такие уровни развития сознания системы, как уровень *первичного* и *вторичного* — простого и сложного сознания (см. табл. 3).

Таблица 3

Типы систем и уровни сознания

Типы систем	Субъект действия	Различимость членов системы	Уровень сознания
Жесткие	Любой член системы	Идентичность всех членов системы	Первичное
Нежесткие:			
частично свободные	Любой член определенной группы системы	Идентичность всех членов определенной группы системы	Вторичное простое
свободные	Определенный член системы	Неидентичность всех членов системы	Вторичное сложное

Экспликация понятий «разумная» система и «цивилизация» и разработка модели «разумной» системы, функционирующей в сложной неоднородной стационарной случайной среде, позволили перейти к обсуждению проблемы космических контактов в рамках строго определенных категорий [7, 8]. Мы рассматривали возможности контакта между заданной системой x — «разумной» системой, функционирующей в сложной неоднородной стационарной

случайной среде, и некоторой «разумной» системой y . Системы, по отношению к которым обсуждалась возможность контакта, мы называли *коммуникантами*.

При обсуждении возможности контакта в этом случае прежде всего возникает вопрос о том, относится ли y к заданному классу систем, — мы обозначали множество таких систем S , множество таких сред M (от «medium»), среду, в которой функционирует y , $m(y)$. В случае отрицательного ответа в силу отсутствия модели систем, не входящих в заданный класс, вопрос о контакте с такой системой на данном этапе не может быть рассмотрен. В случае положительного ответа возникает следующий вопрос: является ли $m(y)$ аналогичной $m(x)$, т. е. *сложной неоднородной* стационарной случайной средой. Мы обозначали множество таких сред C (от «complex»). Для рассмотрения возможности контакта x с системами, функционирующими в стационарных случайных средах различных типов, необходимо разработать модели этих систем, которые должны основываться на общей модели «разумной» системы в стационарной случайной среде. В случае положительного ответа необходимо знать, пересекаются ли наборы действий коммуникантов; мы обозначали набор действий системы A (от «action»). В случае отрицательного ответа, т. е. если системы являются «полярными», контакт невозможен. В случае положительного ответа следует выяснить, не являются ли коммуниканты «близнецами», т. е. нельзя ли установить между наборами их действий взаимно однозначное соответствие. В случае положительного ответа следует выяснить, не являются ли они «двойниками», т. е. нельзя ли установить взаимно однозначное соответствие между их членениями среды; мы обозначали членение среды D (от «dismemberment»). Поскольку среди всех «разумных» систем, населяющих нашу планету и являющихся «близнецами», нет ни одной пары «двойников», существование космических двойников можно считать нереальным, а существование космических близнецов представляется крайне маловероятным (следует отметить, что даже в этом идеальном случае контакт хотя и вполне возможен, но тем не менее его не всегда легко установить)³.

³ Это хорошо описано у Н. Н. Миклухо-Маклая. Желая узнать, каким словом называется у паукообразных лист, он показал его нескольким туземцам и, к своему удивлению, от каждого услышал разное название. Постепенно он выяснил, что один сказал «зеленый», другой — «грязь», «негодная», так как лист был с земли, третий назвал растение, к которому принадлежал лист, и т. д. Таким образом, даже в этом простейшем случае при соотнесении знаков с реалиями было трудно добиться однозначности. Естественно, что соотнесение знаков с выражаемыми абстрактными понятиями представляло еще больше осложнений. Иногда эти трудности, пишет Миклухо-Маклай, оказывались непреодолимыми: «Для ряда понятий и действий я никаким образом не мог получить соответствующих обозначений, для этого оказалась недостаточной как моя сила воображения, так и моя мимика. Как я мог, например, представить понятие «сны» или «сон», как мог найти название понятия «друж», «дружба»? Даже для глагола «видеть» я узнал слово лишь по прошествии четырех месяцев, а для глагола «слышать» так и не мог узнать» [9].

Рассмотрим случай, когда коммуниканты, не будучи «полярными» системами, не являются и «близнецами». Прежде всего здесь возникает вопрос о том, входит ли способ обмена опытом между членами хотя бы одного из коммуникантов в пересекающуюся часть их наборов действий — способ обмена опытом между членами системы мы обозначали e (от «exchange»). Если же способ обмена опытом у коммуникантов не входит в пересекающуюся часть наборов действий и не может быть промоделирован, контакт невозможен.

Примером случая, когда способ обмена опытом между членами одного из коммуникантов входит в набор действий, используемых другим, является установление контакта с глухонемыми, в особенности слепоглухонемыми, когда используются оптический и тактильный способы передачи опыта, на основании которых их обучают акустическому способу передачи опыта. Обучение глухонемых, а особенно слепоглухонемых — это поставленный самой природой эксперимент по установлению контакта между коммуникантами, функционирующими в одной и той же среде, которые не являются «близнецами», но у которых наборы действий пересекаются и способ передачи опыта у одного из коммуникантов входит в набор действий другого. Мы не можем детально рассмотреть этот вопрос, книга слепоглухонемой О. И. Скороходовой [10] дает представление об исключительной сложности задачи установления контакта со слепоглухонемыми. В то же время эта книга является лучшим доказательством возможности контакта между системами, у которых непересекающаяся часть наборов действий довольно существенна. Следует, однако, особо подчеркнуть, что в данном случае контакт устанавливается путем включения одной системы в деятельность другой, причем при очень малом объеме опыта у «включаемой» системы и переходе ее на опыт другой системы, т. е. при «обучении», а не «переобучении», что существенно облегчает задачу.

Если у одного из коммуникантов набор действий существенно меньше набора действий другого и полностью или частично входит в этот набор, контакт будет зависеть от системы с большим набором действий — мы называли ее *инициатором*, а систему с меньшим набором действий — *коммуникатором*, отношение «инициатор — коммуникатор» обозначалось $\rightarrow$. Если же наборы действий коммуникантов только пересекаются, но ни один из них не входит в другой, контакт в равной мере будет зависеть от них обоих — мы обозначали этот случай $\approx$. На рис. 2 представлена полученная схема процедуры определения возможности контакта между рассматриваемыми системами, которая фактически является схемой установления «степени антропоморфности» системы — коммуникатора.

В [7, 8] на основании этой схемы мы обсуждали случай, когда наша система — человеческое общество — является инициатором установления контакта с некоторым коммуникатором — системой заданного класса, функционирующей в сложной неодно-

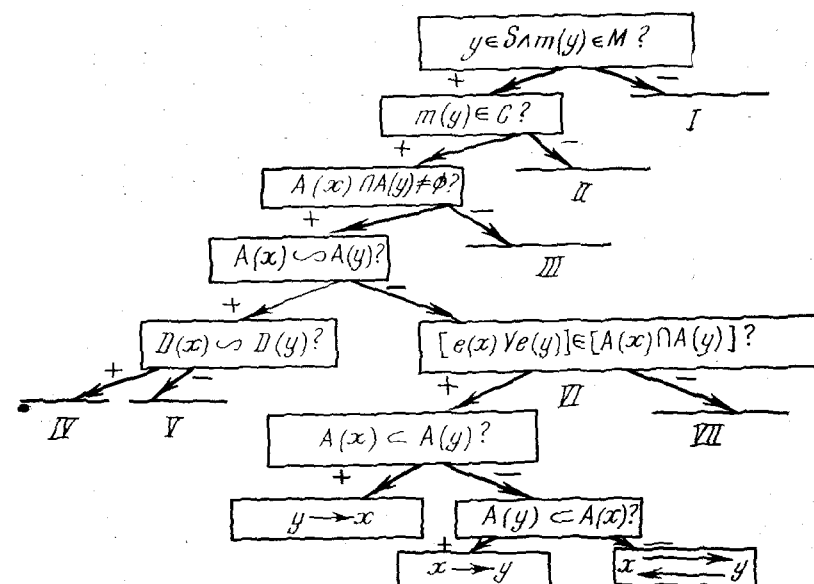


Рис. 2. Схема процедуры определения возможности установления контакта между коммуникантами x и y

I — отсутствие определения «разумности» для систем, которые не входят в заданный класс, не позволяет рассматривать вопрос об установлении контакта с такими системами; II — для рассмотрения вопроса о контакте с этими системами необходима разработка моделей таких систем на основании предложенного определения «разумной» системы; III — x, y «полярны». Контакт принципиально невозможен; IV — x, y «двойники». Контакт возможно установить. Существование космических «двойников» нереально; V — x, y «близнецы». Контакт принципиально возможен. Существование космических «близнецов» маловероятно; VI — контакт принципиально возможен; VII — контакт принципиально невозможен

родной стационарной случайной среде, набор действий которой пересекается с набором действий инициатора, а способ обмена опытом между членами системы входит в набор действий инициатора. На примере попыток установления контакта с таким коммуникатором, как дельфин [11], была показана необходимость моделирования теоретически возможных способов обмена опытом между членами «разумных» систем.

В связи с тем что у коммуникаторов возможны различные уровни сознания, что при попытках установить контакт должно представлять существенные трудности как лингвистического, так и психологического характера, отмечалась необходимость разработки моделей языков «жестких» и «частично свободных» «разумных» систем, на основании которых можно будет проводить экспериментальные исследования. Поскольку не исключено также, что особенности развития системы-коммуникатора могут привести к такому соотношению полов, что оно может оказаться в «непересекающейся» части наборов действия, отмечалась необхо-

димось проведения исследований по моделированию членения среды при другом соотношении полов и переосмысления под этим углом зрения огромного материала по исследованию категории рода в естественных языках.

Рассматривались также некоторые вопросы, связанные с проведением экспериментальных исследований по моделированию процесса установления контакта в условиях «совпадающего» [13, 14] и «несовпадающего» [15, 16] членения среды. Здесь мы хотели бы остановиться еще на одном принципиальном моменте СЕТИ — проблеме понимания. Как и все фундаментальные теоретические проблемы СЕТИ, эта проблема является очень древней, тем не менее общепринятые представления в этой области крайне неопределенны и поэтому не могут быть конструктивно использованы в целях СЕТИ. Так как в пределах данной статьи глубокое обсуждение этой проблемы не может быть проведено, мы хотели бы только наметить пути дальнейшей работы в этом направлении.

Мы считаем, что существующее положение в проблеме «понимания» вызвано тем, что решение этой проблемы связано с решением другой фундаментальной проблемы — проблемы соотношения языка и мышления. Поскольку строгого определения «понимания» до сих пор не дано, этот термин используется на интуитивном уровне, причем, как правило, при этом имеется в виду понимание в рамках языка. В наиболее четкой форме недавно это было сформулировано известным специалистом в области искусственного интеллекта Э. Хантом [17], что фактически свело проблему «понимания» при создании искусственного интеллекта к решению чисто лингвистических задач. Сведение проблемы «понимания» к пониманию в рамках языка, основанное на ошибочном представлении о соотношении языка и мышления, является тормозом в решении этого вопроса для построения искусственного интеллекта [18] и явилось бы тормозом и для СЕТИ.

Согласно принятому нами подходу, в соответствии с которым определения заданных понятий не предлагаются, а выводятся из определения других более широких категорий, определение понятия «понимание» может быть дано только по отношению к определенному «носителю» этого процесса и должно выводиться из его модели. В рассматриваемом нами случае это означает, что определение этого понятия должно выводиться из модели «разумной» системы, функционирующей в заданной среде, и основываться на установленном для этих систем соотношении языка и мышления. Такой подход к разработке проблемы «понимания» должен явиться основой дальнейших теоретических и экспериментальных исследований по разработке «языков-посредников» для установления контакта и моделированию «ситуации установления контакта» [7] между системами, которые на основании приведенной схемы (см. рис. 2) можно было бы назвать «существенно антропоморфными», и для рассмотрения возможности контакта с системами «слабой антропоморфности» — с системами, функционирующими в стационарных случайных средах других типов.

В заключение еще раз подчеркнем,¹ что нами сделаны только первые шаги в обсуждении проблемы контакта «разумных» систем в рамках строго определенных понятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пановкин Б. Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями. — В кн.: Философские проблемы астрономии XX века. М.: Наука, 1976, с. 240—265.
2. Крейн И. М. Опыт построения модели развития систем одного типа по уровню «разумности»: Препринт ИК АН УССР № 77-64. Киев, 1977.
3. Колмогоров А. Н. Автоматы и жизнь. — В кн.: Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная. М.: Наука, 1968, с. 9.
4. Цетлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука, 1969.
5. Зиман Э., Бьюнеман О. Толерантные пространства и мозг. — В кн.: На пути к теоретической биологии. М.: Мир, 1970.
6. Krein I. M. To the definition of the problem of intelligence. — In: XXVIII Congr. Intern. Astronautic. Federation. Praha, 1977. P.: Intern. Acad. Astronautics, 1977, p. 14.
7. Крейн И. М. Принципиальные моменты проблемы контакта человека с «разумными» системами заданного класса. — В кн.: Некоторые вопросы проблемы контакта человека с высокоорганизованными системами/Под ред. В. И. Скурихина: Препринт ИК АН УССР № 77-69. Киев, 1978.
8. Krein I. M. The problem of contact of intelligent systems. — In: XXIX Congr. Intern. Astronautic. Federation. Dubrovnik, 1978, 78-A44, p. 19.
9. Миклаухо-Маклай Н. Н. Собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951, т. 3, с. 90—91.
10. Скороходова О. И. Как я воспринимаю и представляю окружающий мир. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1968.
11. Крейн И. М. Про можливість контактів між людиною і дельфіном. — Вісн. АН УРСР, Київ, 1970, № 6, с. 37—41.
12. Крейн И. М. Исследование языка и интеллекта дельфинов. — Кибернетика и вычисл. техника, Киев, 1970, вып. 7, с. 92—99.
13. Чукреева О. А. Экспериментальное исследование процесса установления структуры текста. — Структурная и мат. лингвистика, Киев, 1977, № 5, с. 110—116.
14. Чукреева О. А. Понимание сообщений в плане проблемы космических контактов (по результатам экспериментального исследования). — В кн.: Некоторые аспекты проблемы понимания/Под ред. В. И. Скурихина: Препринт ИК АН УССР № 78-73. Киев, 1978.
15. Крейн И. М. Об одном подходе к развитию искусственного интеллекта (экспериментальное исследование естественного интеллекта). — В кн.: Труды IV Междунар. объедин. конф. по искусственному интеллекту: Доп. матер. М.: ВИНТИ, 1975, с. 144—151.
16. Комарова Т. Н. Экспериментальное исследование процесса установления контакта при различном членении среды. — В кн.: Некоторые вопросы проблемы контакта человека с высокоорганизованными системами/Под ред. В. И. Скурихина: Препринт ИК АН УССР № 78-69. Киев, 1978.
17. Хант Э. Искусственный интеллект: Пер. с англ. М.: Мир, 1978.
18. Krein I. M. Representation of the environment in a complex heterogeneous stationary random medium. — In: Current topics in cybernetics and systems: Proc. Fourth Intern. Congr. Cybernetics and Systems/Ed. by J. Rose. Berlin; Heidelberg; New York: Springer — Verl., 1978.

Б. Н. Пановкин

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБМЕН МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ВЫСОКООРГАНИЗОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

1. Проблема внеземных цивилизаций в ее естественнонаучном аспекте в последнее время обсуждалась с позиции технической возможности осуществления канала связи между цивилизациями в предположении о принципиальной возможности содержательного информационного обмена (взаимопонимания) между космическими корреспондентами. Суть этого предположения, однако, как правило, глубоко не анализировалась. Фактически оно постулировалось как одна из необходимых посылок для дальнейшего обсуждения. Положения же, которые, по мнению авторов, должны были быть «обоснованием» этого предположения, высказывались с позиций естественнонаучного «здравого смысла». Анализ теоретико-познавательных предпосылок таких рассуждений показывает, что они не могут считаться удовлетворительными с точки зрения современного знания (см. [1]).

Обобщение подобных высказываний дает возможность лишь выявить тот «идеальный» образец, которому должна соответствовать иная цивилизация, с которой могла бы вступить в информационный контакт земная цивилизация, без дополнительного знания о природе такой цивилизации, степени отличия ее от человеческого общества. Такая идеальная модель по необходимости оказывается совпадающей с моделью человеческого общества, и на ее основе в действительности нельзя провести анализ тех трудностей, которые могут возникнуть при попытке вступить в контакт с иными высокоорганизованными системами.

Для такого анализа необходимо рассмотреть общую схему, обобщающую принципиальные стороны познавательной деятельности разумных систем, в которых были бы заложены возможности различных вариантов реализации такой деятельности. Это позволило бы определить, хотя бы в самом общем (или упрощенном) виде, те пределы расхождения в организации систем по тем или иным существенным признакам, в которых еще возможен в определенных условиях информационный контакт между такими системами. В настоящей работе и предпринимается попытка такого исследования.

2. Обоснованные выводы о природе информационного обмена между различными высокоорганизованными системами могут быть сделаны лишь на основе систематического анализа накопленного наукой материала по таким вопросам, как взаимодействие культур, языков, проблема обучения, ассимиляция социальных идей и т. п., а также в плане общего методологического анализа природы познавательного процесса.

Основой взаимопонимания, информационного обмена между разными сообществами в земных условиях является общность предметно-материальной и социальной деятельности. На этой основе и возникают общие закономерности процесса взаимопонимания между обществами различных языковых систем, различных культур, разных уровней социального развития в условиях непосредственного взаимодействия.

Материальный контекст предметно-материальной деятельности является для человеческих сообществ практически единым в силу биогенетической общности человеческого вида, практически постоянного материального взаимодействия. На определенном этапе формирования социального отражения «вещей» и явлений внешнего мира для всего человеческого общества сложился определенный категориальный каркас выделения и формирования материальных «объектов познания». Основные черты этого категориального каркаса определяются системой специфически «человеческого» восприятия действительности.

Социальная надстройка над практически одним и тем же материальным контекстом, материальным «телом» цивилизации в принципе может приводить к разным способам «видения» мира, созданию различных «картин мира». В познавательной деятельности в ее развитой форме выделяется научно-познавательная, в частности естественнонаучная. В естественнонаучных картинах мира на определенном историческом этапе материальный мир предстает как самостоятельный, «отчужденный» от субъекта познания объект с его собственными, имманентными закономерностями. Гносеологической основой такого независимого от субъекта представления природных объектов в естественнонаучных картинах мира является первичность, объективное существование материального в познавательном отношении. Однако такая объективизация материальной действительности, фиксирующая конкретно описываемые свойства и закономерности объектов внешнего мира, является «абсолютной» лишь в конкретном познавательном отношении, при указании на определенный субъект познания. Свойства природных объектов, описываемых в естественнонаучных картинах мира, нельзя абсолютизировать полностью, отрывая их от субъекта познания, и приписывать их некой «действительности вообще», считая, что они тождественны, «одинаковы» для любого субъекта материальной и познавательной деятельности. Эти обстоятельства создают особую трудность при обсуждении проблемы межзвездной связи, так как надежда на общность «видения мира» должна связываться с надеждой на совпадение индивидуальных субъективных «картин мира» каждой из цивилизаций [1].

Практическая и познавательная деятельность разумных сообществ является исторически развивающимся во времени диалектическим процессом. Картины мира — результат, итог такого процесса. Сам материальный контекст тоже изменяется по форме и содержанию в процессе развития цивилизации, также являясь «процессом».

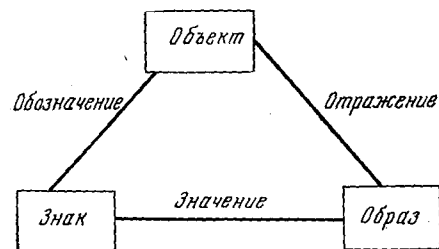


Рис. 1. Схема познавательно-информационного процесса

Мы не можем выделить этот контекст из «всей» материальной действительности как некую «часть» во всем конкретном богатстве связей, а можем противопоставить его лишь в крайне абстрактном общем виде как фрагмент объективной реальности, затронутый человеческой деятельностью, по отношению ко «всей» объективной реальности. Поэтому мы и не можем вести рассуждения о «совпадении» или «пересечении» материальных контекстов двух различных разумных сообществ в материальном мире, если нет оснований считать, что они обладают глубокой общностью как одинаковые процессы самоорганизации и развития [1].

Даже если в рамках условной постановки задачи предположить единство материального контекста для различных цивилизаций, то необходимо учитывать и вариабельность систем отражения «одного и того же» материального контекста.

3. Получение содержательной информации является познавательным процессом. Элемент, или «ячейку», познавательного процесса можно описать в виде так называемой знаковой ситуации. Познавательно-информационный процесс, связанный с каким-то конкретным предметом изучения (объектом), предстает в виде трехчленного отношения — «объект» — «идеальный образ» — «знак» (рис. 1). Между этими элементами существуют определенные связи, показанные на рис. 1. В дальнейшем в качестве объектов будем рассматривать «реальные природные объекты» (предметы познания, непосредственно соотносимые с воспринимаемыми единичными, конкретными объектами действительности), «вещи» материального контекста. При отображении в познании фрагмента материального мира схема знаковой ситуации остается в принципе той же. Только вместо «единичного» объекта в ней будет представлена система, совокупность объектов со связями и отношениями между ними, вместо единичного образа — системный, синтетический субъективный образ отображаемого фрагмента, картина мира в сознании субъекта познания, вместо единичного знака — знаковая система, овеществленная система знания, тезаурус. Подобная схема не отражает динамики познавательного процесса, а рассматривает ситуацию сложившегося знания о внешнем мире. Следует учитывать и то, что «объект» или «фрагмент мира» формируется практической и познавательной деятельностью субъекта, субъективный образ возникает в процессе осознания результатов деятельности субъекта, а сложившаяся знаковая система

является итогом, результатом познавательной деятельности. Все эти моменты диалектически взаимосвязаны в реальном временном процессе, и представленная схема лишь аналитически «разобщает» их в «статическом» зафиксированном познавательном моменте.

Схема на рис. 1 является достаточно общей и может быть применена при обсуждении познавательной деятельности самым различным способом «устроенными» субъектами познания. Но в общем случае для разных высокоорганизованных систем все составляющие знаковой ситуации различны (не совпадают и объект, и образ, и знак). Конечно, первым необходимым условием для того, чтобы существовала некоторая общность в картинах мира различных цивилизаций, является совпадение фрагментов отображаемого мира. Как уже отмечалось, выделение фрагмента действительности «самой по себе» является даже в абстракции неразрешимой задачей. «Внутри» процесса познания данной цивилизации это невозможно. Но в рамках условной задачи можно предположить следующее: фрагменты действительности, осваиваемые двумя разными цивилизациями, включены в фрагмент действительности некоторой третьей «сверхцивилизации» и могут в нем описываться. С позиций этой общей системы можно зафиксировать материальные контексты обеих исследуемых цивилизаций и, в частности, определить их «совпадение» или «пересечение». Далее введем упрощающее предположение, что все рассматриваемые элементы материального контекста (во всяком случае «общей части» для разных цивилизаций) равно доступны для познавательной деятельности обеих систем и даже являются «непосредственно наблюдаемыми» (а не сложными теоретическими конструкциями, недоступными для непосредственной феноменологической фиксации).

Следующим необходимым упрощением будет предположение об одинаковости членения заданного фрагмента мира различными системами на объекты (однопорядковые системы «вещь» — «свойство» — «отношение»). Само предположение об «общности» материального контекста не гарантирует того, что конкретная артикуляция, расстановка информационной значимости элементов в системах познания различных систем, да и сами эти познавательные системы будут не только схожими, но даже и сравнимыми. В принципе расхождение в «членении» «одного и того же» фрагмента действительности может быть настолько велико, что оно приведет к невозможности информационного обмена.

Теперь опишем основную модельную схему (рис. 2). Пусть S_1 и S_2 — некоторые высокоорганизованные системы. Системам S «представляется» некоторая последовательность «вещей» — объектов с конечным набором свойств-признаков. Эти объекты последовательно и одновременно «предъявляются» обеим системам. «Шаг» работы систем заключается в том, что по предъявлении очередного объекта системы классифицируют объект по соответствующей классификационной системе K^1 , K^2 , относя его к определенному классу классификации K_i . После проведенного классифицирования системы демонстрируют знаки объекта R и P .

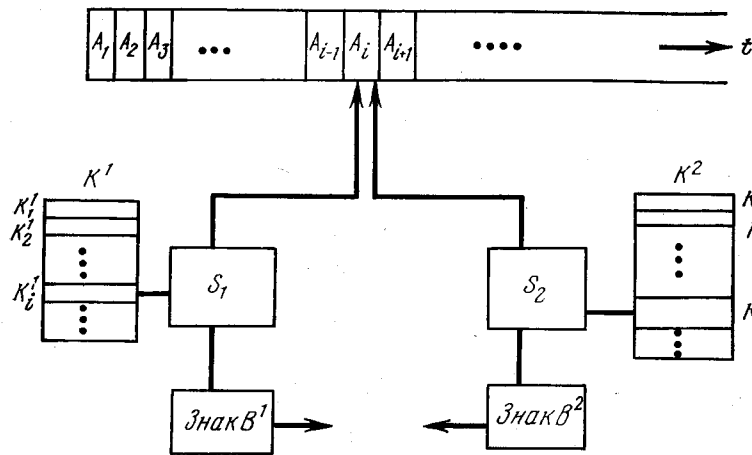


Рис. 2. Модельная схема

последовательность объектов A_i в данной схеме имитирует фрагмент внешнего мира, «общий» для обеих систем. Процесс классифицирования на каждом «шаге» является знаковой ситуацией для обеих систем. Классификационные схемы K^1, K^2 — это аналоги «знания» о «внешнем мире» объектов, «тезаурусы» S . Подчеркнем, что разница в классификационных схемах $K^1 \neq K^2$ не определяется разным «членением» внешнего мира (это членение задано самой системой единичных объектов), а представляет «расхождение во взглядах» на «одни и те же системы объектов». Эти расхождения могут определяться, например, разницей в исторической практической деятельности (разной практической «ценностью» тех или иных конкретных свойств «тех же» объектов для разных систем).

Будем считать, что система S_1 имеет возможность получить содержательную информацию от системы S_2 , если некоторый объект A_i «предъявлен» только системе S_2 , а система S_1 воспринимает лишь информативный сигнал от S_2 (в виде знаков системы S_2). Задача заключается в анализе необходимых условий для осуществления такой возможности. Обмен информацией будем рассматривать как обоюдную возможность получения такой информации для обеих систем. Эта схема при всем упрощении достаточно «богата», так как сохраняет основные свойства информационно-познавательного процесса.

В то же время эта упрощенная модель является недостаточно четко формально логически определенной, описанной на «словесном» уровне. Поэтому рассмотрим некоторый формальный аналог схемы.

Введем определения. Пусть задано конечное множество N элементов разного вида

$$U = a_1; a_2; \dots; a_N.$$

Рассмотрим некоторое разбиение I множества U

$$U = T_1^I \cup T_2^I \cup \dots \cup T_{m_I}^I,$$

а также разбиения каждого подмножества T_i на подмножества

$$T_i^I = E_{i1} \cup E_{i2} \cup \dots \cup E_{in_i}.$$

Будем считать, что множества T_i представляют «классы толерантности» T множества U , а множества E_{ip} — «классы эквивалентности» данного множества T_i .

Назовем «объектом в I» A^I — множество систем представителей классов толерантности:

$$A^I = \{t_1^I; t_2^I; \dots; t_{m_I}^I\}, \quad t_k \in T_k^I.$$

Разбиением I_{T_i} множества A^I по заданному классу толерантности T_i назовем такое разбиение $A^I = B_{i1}^I \cup B_{i2}^I \cup \dots \cup B_{in_i}^I$, что объект A_z^I тогда и только тогда входит в B_{ik}^I , если

$$t_p \in A_z^I, \quad t_p \in E_{ik}^I.$$

Иконическим знаком объекта A_z^I по разбиению I_{T_i} назовем любой объект подмножества B_{ik}^I при разбиении I_{T_i} , в которое входит A_z^I (в том числе и сам A_z^I).

Зафиксировав некоторое I_{T_i} , выберем из T подмножество $T^* \subset T$ так, что для любого $T_f \in T^*$ $n_f = n_i$, но $T_f \neq T_i$. Совершив разбиение I_{T_f} и приведем во взаимно однозначное соответствие подмножества разбиений I_{T_f} и I_{T_i} .

Условным знаком некоторого объекта A_z^I по разбиению I_{T_f} в системе I_{T_f} назовем любой объект A_{zs}^I , который входит в такое подмножество E_{fi}^I разбиения I_{T_f} , которое поставлено во взаимно однозначное соответствие с тем подмножеством разбиения I_{T_i} , в которое входит A_z^I .

Теперь рассмотрим другое разбиение II множества U на классы толерантности и построим все соответствующие приведенным выше для I теоретико-множественные конструкции, обозначая их верхним индексом II.

Назовем «общим объектом» подмножество $\bar{A} = A^I \cap A^{II}$.

Дадим теперь модельную интерпретацию введенным объектам. Пусть элементы $a_i \in U$ — это «признаки» (свойства). Каждый класс толерантности объединяет общие в каком-то плане для данной системы элементы-признаки, определяющие «одно и то же» свойство, а классы эквивалентности объединяют элементы, выражающие одно и то же для данной системы «значение» данного свойства. «Объект b » можно считать моделью какой-то отдельной «вещи», описываемой на языке одноместных предикатов-признаков

как некоторая система определенных значений непротиворечивых совместных свойств, присущих каждой вещи в «материальном мире», описываемом системой S_1 или S_2 . Разбиение на «объекты b » и будет представлять способ членения некоторого материального фрагмента U (заданного первоначально в «нерасчлененном виде») системой S_1 (и соответственно S_2) на вещи-объекты — дискретные, единичные, непротиворечивые. A представляет область «одинакового членения» мира на объекты обеими системами.

Сделаем упрощение, предположив, что членение мира U на объекты системами S_1 и S_2 таково, что совпадают $T^I = T^{II}$, $m_I = m_{II} = m$. Отметим, что в этом случае несовпадение разбиения на классы эквивалентности может приводить к тому, что объекты одинаковые, «неразличимые» для S_1 , не обязательно будут таковыми для S_2 (и наоборот).

Определим теперь принципы классифицирования K объектов A_i системами S_1 и S_2 следующим образом: каждая система классифицирует объекты по одному из признаков, избранному этой системой (T_i для S_1 , T_k для S_2 , $T_i \neq T_k$). Тогда отнесение при классифицировании каждого объекта в соответствующую рубрику классификационной сетки K_i и будет соответствовать разбиению множества объектов по заданному «существенному» признаку T .

Понятен и термин «иконический знак». По определению это знаки, которые сохраняют определенные (существенные для данной знаковой ситуации) черты объекта, данные в чувственном отражении. В данной модели «единственный» смысл знаковой ситуации заключается в определении классификационных признаков, а «чувственно» системами S_1 , S_2 «воспринимаются» и регистрируются значения признаков (с точностью до класса эквивалентности). Но именно такими свойствами «иконичности» как раз и обладают все объекты, входящие в подмножества соответствующего разбиения по T .

Для дальнейшего изложения предположим полное совпадение I и II. Тогда для систем S_1 , S_2 не только существует единая общая система объектов A , но и объекты, «различимые» («неразличимые») для S_1 , будут таковыми и для S_2 . Лишь по мере надобности, при рассмотрении соответствующих задач, мы снова будем вводить усложняющие предположения. В этих условиях можно проиллюстрировать нашу схему простым примером.

Пусть $U = a_1; a_2; a_3; a_4; a_5; a_6$ разбито на два подмножества, представляющих два класса толерантности $T_1 = (a_1, a_2, a_3)$, $T_2 = (a_4, a_5, a_6)$. Пусть T_1 означает «иметь форму», а a_1, a_2, a_3 соответственно «быть кружком» ($\bigcirc$), «треугольником» ($\triangle$), «квадратом» ($\square$). T_2 означает «иметь цвет», а a_4, a_5, a_6 «красный» (к), «зеленый» (з), «синий» (с). Тогда объекты A_i будут различным образом окрашенные фигуры: «красный треугольник» ($\triangle_k$), «синий кружок» ($\bigcirc_c$) и т. д.

Пусть S_1 ведет классифицирование по T_1 , а S_2 по T_2 . Тогда S_1 расклассифицирует A_i по «рубрикам»: $K_1^1 = \bigcirc_k, \bigcirc_c, \bigcirc_z$; $K_2^1 =$

$= \triangle_k, \triangle_c, \triangle_z$; $K_3^1 = \square_k, \square_c, \square_z$, а S_2 по «рубрикам»: $K_1^2 = \bigcirc_k, \bigcirc_c, \bigcirc_z$; $K_2^2 = \triangle_k, \triangle_c, \triangle_z$; $K_3^2 = \square_k, \square_c, \square_z$. Эти «рубрики» и будут представлять классификационное разбиение множества объектов и одновременно систему иконических знаков.

Теперь рассмотрим работу модели при введенных упрощениях. Эту работу можно разбить на дискретные операции — «шаги». Шаг начинается с поступления на «вход» модели («предъявления») очередного объекта A_i . Для простоты можно считать, что на вход подается последовательно полный перебор всех разных объектов в определенном порядке и затем этот перебор (цикл) повторяется столько раз, сколько необходимо для решения определенной задачи. В ответ на предъявление объекта каждая система S_1 , S_2 дает «ответную реакцию» в виде демонстрации иконического знака поступающего объекта. Предположим, что при каждом появлении одного и того же объекта выбор иконического знака совершается системой путем перебора всех возможных знаков данного объекта в определенном порядке с циклическим повторением. На ответной реакции шаг работы заканчивается и начинается новый шаг.

Выше описана фактически работа некоторого конечного ленточного автомата с конечным входным и выходным алфавитом (объекты и знаки). Поскольку знаки здесь те же объекты, то алфавиты совпадают. Поступление сигналов определяется заданным циклом. Автомат «распознает образы», сравнивая поступающий сигнал-объект со стандартными объектами классификационной сетки и т. д.

Задача работы модели заключается в обучении одной системы классификационному разбиению другой системы. В силу введенных выше определений предъявление «знака» в ответ на появление одного и того же объекта A_p является последовательным перечислением всех объектов, попадающих в ту же «рубрику», что и A_p . В силу этого достаточно n_p повторений появления данного объекта A_p (или, что то же самое, n_p циклов перечисления всех объектов) для того, чтобы полностью определить соответствующее данному объекту подмножество разбиения B (n_p — число разных объектов в этом подмножестве). Поэтому достаточно P циклов предъявления объектов $P = \max_p \{n_p\}$ для полного определения классификационной схемы другой системы. В действительности для данной модели необходимо меньшее число шагов из-за конечности комбинаторных вариантов.

Таким образом, для обучения классификационной схеме достаточно простое «наблюдение» знаков-объектов, которые являются реакцией системы на «входной» объект, в течение некоторого времени (необходимого числа шагов).

После «обучения» система может в ответ на поступление очередного объекта посылать другой системе не «свой» знак, а знак в «языке» другой системы. По определению это и означает возможность «взаимопонимания» и «обмена информацией» (например,

система S_1 может послать S_2 «понятную» ей информацию об объекте, который предъявлен только системе S_1).

Последовательность информационных действий в модели можно представить следующим образом: первый период «обучения» — обе системы наблюдают знаки-объекты другой системы. Начиная с некоторого момента после числа шагов, необходимых для обучения, в «работе» систем замечается изменение — системы S_1, S_2 в ответ на поступление на «вход» очередных объектов реагируют демонстрацией «чужого» адекватного знака — фактически переходят на классификацию другой системы. Это изменение и сигнализирует о завершении данной системой периода «обучения». Представим формально «уровни отражения знания систем друг о друге» в виде так называемых рангов рефлексии: пусть S_1, S_2 означает « S_1 знает классификацию S_2 ». Соотношение S_1, S_2 необходимо и достаточно для того, чтобы S_1 могла послать S_2 информацию в языке S_2 . Рассмотрим теперь ситуацию приема информации от S_1 в языке S_2 . С точки зрения S_2 эта ситуация становится для S_2 понятной при условии $S_2 S_1 S_2$ (« S_2 знает, что S_1 знает систему классификации S_2 »). В свою очередь уверенность передающей S_1 в том, что S_2 поймет изменение в коде знаков, базируется на $S_1 S_2 S_1 S_2$ (более высокий ранг рефлексии по сравнению с ситуацией «возможности» такой передачи $S_1 S_2$). В общем случае положение симметрично для обеих систем. Для осуществления «взаимопонимания» и «обмена информацией» в рассмотренном выше случае, таким образом, необходима «рефлексивная игра» с рангом рефлексии $S_1 S_2 S_1 S_2$ ($S_2 S_1 S_2 S_1$).

Рассмотренный вариант соответствует случаю обмена «известной», тривиальной информацией, которая не вносит принципиально нового в «знание» систем S_1, S_2 (не изменяет классификационной схемы K). Обобщим простейший вариант на случай обмена «качественно новой информацией», меняющей структуру «знания», «тезаурусы» систем.

Предположим, что S_1 является «более развитой по знанию», чем S_2 , — система «знания» S_1 включает «знание» S_2 . Для этого положим, что разбиения I, II по T совпадают, но разбиение на классы эквивалентности проведено таким образом, что любой E_{ik}^I для S_2 из T_i представим как объединение соответствующих E_{ip}^I для S_1 из того же T_i :

$$E_{ik}^{II} = \bigcup_p E_{ip}^I.$$

Действительно, тогда S_1 различает все объекты, которые различает S_2 , но вдобавок S_1 способна к более тонкой градации некоторых объектов, представляющих для S_2 как одинаковые.

Рассмотрим операции, необходимые для того, чтобы S_2 под действием информации, получаемой от S_1 , смогла бы «углубить» свое «знание», внося соответствующие изменения в K^2 .

Сделаем следующие предположения.

А. Пусть T_k — класс толерантности, по которому S_2 ведет классифицирование объектов, n_k^{II} — число классов эквивалентности в II для T_k . В соответствии с вышесказанным положим, что $n_k^{II} < n_k^I$.

Б. Предположим, что среди классов толерантности существует такой T_m , что $T_m \neq T_k$ и $n_m^I = n_m^{II} = n_k^I$.

В. Предположим, что S_1 может каким-то образом определить T_m (обсуждение необходимых и достаточных условий для п. А—В мы опускаем).

Для осуществления передачи нетривиальной информации от S_1 к S_2 необходимы, во-первых, выполнение всех предварительных операций «обучения» S_2 и посылка информации в языке S_2 , описанных в предыдущем случае.

Следующей стадией будет посылка к S_2 информации об объектах с использованием в качестве классификационной системы T_m и обучение S_2 этому новому языку классификации. В соответствии с определениями S_1 использует определенную систему условных знаков для этой операции. После обучения по описанным правилам S_2 убедится в «избыточности» с ее точки зрения системы обозначения T_m , предложенной S_1 (некоторые «одинаковые объекты» обозначаются разными условными знаками), а это может явиться стимулом к «исследованию» — углубления своего знания об объекте и перехода (уже в системе S_2 !) на более детализированную схему K^1 (соответствующую более «детальному» знанию о T_k).

Отметим следующие важные моменты.

Действия S_1 сводятся к «обучающим указаниям». Только после того как S_2 осуществит внутренний прогресс, усовершенствует познавательный аппарат и практически убедится в существовании объективных различий в «неразличимых» до того времени объектах, она изменит свое «знание». Кроме того, в рамках данной постановки фактически делается предположение о сходстве истории развития познания S_1, S_2 , так как не только постулируется «сходство» включения знаний на данный момент (разбиение на T_i), но и предполагается сходство «производных» изменения знания — S_2 изменяет структуру знания в определенном направлении — так, что и в последующем знание S_2 включено в знание S_1 (то же, вообще говоря, относится и к «прошлому» — сходство в знании S_1, S_2 в виде одинаковости членения мира может обеспечиваться лишь «совпадением» их предыстории). Обмен «новой» информацией с позиций рефлексивной игры требует увеличения формального ранга рефлексии до $SSSSSS$, что собственно формально учитывает наличие трех стадий: «обучение», «тривиальный обмен информацией», «получение качественно новой информации» в виде очередных перемен «языка» передач.

Дальнейший анализ показывает, что при определенных условиях возможно установление информационного обмена в более сложном случае «разноразвитости» S_1 и S_2 в разных областях (некоторые T_i представимы в S_1 как объединения классов эквива-

лентности S_2 , а другие T_k в S_2 как объединения соответствующих S_1). Если же представления классов эквивалентности в разбиениях I и II не сводятся к такому виду, то возникают принципиальные трудности, задача оказывается только частично разрешимой в отдельных случаях. Наконец, введение предположения о разном членении одного и того же материального фрагмента U на классы толерантности делает задачу неразрешимой.

4. Предложенная модель достаточно адекватно отражает общие свойства информационного процесса, протекающего при «обмене информацией» высокоорганизованными системами. В то же время она достаточно проста для проведения модельного анализа интересных задач, иллюстрирующих необходимые условия для осуществления «контакта» между различными системами («цивилизациями»).

Анализ модели показывает, какие принципиальные трудности возникают при расхождении в «познавательных инструментах» систем. В самом деле, рассмотренная модель описывает случай «прямого контакта» (S_1 и S_2 не только могут обмениваться знаками, но и могут использовать в общении «одни и те же» материальные объекты, непосредственно фиксируя, какой именно объект обозначает данный знак). При этом предполагается не только сходство «членения» мира на объекты цивилизациями, но очень большая схожесть классификационных схем, что означает соответствие всего пути социально-практического развития («включение» знания).

Даже в этих благоприятных условиях для осуществления информационного взаимопонимания необходимо ведение многостадийной «встречной рефлексивной игры».

ЛИТЕРАТУРА

1. Пановкин Б. Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями. — В кн.: Философские проблемы астрономии XX века. М.: Наука, 1976, с. 240—265.

УДК [007:654.028.2]+612.821.8

В. В. Иванов

О ЗАВИСИМОСТИ СТРУКТУРЫ ЯЗЫКА ОТ УСТРОЙСТВА, ПОЛЬЗУЮЩЕГОСЯ ЯЗЫКОМ

1. Проблема взаимной зависимости структурного типа языка, типа языкового общения и типа устройства (или устройств), участвующего в общении, объединяет исследования, посвященные соотношению структуры естественного языка и психофизиологической организации человека, характеристик искусственных логических языков и устройства электронной вычислительной машины

(ЭВМ), а также сопоставлению естественных языков с сигнализацией в других биологических системах. Единство последней проблемы и всего комплекса исследований в области связи с внеземными цивилизациями (ВЦ) один из первых отметил создатель теории информации Шеннон, который еще 20 лет назад предложил изучение сигнализации пчел, открытой Фришем, в качестве предмета для исследования ВЦ.

2. Для первого периода развития кибернетики характерно было сравнение принципов работы ЭВМ и мозга на основе использования логических моделей и, в частности, описание нервных импульсов как «различителей» и представление структуры нервных сетей на логическом языке [1]; соответственно на первый план выдвигался принцип универсальности мозгового вещества. Но уже в это время наиболее проникательные исследователи, занимавшиеся сравнением ЭВМ и мозга, ставят вопрос о различии языков, которые в них используются. По словам фон Неймана, «в центральной нервной системе логика и математика, рассматриваемые как языки, структурно должны существенным образом отличаться от тех языков, с какими обычно мы встречаемся в нашем опыте» [2, с. 60]. Шеннон поясняет идею фон Неймана: «Если принять мозг за некую разновидность вычислительной машины, то вполне можно предположить, что внешний язык, которым мы пользуемся при общении друг с другом, может быть совершенно отличен от внутреннего языка, используемого при вычислениях (которые включают, разумеется, все логические и информационные операции наряду с арифметическими вычислениями)» [3]. Эти мысли фон Неймана были основаны на представлении о моделировании одной машиной (Тьюринга) работы другой машины при полном различии внутренних кодов обеих машин. Дальнейшее развитие этой идеи привело фон Неймана к исследованию автоматов такой сложности, при которой создание объекта проще, чем его описание [4]. По сходному пути шло изучение сложности конечных объектов в работах А. Н. Колмогорова, существенным образом связанных с проведенными им опытами теоретико-информационного и теоретико-вероятностного исследования естественного языка и его использования в художественной литературе [5].

Подобно тому как фон Нейман полагал, что зрительный аппарат головного мозга настолько сложен, что его описание не может быть проще его самого, точно так же для А. Н. Колмогорова наиболее простым способом моделирования процесса написания поэмы Пушкина оказывается повторение этого процесса. С исследованием этой проблемы связано изучение таких последовательностей, которые нельзя определить программой, более короткой, чем длина l последовательности в случае, когда энтропия $H(x)$, под которой понимается минимальная длина построения одного объекта по другому, не меньше длины самого объекта x [6, 7]; $H(x) > l(x)$. Создаваемая в последние годы теория вычислений на машинах с определенными ограничениями на способ вычисления (в частности, на время) [8, 9] по существу дает возможность по-

ставить вопрос о соотношении языка и устройства, его использующего, применительно к искусственным языкам и машинам.

Результаты всего этого направления исследований позволяют усомниться в реальности предположения о том, что эффективным способом общения с внеземной цивилизацией была бы передача программы построения ЭВМ [10, с. 303—304], напоминающая старую идею Винера о передаче человека по телеграфу. Та информация о машине, которая может быть передана за обозримый период времени, вероятно, была бы избыточной с точки зрения любой развитой цивилизации. Передача же программы построения более сложных объектов («генетического кода кошки» вместо самой кошки) предполагает уровень развития науки, нами еще не достигнутый (такой технологический уровень цивилизации по существу и предполагается теорией направленной панспермии Крика и Оргела).

3. Сопоставляя естественный язык с языком математики, фон Нейман в обоих этих языках видел «исторические, случайные формы выражения» [2, с. 59]. Эти мысли одного из крупнейших математиков века следует иметь в виду при обсуждении повторяющихся предложений использовать нашу математику как язык которых-либо цивилизациями. Математика связана с недея связи с внеземными цивилизациями. Математика связана с некоторыми характеристиками языка (и обусловившего их психофизиологического устройства) человека и в известной человеческой форме может не быть вполне универсальной. Еще Декарт, по праву считающийся родоначальником современной «картезианской лингвистики», видел в математике особый язык, вырастающий из естественного. К сходной мысли многократно возвращался Бор, считавший математику «скорее усовершенствованием общего языка, оснащающим его удобными средствами для отображения таких зависимостей, для которых обычное словесное выражение оказалось бы неточным или слишком сложным. В связи с этим можно подчеркнуть, что необходимая для объективного описания однозначность определений достигается при употреблении математических символов именно благодаря тому, что таким образом избегаются ссылки на сознательный субъект, которыми пронизан повседневный язык» [11].

Глубина последней мысли Бора подтверждается лингвистическими исследованиями недавнего времени, показавшими, в какой существенной степени структура грамматических категорий всех естественных языков определяется схемой акта коммуникации, включающей субъекта речи [12—14]. Для языка науки даже в тех случаях, когда он еще не стал формализованным искусственным языком, характерно, напротив, стирание форм личного выражения (тенденция к замене форм личного местоимения первого лица единственного числа, к употреблению безличных и неопределенно-личных глагольных конструкций и т. п.), с чем можно связывать и более общее стремление к анонимности [15] или к обобщенно-собирательному авторству (одним из выражений которого является увеличение числа работ, подписываемых боль-

шими группами ученых). Если в структуру естественного языка встроены отсылки к людям — участникам акта речевого общения, то научный язык, субъектом которого является в принципе целая группа, тяготеет к избавлению от этих ссылок, что и достигается окончательно в искусственных языках.

Неоднократно высказывавшуюся Бором мысль о неудобстве обычного языка и необходимости его замены языком математики можно было бы переформулировать таким образом, что уже измерительные приборы в принципе допускают другой язык описания. Показания искусственных рецепторов (даже если речь идет об обработке этих показаний человеком) оказываются неудобным описывать на естественном языке, характеристики которого связаны с психофизиологическими особенностями человека. Тем более это относится к искусственным рецепторам, обработка данных которых производится (в частности, в космических полетах) системами искусственного интеллекта.

По словам Вейля, «по-видимому, мы нуждаемся в более глубоком эпистемологическом анализе того, что составляет эксперимент, измерение, и того, на каком языке сообщаются его результаты. Тот ли это язык, который используется в классической физике, как, по-видимому, думал Н. Бор, или это «естественный язык», на котором каждый в повседневной жизни общается с миром, с себе подобными и с самим собой? Аналогия с гильбертовой математикой, где существенным внелогическим основанием служат практические манипуляции с конкретными символами, а не задание какого-то «чистого сознания», может, по-видимому, подсказать ответ на последний вопрос. Означает ли это, что развитие современной математики и физики происходит в том же направлении, что и развитие современной философии, прочь от идеалистической точки зрения к экзистенциальной?» [16]. Как ранее было предложено автором, соответствующие задачи могут быть решены посредством таких машинных экспериментов, при которых машина должна соотносить данные приборов (искусственных рецепторов) с утверждениями на определенном языке — естественном или искусственном [17]. Такие задачи входят в круг вопросов, изучаемых в связи с проблематикой искусственного интеллекта.

4. Решение поставленных выше вопросов зависит от общей проблемы, которая формулируется как соотношение языка и некоего устройства (или устройств), оперирующего с языком. Наиболее обычный случай, с которым имеет дело лингвистика, представляет речевое общение двух или более людей, пользующихся естественным языком. Зависимость структуры этого языка от психофизиологической организации человека становится все более очевидной по мере исследования языков другой структуры, связанных с устройствами, принципиально отличными от человека. С этой точки зрения особый интерес представляет коммуникация между людьми и ЭВМ. Кибернетическое представление о коллективе как сети коммуникаций между источниками и получателями сообщений позволяет говорить о коллективе, состоя-

щем из людей и ЭВМ. Общение в этом коллективе на первых этапах осуществлялось почти исключительно с помощью искусственных машинных языков. Однако за последние годы обнаруживается явственная тенденция к экспансии естественного языка в эту область общения, что представляет любопытную аналогию той вероятной победе естественного языка в теоретической сфере, которая сформулирована в приведенных словах Вейля (и в несколько ином плане — в программе, намеченной фон Нейманом, полагавшим, что теория автоматов позволит выявить в будущем тот язык мозга, который отличается от языка математической логики). Во-первых, языки программирования все более сближаются с естественными языками, что объясняется необходимостью сделать их более удобными для пользователя — человека; в частности, в них наблюдается отказ от таких отсутствующих в обычных естественных языках понятий, как присваивание и передача управления [48]. Во-вторых, все шире проводятся работы по использованию естественного языка как основного средства общения человека с ЭВМ. Если на первых порах речь шла только о системе стандартных фраз на естественном языке, вводимых в ЭВМ, то сейчас создаются программы, предполагающие достаточно глубокое понимание ЭВМ не только синтаксических и семантических отношений в тексте, но главных внеязыковых предпосылок речевого акта [14, 19, 20] (ср. [10, с. 304—305]).

Особенности общения при диалоге человека с ЭВМ определяются в большой степени существенным различием между двумя этими устройствами. Поэтому при использовании машиной естественного языка его описание для ЭВМ должно даваться в форме, существенно отличной от обычных человеческих описаний. В этом отношении машинная лингвистика представляет интерес для выяснения тех универсалий естественного языка, которые зависят от психофизиологического устройства человека. К ним относятся размеры оперативной памяти, определяющие членение слова на фонемы, глубина предложений при самовставляющихся конструкциях [21] и т. п.

5. Деление слова на фонемы (основные звуковые единицы) и сходство числа фонем (от 10 до 80) в разных языках мира может быть наглядной иллюстрацией зависимости устройства языка от психофизиологической организации человека. Среднее число фонем во всех естественных языках соответствует среднему числу сигналов во всех известных системах сигнализации позвоночных, которое заключено в пределах от 10 до 40—50 [22—24, с. 217]; в частности, этой общей закономерности соответствует и число звуковых сигналов в акустических системах сигнализации приматов. Отличие человеческого естественного языка от этих систем заключается не в числе этих единиц, а в том, что из них строятся единицы высших уровней — слова. Алгоритмы лингвистической дешифровки [25, 10, с. 299—303] существенным образом связаны с наличием в человеческом языке разных уровней, что скорее всего не окажется полезным при установлении связи с

ВЦ. У человека наличие фонемного анализа характерно для устройств ввода левого полушария, но не для правого [14, 26]. Для систем с очень большим объемом быстродействующей памяти (не происходящих генетически от организмов), на число сигналов которых наложены количественные ограничения указанного типа, деление знаков на части, не имеющие самостоятельного значения, может оказаться ненужным. Более того, при отсутствии таких количественных ограничений на ввод и вывод сигналов за единицу времени, которые характерны для мозга, более вероятным представляется способ общения, при котором передаются за единицу времени значительные массивы информации (иначе говоря, передаются тексты как единое целое, без разделения на фразы и слова). Это предположение основано на анализе тех свойств естественного языка, которые зависят от ограничений, накладываемых на него теми психофизиологическими особенностями человека, в частности, временными, попыткой преодолеть которые объясняется метафоричность языка искусства [27]. Представляется возможным поставить вопрос, не может ли такая «одномоментная» передача целого массива информации (приближение к которой в земных условиях достигается лишь в исключительных случаях в языке искусства и в некоторых других видах духовной деятельности) осуществляться путем излучения импульсов сверхгигантской амплитуды и сверхмалой длительности, возможность генерации которых предполагается для развитых ВЦ [10, с. 253—254]. Возможность дешифровки таких сообщений зависит от успехов быстро развивающейся новой научной дисциплины, исследующей текст как целое в отличие от классической лингвистики, не выходящей за пределы предложения как основной единицы высшего уровня. Не исключено, что для понимания физического характера таких сверхкоротких импульсов ВЦ может оказаться полезным исследование человеческого мозга как приемника особого типа [14, с. 163—165].

6. Наряду с коммуникативными системами, включающими либо двух (и более) людей, либо человека и ЭВМ, в настоящее время начинают все шире функционировать системы (информационные сети), состоящие из двух (и более) ЭВМ. Исследование соотношения кода, посредством которого осуществляется коммуникация между двумя ЭВМ, в соотношении с внутренними кодами этих ЭВМ и кодами устройств на входе и выходе может представить значительный интерес для моделирования коммуникативной системы, образуемой двумя полушариями головного мозга человека [14].

Многочисленные исследования последних лет, использовавшие обширный клинический материал, накопившийся благодаря лечению эпилепсии посредством рассечения мозолистого тела и других комиссур, соединяющих два полушария мозга, создали новую картину дифференциации функции двух полушарий. При перерезке соединительных трактов два полушария ведут себя как в известной мере независимые друг от друга системы [28, 29]. В пра-

вом полушарии не представлены те основные речевые функции (произнесение речи, образование и порождение высказываний и понимание словесных команд), которые в норме представлены в левом («доминантном») полушарии, управляющем правой рукой у правшей. С правым (недоминантным) полушарием мозга связано только производство самых примитивных (автоматизированных) звуковых сигналов и понимание наиболее употребительных слов [30]. Напротив, правое полушарие является основным по отношению к ряду функций, касающихся пространственных отношений и зрительных восприятий, а также образного восприятия, в частности музыкального. Выявленную в исследованиях последних лет специфику распределения функций между двумя полушариями можно пояснить на примере музыки. Люди, не имеющие специального музыкального образования, воспринимают музыку (как целостные нерасчленимые образы) преимущественно правым полушарием [14, с. 26], тогда как люди с музыкальным образованием анализируют музыку посредством буквенных и словесных обозначений, характерных для правого полушария [26, с. 124]. Цветовые восприятия многообразных оттенков характерны для правого полушария, но анализ цветов посредством соответствующих словесных обозначений принадлежит к функциям левого полушария [31—33]. При этом установлено 11 основных цветовых обозначений, характерных для языков мира. Общей для всех языков и других человеческих систем знаков (мифологий, ритуалов) является и система иерархии этих цветовых обозначений: если в языке есть обозначение для желтого, то обязательно должны быть обозначения для ряда более универсальных цветовых обозначений. В частности, общим для всех языков является (для цветового восприятия млекопитающих универсальное) противопоставление черный — белый, тогда как наличие красного как следующего по степени важности [34] специфично для человека в отличие от антропоидов [14].

7. Важнейшим отличием антропоидов (человекообразных обезьян) от человека, в том числе и в тех опытах, где шимпанзе пользуются орудиями для решения задач и вырабатывают при этом знаки для общения друг с другом [5], является то, что они принадлежат к животным зрительного типа. Решение интеллектуальных задач у шимпанзе возможно только тогда, когда все предметы и орудия, необходимые для этого, оказываются одновременно в зрительном поле обезьяны. Новейшие эксперименты обучения шимпанзе таким зрительным системам сигнализации, как язык глухонемых, показали, что у шимпанзе есть способности обучения системе знаков, по семантике близкой к человеческому естественному языку, но отличающейся от него существенно меньшим словарем (не более $2 \cdot 10^2$) и оптическим характером кода [14, 36]. Это заставляет многих антропологов вернуться к гипотезе о первичности зрительного языка жестов по отношению к звуковому языку [37]. Пережитки архаического оптического кода сохраняются не только у ребенка в период до обучения словесно-

му языку [38], но и у современного взрослого человека, например в счете на пальцах. Некоторые конкретные знаки (например, высунутый язык) оказываются общими для естественной жестовой сигнализации обезьян и для пережиточных знаков языка жестов у человека [39].

У доисторических предков человека, как и у человекообразных обезьян, можно предположить использование наряду с основной оптической системой сигнализации — языком жестов параллельной акустической системы сигналов, число которых соответствовало указанному выше параметру всех систем сигнализации у позвоночных. По своим функциям звуковая сигнализация обезьян связана не столько с зачаточной интеллектуальной их деятельностью, сопровождающейся зрительными жестами, сколько с аффективными (эмоциональными) их проявлениями. Возможно, что человеческие музыкальные способности, как и автоматизированные сигналы типа междометий, локализуемые в «архаическом» правом полушарии мозга (а не в более «новом» по своим функциям левом — доминантном), имеют генетически общие истоки с этой сигнализацией [26]. То обстоятельство, что музыкальные способности и обозначение предметов жестами связаны именно с правым (неречевым) полушарием, можно считать косвенным аргументом в пользу того, что (как это давно предполагалось в исследованиях по доистории литературы, театра и искусства) пантомима (соединяющая музыку и жесты) была более древней формой ритуала, чем словесный обряд, в котором использовалась звуковая речь [40]. Нечто похожее на такой пантомимический ритуал представляет «танец дождя», который на воле исполняют шимпанзе [41].

Закрепление речевых функций за левым полушарием осуществлялось в филогенезе (истории вида) параллельно, с одной стороны, с увеличением функций звукового языка, что оказывается возможным датировать благодаря антропологической реконструкции физиологических условий, необходимых для дифференциации фоном, в частности развития фарингальной полости [42], с другой — с закреплением за правой рукой (у правшей управляемой левым полушарием) функции основной. Как установлено в исследованиях последних лет по физической антропологии современных популяций, доминантность левого полушария мозга видна по морфологической асимметрии черепа, что связано с асимметрией сосудов средней менингеальной артерии. Поэтому заслуживает доверия предложенная ранее Бунаком морфологическая датировка появления асимметрии полушарий, явственно обнаруживаемой к верхнему палеолиту, когда по новейшим данным и в первобытной системе знаков отчетливо проявляется значимость противопоставления правого и левого [14].

Сходный процесс прослеживается в онтогенезе согласно представлению о латерализации функций мозга (дифференциации функций обоих полушарий) как длительном процессе, осуществляющемся на протяжении всей жизни индивида, что соответству-

ет и пониманию доминантности левого полушария как тормозного подавляющего механизма. Изучение этого аспекта развития языка и мозга позволяет объединить эволюционно-нейрологический подход к проблеме доминантности [43] с этнологическим, показывающим, что общество направленно воспитывает праворукость; это прямо соотносится со структурой архаических систем знаков [44].

В онтогенезе каждый человек проходит через усвоение системы жестов обеих рук, ориентирующих его тело в пространстве. Дальнейшее развитие, связанное с постепенным закреплением речевых функций за левым полушарием (при сохранении жестовых функций в правом и их торможении в левом у правшей, но не у левшей), происходит так, что исключительную важность приобретают связи между двумя полушариями. Система жестов создает в филогенезе и онтогенезе основу для дальнейшего развития словесного языка.

Число единиц максимального словаря, локализуемого в правом полушарии, может быть определено посредством изучения систем иероглифических письменных знаков. Размер такого словаря порядка $K \cdot 10^4$ (где K — коэффициент, определяемый по степени энциклопедичности или охвата разных сфер общения) близок к среднему размеру словаря естественного языка. В филогенезе (как отчасти и в онтогенезе) можно предположить, что усвоение приблизительно такого числа наглядных образов предметов (закрепляемых жестами и другими оптическими знаками) подготавливает дальнейшее усвоение такого же числа слов языка, что имеет исключительное значение для увеличения объема запоминающего устройства. Подтверждается высказанная столетие назад идея Джексона, по которой правое полушарие занято прежде всего наглядным восприятием внешнего мира [14].

Высказанную автором гипотезу о том, что человек делит слова на фонемы из-за необходимости примирить относительно большой размер словаря и относительно малый размер оперативной памяти [21] в свете изложенного можно дополнить гипотезой эволюционного характера: по мере «перевода» древней зрительной системы сигнализации, число знаков которой уже у предков *Homo sapiens* должно было существенно превысить параметр n ($10 \leq n \leq 10^2$), устанавливаемый для позвоночных, на язык акустических сигналов, соответствовавших (по психофизиологическим причинам) этому параметру, единственным выходом оказалось деление слов звукового языка на фонемы. Таким образом, сама структура звукового языка отражает его вторичный характер по сравнению с первоначальной жестовой системой. В этом смысле повторением филогенетической эволюции естественного языка представляется и эволюция письма от пиктографической и иероглифической письменности (связываемой с правым полушарием) к алфавитной, связываемой с левым полушарием.

8. Одним из существенных достижений в области исследования биологических систем сигнализации является создание новой

науки о химических средствах такой сигнализации в коллективах телергонах [45] или экзогормонах [46]: последний термин представляется оправданным с точки зрения широких кибернетических аналогий между многоклеточным организмом и биологическим сообществом. Химические средства сигнализации и воздействия на особи того же вида или других видов — и даже других биологических типов («удобрения» для грибов у муравьев [47]) — являются основными для многих биологических сообществ беспозвоночных (термиты, муравьи) и существенны на всех низших ступенях биологической эволюции. С точки зрения классических представлений кибернетики речь идет о сигналах «всем, кого это касается». У антропоидов значимость химических средств общения значительно уменьшается, что предвещает развитие, которое отличает человеческие средства коммуникации: и человек, и антропоиды являются микросматиками, у которых (в отличие от других млекопитающих, в том числе и таких приматов, как лемуры) слабо развиты обонятельные доли мозга, получающие другие функции [29]. Если отвлечься от специфических средств сигнализации между особями разного пола (духи и различные ароматические вещества), находящих аналогии на существенно более низких ступенях эволюции, у человека химические средства передачи информации, стимуляции и регуляции поведения обнаруживаются преимущественно либо на неиндивидуализированных уровнях деятельности коллектива, когда он весь целиком (а не отдельные его члены) включается в систему коммуникации (где, следовательно, целесообразно использование понятия «экзогормонов» по отношению к коммуникации между частями всего данного устройства), либо в случае дегенерации коллектива и его членов, связанной с использованием таких химических средств. Последний процесс изучен в недавнее время с привлечением данных фармакологии и этнологии мексиканских индейцев на примере ацтекского общества перед испанским завоеванием [48]. По-видимому, сходный вывод можно распространить и на ряд шаманских культур Евразии, для которых характерно «чрезвычайно широкое использование некоторых видов грибов (прежде всего мухоморов) для получения галлюциногенных напитков... С помощью этих напитков шаман устанавливает связь с небом» [49]. По этому признаку, как и по некоторым другим [50], эти культуры можно отнести к тупиковым ветвям развития цивилизации. Но следует подчеркнуть, что переход к обществам другого типа историками культуры датируется относительно недавним временем, когда принятие решений за счет галлюцинаций правого полушария сменялось личным сознанием (левого полушария), как в классической Греции [51].

Основной особенностью средств сигнализации, подобных химическим, является их ненаправленный статистический характер. Исследование химических средств организации поведения (или других по своей природе, в частности энергетических средств, сходных с ними по типу функционирования) в коллективе, управ-

ляемом тем самым статистическими закономерностями (как и в случае современной «массовой коммуникации»), представляется чрезвычайно существенным для всестороннего обсуждения проблемы ВЦ. Те процессы «материально-энергетического обмена биосферы с космосом», которые В. И. Вернадский назвал «космохимическими» [52, с. 47], следует, по-видимому, рассмотреть, исходя из принципа, сформулированного И. С. Шкловским и принятого многими исследователями [10]: все они могут оказаться естественными, но при этом в качестве второго альтернативного объяснения надо иметь в виду и возможность воздействия (стимулирующего или регулирующего) ВЦ. Одним из ярких примеров энергетического воздействия, допускающего в принципе такое истолкование, может быть предложенное тем же И. С. Шкловским и В. М. Красовским объяснение вымирания рептилий в конце мелового периода стойким увеличением уровня космических лучей, но сами авторы этой гипотезы допускают естественную интерпретацию — вспышку Сверхновой звезды в 5—10 пк от Солнца [53, с. 63]. Геологическое значение таких излучений подчеркивал и В. И. Вернадский [52, с. 37].

Самый принцип передачи «ненаправленного» сигнала «всем, кого это касается», очевидно, особенно важен для проблемы связи с ВЦ [53, с. 270, 272]. Поэтому примеры подобных сигналов, в земных условиях реализуемых как химические, представляют особый интерес для решения этой проблемы.

9. При приеме ненаправленного сообщения ВЦ (или, что в принципе аналогично, при перехвате или «подслушивании» [10] сигналов, направленных одной ВЦ к другой, которые могут передаваться по постоянным каналам связи типа связи через соединительные тракты двух полушарий мозга или информационной сети из двух ЭВМ) возможно одновременное обнаружение огромного количества информации [53, с. 270]. Это делает вероятным предложенное выше понимание такого сигнала как целостного текста. Поэтому основной проблемой дешифровки является не выделение тех языковых единиц (не только фонем, но и слов и предложений, которые в таком сигнале скорее всего отсутствуют), а выявление возможных семантических характеристик сигнала. Основную трудность удачно сформулировал Шеннон, по словам которого «при перехвате сообщений, передаваемых друг другу марсианами, высадившимися на Землю, априорные вероятности были бы настолько неопределенными, что не имели бы никакого значения» [54]. Тем не менее такие априорные вероятности могут быть сформулированы на основании заключений о повторяемости определенных типов культуры и поведения. В масштабах человеческой истории наибольший интерес представляет совпадение целых комплексов признаков, относящихся к материальной и духовной культуре и социальной организации в таких максимально удаленных друг от друга в пространстве и времени областях, как Древний Египет и Перу перед испанским завоеванием [55], Малая Азия на рубеже III и II тысячелетий до н. э. и африканские царства

последних столетий перед европейской колонизацией, где совпадают такие детали социальных структур, как совместное правление царя и царицы-матери, одинаковые противопоставления в структуре придворных должностей [56] и т. п. Едва ли не еще более разительную аналогию представляет совпадение многих основных параметров социальной организации и духовной культуры в ирригационных («гидравлических») культурах Древнего Востока (II тысячелетие до н. э.) и средневекового Цейлона, а также Древнего Востока и Гавайских островов (а отчасти и о-ва Пасхи) начала XIX в. н. э.: в частности, структура социальных рангов в последнем примере совпадает вплоть до таких подробностей, как наличие особого ранга военнопленных — рабов [57] (гавайск. *kauwa* [58], *kio* на о-ве Пасхи [59]). По существу работа историка древних обществ и этнолога во многом состоит в выявлении подобных структурных типов по дошедшим до нас фрагментарным данным об исчезнувших или вымирающих обществах на основании их типологического сравнения с другими им подобными, что и позволяет установить априорные вероятности, необходимые для дешифровки соответствующих фрагментов.

По сходному пути идет и изучение коллективов приматов в новейшей приматологии, обнаружившей существенные сходства с коллективами, изученными этнологией. В качестве наглядной иллюстрации можно привести реакцию на двойню (в обоих типах коллективов являющихся аномалией): совпадает не только естественная реакция удивления, но и попытка отнять у матери одного из детенышей и отогнать ее от стада [60]. Поскольку, как и приведенные типологические совпадения структур в масштабах человеческой истории, такие совпадения могут объясняться общими генетическими истоками поведения, еще больший интерес могут представить такие совпадения, которые, как уже обсуждавшаяся в связи с проблемой ВЦ конвергентность развития глаза [10, с. 108—109], не могут быть объяснены единством происхождения. В этом отношении едва ли наибольший интерес для сопоставления с данными этнологии представляет изучение генетически направленного отбора («селекции») тлей как «домашнего скота» муравьев (в процессе отбора полностью утративших средства защиты), а также исследование муравьев, разводящих грибы [47, 61]; сопоставимые с этим типы поведения в человеческих коллективах появляются не ранее неолитической эволюции. Дальнейшее планомерное исследование повторяющихся структурных типов поведения и моделирование их в системах из нескольких ЭВМ может иметь далеко идущие последствия для выявления тех априорных вероятностей, без которых едва ли возможен анализ содержания сообщений ВЦ. Наметившийся за последние два десятилетия поворот лингвистики к исследованию семантики, в особенности семантики целостных текстов, может сделать особенно плодотворным сотрудничество лингвистов с представителями других наук, занимающихся проблемой ВЦ.

1. Автоматы. М.: Изд-во иностр. лит., 1956.
2. Нейман Дж. Вычислительная машина и мозг. — В кн.: Кибернетический сборник. М.: Изд-во иностр. лит., 1960, вып. 1, с. 59—60.
3. Шеннон К. Вклад фон Неймана в теорию автоматов. — В кн.: Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностр. лит., 1963, с. 238—239.
4. Нейман Дж. фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1971, с. 67, 71, 73, 76, 140, 143.
5. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия «количество информации». — Проблемы передачи информации, 1965, 1, вып. 1, с. 3—11.
6. Колмогоров А. Н. К логическим основам теории информации и теории вероятностей. — Проблемы передачи информации, 1969, 5, вып. 3, с. 3—6.
7. Звонкин А. К., Левин Л. А. Сложность конечных объектов и обоснование понятий информации и случайности с помощью теории алгоритмов. — УМН, 1970, 25, вып. 6, с. 85—127.
8. Проблемы математической логики. Сложность алгоритмов и классы вычислимых функций. М.: Мир, 1970.
9. Сложность вычислений и алгоритмов. М.: Мир, 1974.
10. Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями)/Под ред. С. А. Каплана. М.: Мир, 1975.
11. Бор О. Н. Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1961, с. 96.
12. Бенвенист Э. Общая лингвистика. М.: Прогресс, 1974.
13. Kurylowicz J. Esquisses linguistiques II. — In: Internationale Bibliothek für allgemeine Linguistik/Hrsg. E. Coseriu. München: Wilhelm Fink Verl., 1975, Bd. 37.
14. Иванов В. В. Чет и нечет. Асимметрия мозга и знаковых систем. М.: Сов. радио, 1978. (Кибернетика).
15. Иванов В. В. Знаковые системы научного поведения. — Научн.-техн. информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы, 1975, № 9, с. 7.
16. Вейль Г. Дополнения. — В кн.: Прикладная комбинаторная математика. М.: Мир, 1968, с. 338.
17. Иванов В. В. Лингвистические вопросы создания машинного языка для информационной машины. — В кн.: Материалы по машинному переводу. Л.: Изд-во ЛГУ, 1958, сб. 1, с. 33—34.
18. Пейтин Г. С. Черты естественных языков в языках программирования. — Машинный перевод и прикладная лингвистика, 1974, вып. 17, с. 134—143.
19. Мальковский М. Г. Программы, понимающие естественный язык. — Обработка символической информации. М.: ВЦ АН СССР, 1973. Вып. 1.
20. Виноград Г. Программа, понимающая естественный язык: Пер. с англ. М.: Мир, 1976.
21. Иванов В. В. Некоторые проблемы современной лингвистики. — Народы Азии и Африки, 1963, № 4, с. 159—163.
22. Smith W. J. Messages of vertebrate communication. — Science, 1969, 165, p. 145—150.
23. Mognihan M. H. Comparative aspects of communication in New World primates. — In: Primate ethnology; essays on the sociosexual behavior of apes and monkeys/ Ed. by D. Morris. Chicago, 1969, p. 306—392.
24. Wilson E. O. Sociobiology. The new synthesis. Cambridge (Mass.), 1975.
25. Гиндилис Л. М., Каплан С. А., Кардашев И. С. и др. Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи / Под ред. С. А. Каплана. М.: Наука, 1969, с. 134—138.
26. Иванов В. В. Нейросемиотика устной речи и функциональная асимметрия мозга. — Учен. зап. Тартус. гос. ун-та, 481. Семиотика устной речи. Лингвистическая семантика и семиотика II, Тарту, 1979, с. 121—142.
27. Иванов В. В. Категория времени в искусстве и культуре XX века. — В кн.: Ритм, пространство, время. Л.: Наука, 1973.
28. Zaidel E. Concept of cerebral dominance in the split brain. — In: Cerebral correlates of conscious experience: Proc. Intern. Symp. on cerebral correlates of conscious experience, held in Senanque Abbey/ Ed. by P. A. Buser, A. Rougeul-Buser. France on 2—8 Aug. 1977. Amsterdam: Elsevier-North-Holland Biomedical Press, 1978, p. 263—284.
29. Popper K. R., Eccles J. C. The self and its brain. An argument for interactionism. N. Y.: Springer Intern., 1977.
30. Zaidel E. Lexical organization in the right hemisphere. — In: Cerebral correlates of conscious experience. Amsterdam, 1978, p. 177—197.
31. Levy J. Cerebral differences in the human brain in cognition and behavioral control. — Ibid., p. 285—298.
32. Malone D. R., Hannay H. J. Hemisphere dominance and normal color memory. — Neuropsychologia, 1978, 16, N 1, p. 51—59.
33. Davidoff J. Hemisphere sensitivity differences in the perception of colour. — Quart. J. Exp. Psychol., 1976, 28, p. 387—394.
34. Kay P., McDaniel C. K. The linguistic significance of the meanings of basic color terms. — Language, 1978, 54, N 3, p. 610—646.
35. Nissen R. M., Yerkes H. W. Pre-linguistic sign behaviour in chimpanzees. — Science, 1939, 89.
36. Mistler-Lachman J. L., Lachman R., Rumbaugh D. M. et al. Language in man, monkeys and machines. — Science, 1974, 185, N 4154, p. 871—873.
37. Hewes G. W. Primate communication and the gestural origin of language. — Curr. Anthropol., 1973, 14, N 1—2.
38. Gardner R. A., Gardner B. T. Early signs of language in child and chimpanzee. — Science, 1975, 187, N 4178, p. 752—753.
39. Smith W. J., Chase J., Lieblich A. K. Tongue showing. — Semiotica, 1974, 11, N 3, p. 201—246.
40. Веселовский А. Н. Историческая поэтика/ Ред., вступит. статья и прим. В. М. Жирмунского. Л., 1940.
41. Лавик-Гоболл Дж. ван. В тени человека. М.: Мир, 1974.
42. Lieberman P., Krellin E. S., Katt D. H. Phonetic ability and related anatomy of the newborn and adult human, Neanderthal man, and the chimpanzee. — Amer. Anthropol., 1972, 78, p. 287—307.
43. Corballis M. C., Morgan M. J. On the biological basis of human laterality. I. Evidence for a maturational left-right gradient. II. The mechanisms of inheritance. — Behav. and Brain Sci., 1978, 2, p. 261—336.
44. The Right and the Left. Essays on dual symbolic classification/ Ed. by R. Needham. Chicago, 1973.
45. Куршенблат Я. Д. Телергоны — химические средства воздействия на животных. М.: Наука, 1974.
46. Иванов В. В. Язык в сопоставлении с другими средствами передачи и хранения информации: Докл. на конф. по обработке информации, машинному переводу и автоматическому чтению текстов. М., 1961. Вып. 7.
47. Martin M. M., Martin J. S., Gieselman M. J. Rectal enzymes of attine ants, α -amylase and chitinase. — J. Insect Physiol., 1973, 19, N 7, p. 1409—1416.
48. Nicholson I. Mexicanische Mythologie. Wiesbaden: Emil Vollmer Verl., 1967, S. 68—72.
49. Елизаренкова Т. Я., Топорова В. Н. Мифологические представления о грибах в связи с гипотезой о первоначальном характере сомы. — В кн.: Тезисы докладов IV Летней школы по вторичным моделирующим системам. Тарту, 1970.
50. Давиденков С. П. Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. Л.: Медгиз, 1947.
51. Jaynes J. J. The origin of consciousness in the breakdown of the bicameral mind. Boston: Houghton Mifflin Comp., 1976.
52. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965, с. 47.
53. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. 2-е изд. М.: Наука, 1965.

54. Шеннон К. Теория связи в секретных системах. — В кн.: Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
55. Золотарев А. М. Родовой строй и первобытная мифология. М.: Наука, 1964, с. 186.
56. Иванов В. В. Двойная символическая классификация в африканских и азиатских традициях. — Народы Азии и Африки, 1969, № 5.
57. Gelb I. J. Prisoners of war in Early Mesopotamia. — J. Near East. Stud., 1973, 32, N 1/2, p. 70—98.
58. Craighill Handy E. S., Emory H. P., Bryan E. H. et al. Ancient Hawaiian civilization. Tokyo, 1965, p. 36.
59. Иванов В. В. Хеттский язык. М.: Изд-во вост. лит., 1963, с. 205.
60. Иванов В. В. Ближневосточный культ и двойная символическая классификация в Африке. — Africana. Л.: Наука, 1978. (Труды Ин-та этнографии АН СССР. Новая сер.).
61. Weber N. A. Gardening ants: the attines. — Mem. Amer. Philos. Soc., 1972, N 92.

УДК [008:620.9]+523.32

Г. М. Идлис

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Сама постановка проблемы СЕТИ предполагает, во-первых, существование внеземных цивилизаций, во-вторых, их развитие до готовности к контактам и, в-третьих, нашу возможность установления таких контактов. Из этих трех предположений только последнее непосредственно опирается на фактические данные — на уже достигнутый уровень технологии земной цивилизации. А два первых гипотетичны и нуждаются в обосновании. Однако, хотя пока мы не знаем никаких других цивилизаций, кроме собственной (земной), лишь начинающей проявлять себя в космических масштабах, наш интерес к идеям СЕТИ закономерен и своевременен.

Принято считать, что все новые научные и научно-технические идеи рано или поздно реализуются. Но на самом деле реализация каждой идеи происходит не раньше, чем это уже фактически возможно, и не позже, чем это еще практически необходимо, т. е. вовсе не рано или поздно, а как раз более или менее вовремя, если только данная идея вообще реализуется.

Применительно к освоению космоса современная ситуация именно такова: возможность уже налицо, а необходимость диктуется, помимо всего другого, угрозой перегрева Земли в недалеком будущем при характерных для прогрессивного развития человечества темпах роста энергопотребления (этой угрозы еще можно избежать, вынося наиболее мощные новые энергетические установки за пределы Земли).

Выходя в космос, сама наша цивилизация начинает становиться, по крайней мере частично, «внеземной», причем сохранение

постоянных взаимных контактов всех ее частей приобретает все большее значение — вплоть до жизненной необходимости — для всего человечества в целом.

Именно в настоящее время, более или менее освоив всю Землю после романтической эпохи великих географических открытий, человечество впервые воочию убедилось в практической ограниченности земных материальных и энергетических ресурсов. В итоге оно оказалось перед труднейшей дилеммой: либо вообще отказаться от всякого существенного дальнейшего прогресса, застabilизировав свою численность и технологию, чтобы устроить в конечном счете более или менее комфортабельную жизнь на Земле, либо предпочесть неизменному существованию в привычных условиях возможность продолжения развития, встав на путь космической экспансии в поисках необходимых новых ресурсов.

Что подсказывает исторический опыт? В прошлом отдельные племена и целые народы, которые, руководствуясь так называемым здравым смыслом, отказались от всяких «безрассудных» попыток поймать легендарную небесную жар-птицу, дабы не упустить из рук уже пойманную ими реальную земную синицу, серьезно поплатились за свой «разумный» консерватизм. Довольствуясь имеющимся, они прекращали развиваться или начинали систематически отставать в своем развитии, отгородившись каменной стеной предрассудков от всего остального мира. В результате некоторые потомки таких обособленных ветвей человеческого рода до сих пор впадают жалкое существование людей каменного века. Едва ли удовлетворительна и перспектива повторения аналогичной ситуации для всего человечества в целом, пусть на сравнительно более высоком уровне, в случае завершения развития нашей цивилизации установлением на Земле так называемого золотого века всеобщего счастливого безмятежного благоденствия с естественным — неизменно повторяющимся — круговоротом явлений природы. Хотя такой исход широко распространенного в настоящее время стремления раз и навсегда решить все социальные и экологические проблемы, вообще говоря, вполне возможен и даже весьма вероятен. Требуется лишь соответственно преобразовать — усовершенствовать и застabilизировать — существующую общественную систему и технологию, чтобы все действовало по схеме замкнутого цикла или по принципу простого воспроизводства, не нарушая данную природную среду и черпая необходимую энергию только из текущих ресурсов, постоянно восполняемых за счет поглощения определенной доли потока солнечного излучения, падающего на Землю. В природе известны подобные достаточно высокоорганизованные практически стабильные сообщества разнообразных жизнедеятельных индивидуумов, в принципе уже решившие все свои насущные проблемы и далее никак не развивающиеся: например, муравьи или термиты, на которых специально обращал внимание участников советско-американского симпозиума по проблеме СЕТИ в 1971 г. в Бюракане Дж. Платт,

когда обсуждались возможные пути развития космических цивилизаций и факторы, могущие остановить всякое развитие. Разумная цивилизация, отвергающая указанную перспективу такого «золотого века» чисто животного существования, должна преодолеть трудности, связанные с выходом за пределы непосредственно доступных ей ограниченных материальных и энергетических ресурсов. Все экспедиции пионеров великих географических открытий новых земель были необычайно трудными и рискованными для своего времени. Но экспансия в космос, чтобы попытаться приступить к освоению его, вообще говоря, неограниченных ресурсов, сопряжена с настолько чрезвычайными трудностями, техническими и принципиальными, что на этот раз действительно впервые встает во весь рост сакраментальный вопрос: а стоит ли игра свеч?

Для успеха какой бы то ни было деятельности, стремящейся преодолеть нечто, казалось бы, непреодолимое (превратность человеческих судеб, истощение имеющихся ограниченных материальных ресурсов, недостаточность известных или непосредственно доступных источников энергии и т. п.), психологически крайне важно сознавать фактическую необходимость такой деятельности и быть уверенным в действительной осуществимости указанной цели (пусть принимаемая желаемое за действительность). Тогда — даже если первоначальная цель оказывается практически недостижимой или вообще химерой (неосуществимой мечтой, несбыточной фантазией) — так называемый уровень шума традиционных представлений и постулатов, ограничивающий возможность восприятия необходимых радикально новых («безумных», «сумасшедших») идей, настолько снижается, что в конце концов, как правило, преодолеваются многие прежние затруднения и получаются самые неожиданные результаты, вполне оправдывающие приложенные усилия.

Это подтверждается многими общеизвестными историческими примерами, начиная с астрологии, вскормившей астрономию, и алхимии, породившей химию. Кстати, впоследствии обнаружилось, что циклически изменяющаяся солнечная активность, оказывающая заметное влияние на функционирование всей биосферы Земли, включая человека, сама, по-видимому, зависит в какой-то мере от расположения и движения планет (коррелирует с ними), т. е. блуждающие небесные светила действительно могут влиять на наши земные дела (хотя, конечно, отнюдь не определяют их, как полагали астрологи). А современные физики, установив принципиальную разложимость считавшихся прежде неделимыми атомы всех химических элементов на определенные составные части, вплоть до соответствующих взаимно превращающихся элементарных частиц, и научившись перестраивать по своему усмотрению отдельные атомные ядра, фактически осуществили мечту алхимиков о возможности превращать одни элементы (или изотопы) в другие, более ценные. Причем оказалось возможным искусственно

создавать даже некоторые новые элементы, ранее неизвестные или вообще не существовавшие в природе (в частности, очень короткоживущие из-за радиоактивного распада).

Показательным примером является и история овладения атомной (или, вернее, ядерной) энергией. Достаточно вспомнить независимое форсированное создание первых атомных бомб в США (из опасения, что это сможет осуществить угрожавшая всему миру фашистская Германия) и в СССР (чтобы ликвидировать опасность американской монополии на атомное оружие). В настоящее время все шире разворачиваются работы по мирному использованию атомной энергии. Систематически увеличивается количество атомных электростанций, их мощность и относительная доля в общем энергетическом балансе. Но запасы природного урана, являющегося исходным сырьем для приготовления необходимого атомного горючего, сравнительно невелики. Да и сама энергия, получаемая при цепном процессе деления тяжелых ядер такого горючего, еще не есть предел желаний. Все это заставляет форсировать решение проблемы управляемых — стационарных или импульсных — термоядерных реакций, основанных на превращении широко распространенного водорода в гелий и способных обеспечить значительный энергетический выход (из-за крайней компактности гелиевых ядер). Причем саму эту проблему и уверенность в ее физической разрешимости породил тот известный в истории астрофизики факт, что именно такими реакциями термоядерного синтеза, естественно происходящими в достаточно горячих и плотных недрах космической плазмы, впервые удалось удовлетворительно объяснить наблюдаемое длительное интенсивное излучение Солнца и родственных ему звезд. Правда, впоследствии из-за неудачи попыток обнаружить ожидаемый поток солнечных нейтрино возникли некоторые сомнения в справедливости данного объяснения. Кроме того, по крайней мере наиболее мощные процессы энерговыделения в космосе вообще могут объясняться не частичным превращением массы вещества в энергию излучения при уплотнении отдельных перекомпонованных атомных ядер, а такими феноменами, как взаимная аннигиляция вещества и антивещества, гравитационный коллапс и полное проваливание гравитирующей материи в соответствующую черную дыру (т. е. выход за пределы непосредственно наблюдаемого нами макромира). Во всяком случае квазары, вспышки так называемых новых и сверхновых звезд, компактные белые карлики и пульсары (или сверхкомпактные нейтронные звезды), а также мощные квазиточечные рентгеновские источники побуждают помнить и о таких возможностях.

Однако всему есть предел. Даже если мы сумеем из любого материального тела извлекать нацело всю энергию E , связанную с его массой M (или эквивалентную ей по универсальному соотношению Эйнштейна $E = Mc^2$, где c — мировая константа, равная постоянной скорости света в вакууме), полные непосредственно доступные нам энергетические ресурсы Земли останутся ограни-

ченными. Оттянуть их истощение, не прибегая к возможному использованию космических источников энергии, можно лишь посредством систематического ограничения энергопотребления земной цивилизации. Но пока что наше энергопотребление, напротив, постоянно увеличивалось, опережая естественный рост народонаселения, т. е. создавая возможность постепенного повышения среднего жизненного уровня всего человечества. По мере необходимости сменяли или дополняли друг друга различные используемые источники энергии: текущие биологические ресурсы (пища и мускульная сила самих людей или прирученных животных), естественные географические факторы (течение рек, напор ветра, гейзеры, солнечное тепло), химическое топливо (лес, торф, каменный уголь, нефть, природный горючий газ), физическое — атомное — горючее (уран). Неизменным оставалось только постоянное увеличение масштабов используемой человечеством энергии: в среднем на 3—5% ежегодно уже по крайней мере в течение двух последних столетий интенсивного технологического развития [1]. Это означает удвоение потребляемой энергии каждые 15—20 лет. При таких темпах экспоненциального роста нашей энергетики, уже приближающейся к величине порядка 10^{20} эрг/с, запрогнозированной на 1980 г. (± 5 лет), когда должно прекратиться наблюдавшееся до сих пор систематическое сокращение периода удвоения численности человечества [2], все земные запасы топлива (не только обычного, но и атомного) окажутся практически исчерпанными за несколько ближайших десятилетий. Мировой нефтяной кризис уже дает о себе знать. Осуществление управляемых термоядерных реакций могло бы обеспечить дальнейшее экспоненциальное развитие нашей энергетики по крайней мере на ближайшие столетия, пока она не достигнет геофизического предела, оказавшись сравнимой с потоком солнечной энергии, непрерывно падающей на Землю, и угрожая катастрофически изменить весь земной климат.

Таким образом, человечеству предстоит сделать ответственный выбор — стабильное существование на Земле (до естественного угасания Солнца) или дальнейшее развитие посредством космической экспансии не в каком-то отдаленном будущем, а во вполне обозримое время. Более того: выбора, собственно, нет, так как из-за естественной инерции технологического прогресса мы при всем желании просто не успеем вовремя — до катастрофического перегрева и перенаселения Земли — затормозить свое развитие (слишком велик минимальный практический возможный «тормозной путь» стихийно развивающегося человечества в современных условиях политических и социальных разногласий). Поэтому фактически вместо свободы выбора остается только уже более или менее осознанная необходимость: форсировать силами наиболее развитой части человечества (но, разумеется, на международной основе) выход в космос и освоение по крайней мере всей Солнечной системы. Вполне осуществимые проекты необходимой для этого астроинженерной деятельности уже имеются, т. е. космическая

экспансия человечества, несмотря на все ее трудности, становится реальным делом.

Однако следует иметь в виду, что для прогрессивно развивающейся цивилизации и космическая экспансия из уже освоенной ограниченной пространственной области наружу — в пределах всего непосредственно доступного безграничного макромира — является лишь временным выходом из неизбежно возникающих материальных и энергетических затруднений. В конце концов всякая безудержная всесторонняя экспансия из любого исходного центра в произвольной безграничной материальной среде с конечной средней плотностью массы δ становится бесполезной, когда даже при увеличении радиуса осваиваемой области R с предельной физически возможной скоростью, равной скорости света в вакууме ($dR/dt = c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с), приобретаемыми на внешней границе осваиваемой области энергетическими ресурсами (с предельным темпом приобретения этих ресурсов $dE/dt = 4\pi R^2 c \delta c^2$) уже не удовлетворяются экспоненциально растущие потребности в них, пропорциональные текущей величине $E = \frac{4}{3}\pi R^3 \delta c^2$, т. е. пропорциональные не внешней граничной поверхности осваиваемой области, а ее внутреннему объему.

Зная среднюю плотность массы галактической материи в окрестностях Солнца $\delta = (5,4 \pm 0,9) \cdot 10^{-24}$ г/см³ [3], легко рассчитать, что с указанным ограничением целесообразности всякой дальнейшей космической экспансии наша цивилизация при сохранении теперешних темпов ее экспоненциального развития должна столкнуться уже в ближайшие тысячелетия. С другой стороны, от восьмисот до полутора тысяч лет она еще может беспрепятственно развиваться по характерной для нее экспоненте за счет внутренних ресурсов Солнечной системы, просто используя всю излучаемую Солнцем энергию (после построения соответствующей оптически плотной околосолнечной сферы Дайсона). Так что космическая экспансия земной цивилизации за пределы Солнечной системы, исключительно трудная, но уже почти бесполезная (не увеличивающая сколько-нибудь существенно — хотя бы на порядки величины — предельную продолжительность ее экспоненциального развития), вообще маловероятна: игра не стоит свеч!

Если это типично для развития всех цивилизаций, то они оказываются настолько эфемерными, ограниченными во времени и пространстве, что о взаимных контактах между ними, как правило, не может быть и речи, т. е. проблема СЕТИ теряет смысл.

Обособленные планетные или околосолнечные цивилизации, застabilизировавшие свою энергетику на достигнутом уровне, «земном» (порядка 10^{20} эрг/с) или «солнечном» (около $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с), т. е. цивилизации I и II типа (по Кардашеву), прекратив дальнейшее развитие, могут по-прежнему существовать (или жить привычными интересами), но, вообще говоря, перестают быть разумными цивилизациями.

Разумная цивилизация не может быть застывшей, неразвивающейся. Любое развитие цивилизации, даже не технологическое, а чисто интеллектуальное, в плане познания действительности или самопознания, в конце концов упирается в необходимость систематического увеличения материальных и энергетических ресурсов. Используемых хотя бы для запечатления все увеличивающейся информации. Причем в нормальных условиях соответствующее увеличение всегда происходит экспоненциально, по закону геометрической прогрессии. Это характерно для оптимального развития [2].

Именно так — по закону геометрической прогрессии — развивается мировая наука, уже по крайней мере около трех столетий (начиная с эпохи основополагающих работ Ньютона), удваиваясь по всем существенным количественным показателям в среднем за 10—12 лет или, точнее, за 11 лет (что, кстати, соответствует обнаруженной автором корреляции циклически повторяющихся всплесков творческой продуктивности ученых в решении фундаментальных научных проблем, прежде всего в области теоретической физики, с аналогичной 11-летней циклическостью солнечной активности, влияющей на функционирование всей биосферы Земли). Систематически опережая по своим темпам роста развитие мировой энергетики и связанной с ней экономики общества, наука приобретает всё большее общественное значение, т. е. сама наша цивилизация становится все более разумной.

Наука, переставшая развиваться, перестает быть наукой, вырождаясь в систему догм, заведомо ограниченных по своей применимости, или сводясь к простой констатации некоторых фактов. Необходимость экспоненциального развития науки заложена в ней самой. По известной в математической логике теореме Гёделя, любая достаточно содержательная аксиоматизированная теория, включающая в себя хотя бы присущее уже арифметике понятие натурального ряда чисел, никогда не исчерпывает свой предмет каким бы то ни было определенным перечнем исходных аксиом: всегда оказывается возможным найти или сформулировать такое утверждение для соответствующих аксиоматически определяемых понятий, что ни само это утверждение, ни его отрицание нельзя ни доказать, ни опровергнуть в рамках данной аксиоматики. В итоге при обобщении рассматриваемой — первоначально единой — теории приходится иметь дело с двумя альтернативными случаями, принимая подобное утверждение или его отрицание в качестве новой аксиомы, добавляемой к исходной системе аксиом. Аналогичным образом действительное решение каждой настоящей научной проблемы обязательно порождает несколько новых актуальных проблем (минимум две), если исходная проблема решена до конца и не является тупиковой — никуда не ведущей — псевдопроблемой, которую можно было бы вообще не решать (без всякого ущерба для развития науки). Поэтому и происходит закономерное удвоение научных теорий, решающих фундамен-

тальные проблемы науки, т. е. удвоение самой науки за характерное время решения таких проблем (в среднем за 11 лет). И эта систематическая дифференциация научных знаний осуществляется независимо от постоянных попыток их интеграции. Чем компактнее формулируются все более общие принципы науки, тем разветвленной становится необходимая программа действий с ними. А суммарная — накапливаемая и перерабатываемая — научная информация систематически увеличивается по универсальному для всякой саморазвивающейся системы закону геометрической прогрессии, требуя соответствующего (экспоненциального) увеличения общего объема памяти цивилизации [2,4].

Разумная цивилизация — высшая форма жизни, переходящая в пределе от познания ради жизни к жизни ради познания [2,5]. Но жизнь, способная к эволюции путем естественного или искусственного отбора наследуемых случайных или неслучайных мутаций, с самого начала должна обладать, как отметил Ф. Крик на Бюраканском симпозиуме, некоторыми общими свойствами: «Первое свойство — возможность размножения в геометрической прогрессии. Размножение в арифметической прогрессии (подобное печатанию тиража газет с помощью одного печатного станка, когда мы получаем много экземпляров с одной матрицы) недостаточно» [5, с. 50]. Таким образом, развитие по закону геометрической прогрессии (по экспоненте) характерно для всех форм жизни, начиная с простейших живых организмов. Правда, обычно оно ограничивается физическими условиями их существования. Так, например, примитивная жизнь, образующая биосферу Земли, сама по себе — до зарождения в ней разума и без его помощи — не может освоить всю Солнечную систему. Однако разумная цивилизация способна на это. Более того, научные исследования, связанные с геной инженерией и с попытками создания искусственного интеллекта, позволяют надеяться на принципиальную возможность существования достаточно развитой разумной цивилизации при любых физических условиях — вплоть до самых экстремальных (в квазарах, в ядрах галактик и в других особых космических объектах). Для превращения такой возможности в действительность необходимо и достаточно, чтобы характерное для разумных цивилизаций прогрессивное развитие могло быть беспредельным (пусть не для каких бы то ни было конкретных цивилизаций в отдельности, каждая из которых имеет свой исторически определенный предел экспоненциального развития, а лишь для всей их бесконечной совокупности в целом, т. е. в смысле отсутствия принципиального общего предела развития по универсальному закону геометрической прогрессии для всех цивилизаций вообще).

Тривиальная космическая экспансия каждой цивилизации из уже освоенной ограниченной пространственной области через ее внешнюю границу наружу, происходящая с любой физически возможной скоростью (вплоть до предельной скорости света c) в пределах одного безграничного макромира типа нашей Метагалакти-

ки или даже сразу в нескольких таких взаимно соприкасающихся квазизамкнутых макромирах, непосредственно доступных данной цивилизации, заведомо не обеспечивает требуемой принципиальной беспределности экспоненциального роста используемых материальных и энергетических ресурсов из-за общей ограниченности средней плотности массы во всех этих макромирах определенной конечной величиной (которая выражается через соответствующие мировые постоянные). Иное дело, если возможна нетривиальная космологическая экспансия высокоразвитых цивилизаций из уже освоенных ими ограниченных пространственных областей не «наружу», а «внутрь» — во все новые и новые взаимно соприкасающиеся квазизамкнутые макромиры, которых в единой (связной) всеобъемлющей Вселенной, реализующей все свои потенциальные возможности и свободной от всяких космологических парадоксов, должно быть неисчерпаемое множество [6—14].

Столкнувшись с необходимостью совместить адекватную макросистемам общую теорию относительности, или общерелятивистскую теорию универсального гравитационного поля, эквивалентного непрерывному искривлению всего пространственно-временного континуума, и адекватные микрообъектам квантовомеханические или квантовотеоретические представления о дискретном строении гравитирующей материи и о ее скачкообразных (вероятностных) переходах из одних динамически определенных состояний в другие, космология, обобщая современную теоретическую физику, приводит к выводу, что все квазизамкнутые макромиры, подобные нашей безграничной Метагалактике, извне — из соседних макромиров — должны представляться некоторыми элементарными частицами, а все так называемые элементарные частицы материи потенциально содержат в себе или, вернее, скрывают за собой аналогичные собственные квазизамкнутые макромиры, являясь потенциальными микротуннелями или просто своеобразными двусторонними микросвязками (т. е. микросклеяками) между соответствующими взаимно соприкасающимися квазизамкнутыми макромирами, каждый из которых сам по себе описывается — изнутри — одной из возможных релятивистских космологических моделей (скажем, расширяющейся, сжимающейся или пульсирующей моделью Фридмана) [8, 9, 12—17].

Причем если одна из двух противоположных сторон подобной микросвязки между двумя взаимно соприкасающимися квазизамкнутыми макромирами воспринимается в одном из них как некая элементарная частица определенного рода (например, как электрон, протон или нейтрон), то другая (обратная) сторона, принадлежащая другому макромиру, должна восприниматься в нем как ее инверсный антипод, или как сопряженная с ней античастица того же рода (т. е. как позитрон, антипротон или антинейтрон). Поэтому соприкасаются друг с другом посредством двусторонних микросвязок, или взаимно сопряженных элементарных частиц и античастиц, вообще говоря, не произвольные квазизамкнутые макромиры, а так называемые миры и антимирры Вселенной, в це-

лом абсолютно симметричной в отношении всевозможных элементарных частиц и античастиц и инвариантной относительно полной инверсии (с выворачиванием наизнанку всего пространственно-временного многообразия со всеми его микросвязками между взаимно соприкасающимися квазизамкнутыми макромирами, т. е. с одновременным обращением всех элементарных частиц в сопряженные с ними античастицы, а античастиц — в частицы) [12—14].

С уникальной Вселенной, в целом заведомо симметричной относительно всевозможных взаимно равноправных элементарных частиц и античастиц, первоначально пытались отождествлять один-единственный непосредственно наблюдаемый нами безграничный односвязный метагалактический макромир, приписывая ему, вопреки современным наблюдательным данным, соответствующую симметрию [18—20, с. 424—449]. Или в лучшем случае, дополняя наш реальный макромир, явно асимметричный (в смысле доминирования элементарных частиц над античастицами), гипотетическим взаимно сопряженным с ним антимиром, отождествляли с уникальной симметричной Вселенной именно эту однозначно определенную тождественно симметричную пару мир—антимир [21]. Причем предполагалось даже, что компоненты такой пары суть инверсно сопряженные состояния одной и той же Метагалактики, претерпевающей полную инверсию при своем прохождении через общую сингулярность, когда предельное сжатие всей метагалактической материи сменяется ее расширением.

Однако на самом деле уникальная всеобъемлющая причинно обусловленная симметричная Вселенная, реализующая все свои потенциальные возможности и постоянно сохраняющая все свои атрибуты (включая, кстати, и высшую форму развития материи — разумную жизнь), заведомо не может исчерпываться непосредственно наблюдаемым нами метагалактическим макромиром и его инверсным дополнением, а должна представлять собой динамически равновесное единое (связное или, точнее, многосвязное) структурно неисчерпаемое многообразие всевозможных взаимодействующих и внутренне произвольно изменяющихся квазизамкнутых макромиров (или разнообразных взаимно соприкасающихся миров и антимиров), которые состоят в конечном счете из всевозможных более или менее устойчивых взаимно равноправных и превращающихся друг в друга элементарных частиц или античастиц того или иного рода, внешне идентичных в пределах каждого данного рода, но ведущих себя по-разному (с индетерминированным — вероятностным — поведением), и сами оказываются внешне идентичными им, имея вместе с тем случайные индивидуальные внутренние характеристики [12—14].

Возможно, что экстремальные энерговыделения, наблюдаемые в поразительно активных ядрах галактик и в таинственных квазарах, связаны с естественной (или искусственной!) аннигиляцией вещества и антивещества, т. е. с систематическим превращением соответствующих взаимно сопряженных элементарных частиц и античастиц типа электронов и позитронов или нуклонов (прото-

нов, нейтронов) и антинуклонов (антипротонов, антинейтронов) в симметричные кванты излучения, свидетельствуя о принципиальной возможности возникновения и развития эффективных непосредственных физических (материальных) контактов между нашим метagalacticким квазизамкнутым макромиром и надлежащими соседними квазизамкнутыми антимирами [12, 22].

Потенциальные микроконтакты между взаимно соприкасающимися квазизамкнутыми макромирами возможны через посредство их двусторонних микросвязок, т. е. через взаимно сопряженные элементарные частицы и античастицы соответствующих миров и антимиров. Как правило, материальный состав этих миров или антимиров определяется прежде всего их веществом или антивеществом, а не излучением и сводится в конечном счете к достаточно массивным нуклонам (протонам, нейтронам) или антинуклонам (антипротонам, антинейтронам) с массами $m_p = m_{\bar{p}} \simeq m_n = m_{\bar{n}} = 1,67 \cdot 10^{-24}$ г и к сравнительно легким электронам или позитронам с пренебрежимо малыми массами $m_e = m_{\bar{e}} = 9,1 \cdot 10^{-28}$ г. Причем в космическом веществе или антивеществе, в среднем электрически нейтральном, на суммарную массу M должно приходиться около M/m_n нуклонов или антинуклонов и не большее количество электронов или позитронов (компенсирующих электрический заряд протонов или антипротонов), т. е. всего $N = (1 + \eta)M/m_n$ рассматриваемых элементарных частиц или античастиц, где η — относительная доля протонов или антипротонов среди этих нуклонов или антинуклонов ($0 \leq \eta \leq 1$).

Характерный радиус электрона (или позитрона) можно найти, рассматривая эквивалентную его массе покоя m_e собственную (внутреннюю) энергию этой предельно легкой электрически заряженной элементарной частицы $m_e c^2$ как энергию внешнего электростатического поля, обусловленного элементарным квазиточечным или, вернее, сферическим электрическим зарядом с абсолютной величиной $e = 4,80 \cdot 10^{-10}$ г^{1/2}·см^{3/2}·с⁻¹ и существующего вне предельно малой сферы с искомым радиусом r_e , т. е. как энергию, необходимую для сосредоточения на поверхности данной сферы всего этого заряда, первоначально как бы рассеянного на бесконечности, или как энергию, необходимую для самого создания такой изолированной частицы посредством удаления взаимно сопряженной с ней античастицы с исходного минимального взаимного расстояния их центров, равного $2r_e$, на бесконечность: $r_e = e^2/(2m_e c^2) = 1,4 \cdot 10^{-13}$ см [23].

Аналогичные эффективные размеры имеют и сильно взаимодействующие нуклоны (протоны, нейтроны) или антинуклоны (антипротоны, антинейтроны), судя по фактической плотности ядерной материи в атомных ядрах: $r_p = r_n = 1,4 \cdot 10^{-13}$ см. Это связано с тем, что характерные радиусы нуклонов или антинуклонов, сильно взаимодействующих друг с другом посредством испускания и поглощения виртуальных пионов, при спонтанном распаде которых могут получаться, в частности, электроны и позитроны, в ко-

нечном счете именно их характерным радиусом r_e и определяются: $r_p = r_{\bar{p}} = r_n = r_{\bar{n}} = r_e = 1,4 \cdot 10^{-13}$ см. Кстати, таким же оказывается и так называемый спиновый радиус самих пионов (т. е. бесспиновых π -мезонов) [23].

Если достаточно развитая разумная цивилизация, как бы воплощающая в себе так называемый высший разум, в принципе способна, осознав преходящее значение тривиальной космической экспансии, встать на путь систематического самоуглубления и перейти к нетривиальной космологической экспансии с последовательным распространением из связанного многообразия освоенных пространственно-ограниченных мировых областей (с текущей суммарной массой его элементарных частиц и античастиц M), вообще говоря, не «наружу» или, вернее, не только «наружу» (в пределах данных — уже частично освоенных — квазизамкнутых макромиров), а прежде всего «внутри» соответствующих элементарных частиц и античастиц — во все новые и новые взаимно соприкасающиеся квазизамкнутые макромиры многосвязной структурно неисчерпаемой Вселенной (имеющие в космологической окрестности этого многообразия среднюю плотность осваиваемой массы δ , более или менее близкую к надлежащей исходной величине), она может, распространяясь через характерные поперечные сечения всех доступных ей двусторонних микросвязок между взаимно соприкасающимися квазизамкнутыми макромирами, т. е. распространяясь (пусть не физически, а хотя бы информационно, вероятно, с максимальной возможной скоростью $v = c$) через предельно малые сферические поверхности $S_0 = 4\pi r_0^2$ всех $N = (1 + \eta)M/m_n$ рассматриваемых элементарных частиц или античастиц типа электронов или позитронов и нуклонов или антинуклонов с характерным стандартным радиусом $r_0 = r_e = e^2/(2m_e c^2) = 1,4 \cdot 10^{-13}$ см, обеспечить систематический прирост используемых материальных и энергетических ресурсов, пропорциональный их текущей величине:

$$\frac{dM}{dt} = NS_0 v \delta = 4\pi r_0^2 v \delta N = 4\pi r_e^2 c \delta N = \pi(1 + \eta) \frac{e^4 \delta}{c^3 m_e^2 m_n} \quad (1)$$

и

$$\frac{dE}{dt} = \pi(1 + \eta) \frac{e^4 \delta}{c^3 m_e^2 m_n} E, \quad (2)$$

что как раз и требуется для неограниченного экспоненциального роста этих ресурсов с более или менее постоянным периодом удвоения

$$T = \frac{\ln 2}{\pi(1 + \eta)} \frac{c^3 m_e^2 m_n}{e^4 \delta}, \quad \text{где} \quad 0 \leq \eta \leq 1. \quad (3)$$

Чтобы указанный характерный период удвоения используемых материальных и энергетических ресурсов (3) составлял привычные для нас 15—20 лет, $T = (15 \div 20) \cdot 3 \cdot 10^7$ с, рассматриваемая всепроникающая сверхцивилизация должна осваивать, последо-

вательно распространяясь по всем доступным ей взаимно соприкасающимся квазизамкнутым макромирам многосвященной структурно неисчерпаемой Вселенной, многосвязное многообразие космических систем со средней плотностью $\delta = (1 \div 3) \cdot 10^{-19} \text{ г/см}^3$, что как раз сопоставимо с соответственно усредненной плотностью Солнечной системы (если ее полную массу $2 \cdot 10^{33} \text{ г}$ «размазать» в пределах пронизываемой кометами сферической области с радиусом R около $10\,000 \text{ а.е.}$, или порядка 10^{17} см), а также с вероятной плотностью протозвездных сгущений в диффузной галактической среде и некоторых компактных образований в центральных частях галактик.

Причем для сохранения информационной целостности рассматриваемой цивилизации радиальные размеры R всех цивилизуемых ею космических систем, вообще говоря, должны ограничиваться определенным пределом — порядка характерной величины cT :

$$R \leq cT, \quad (4)$$

что опять-таки заведомо выполняется для Солнечной системы и аналогичных околозвездных планетных систем или даже для двойных и кратных звезд, а также для протозвездных сгущений, но начинает нарушаться в случае типичных звездных скоплений, свидетельствуя о бессмысленности межзвездной космической экспансии. Таким образом, имеются определенные основания предполагать, что сама жизнь на Земле, по-видимому, естественно проэволюционировавшая от своих простейших первоначальных форм до современной земной цивилизации, только-только приступающей к освоению Солнечной системы, возникла не случайно, а в результате разумной деятельности (или информационного проникновения) некоторой неизмеримо более развитой сверхцивилизации. Возможно, что именно этим объясняется поразительная универсальность явно неслучайного генетического кода всех известных нам форм жизни, побудившая, кстати, Ф. Крика возродить идею панспермии. Иначе, вопреки известным теоретическим и экспериментальным трудностям самозарождения жизни, имеющим принципиальный — информационный — характер, приходится допускать, что несколько миллиардов лет тому назад на Земле случайно произошло уникальное событие: из всевозможных более или менее простых органических молекул абиогенного происхождения самопроизвольно — путем совершенно невероятной случайной самосборки — возникли первые вполне определенные живые системы, сразу достаточно сложные и совершенные, способные к самовоспроизведению и уже обладающие в готовом виде тем генетическим языком для передачи наследственной информации всем своим потомкам, который сохранился абсолютно неизменным до сих пор. Впрочем, следует учитывать и просто физическую предопределенность генетического кода [30].

Не исключено, что наряду с самой нашей Солнечной системой вся содержащая ее и непосредственно наблюдаемая нами безгра-

ничная (квазизамкнутая) Метагалактика со всеми присущими ей характерными особенностями является лишь одной из типичных обитаемых космических систем структурно неисчерпаемой Вселенной [24—28, 20, с. 360—365, 368, 369—379].

Уникальная всеобъемлющая причинно обусловленная Вселенная, будучи динамически равновесным единым (связным или, точнее, многосвязным) структурно неисчерпаемым многообразием всевозможных взаимно соприкасающихся квазизамкнутых макромиров, сама по себе должна представлять собой вполне детерминированную (самосогласованную) систему с необходимыми (однозначно определенными, всегда и всюду одинаковыми, неизменными) величинами всех ее универсальных характеристик, таких, как размерность космологического пространства-времени ($3 + 1$), связанный с трехмерностью физического пространства квадратичный показатель обратной степенной зависимости квазистатистических макроскопических взаимодействий любого рода (гравитационных и электромагнитных) от расстояния между взаимодействующими материальными точками (закон обратных квадратов), реализуемая в случае излучения (гравитационного и электромагнитного) с лишенными массы покоя квантами поля максимальная скорость распространения всевозможных воздействий (c), минимальный квант действия ($\hbar$), элементарный электрический заряд (e), минимальная собственная масса электрически заряженных элементарных частиц и античастиц (m_e), их эффективный радиус (r_e) и т. п. Причем Вселенная как целое — при отвлечении от всех ее локальных и преходящих особенностей (или при надлежащем усреднении их) — оказывается предельно однородной и стационарной, подобной физическому вакууму, с псевдоевклидовым космологическим пространством-временем [6—14, 29].

При переходе от самих полностью цивилизуемых околозвездных космических систем, аналогичных нашей Солнечной системе, и от непосредственно содержащих их типичных обитаемых — или пригодных для обитания — квазизамкнутых макромиров, подобных нашей Метагалактике, ко Вселенной в целом, имеющей нулевую среднюю плотность массы ($\delta = 0$), соответствующий естественный период удвоения доступных для использования материальных и энергетических ресурсов (3) становится бесконечным ($T = \infty$), т. е. даже при систематической космологической экспансии цивилизаций экспоненциальный рост используемых ими ресурсов, как правило, в конце концов асимптотически прекращается (по мере увеличения пространственной протяженности R (4) рассматриваемых информационно-целостных цивилизаций).

С другой стороны, разумная цивилизация, осуществляющая информационное проникновение из данного квазизамкнутого макромира во все остальные, потенциально скрытые в его элементарных частицах, т. е. приобретающая необходимую и достаточную информацию для предельно полного — детерминистического — описания поведения всех частиц исходного макромира (с учетом их скрытых параметров), способна к безграничному интеллекту-

альному развитию, направленному на познание действительности, и в конце концов может освободиться от квантового принципа неопределенности, ограничивающего минимальную энергетическую плату за приобретение новой информации, т. е. получает возможность неограниченно самоусовершенствоваться уже без экспоненциального роста своей энергетики.

Решение проблемы СЕТИ позволило бы нам воспользоваться помощью, опытом или примером других, более развитых цивилизаций. Но пока мы должны сами искать возможные пути развития нашей цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роуз Д. Дж., Кларк М. Физика плазмы и управляемые термоядерные реакции. М.: Госатомиздат, 1963.
2. Идлис Г. М. Математическая теория НОТ и оптимальной структуры НИИ. Алма-Ата: Наука КазССР, 1970.
3. Идлис Г. М. Структура и динамика звездных систем. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961.
4. Идлис Г. М. Закономерная циклическая повторяемость скачков в развитии науки, коррелирующая с солнечной активностью. — История и методология естественных наук. Физика. М.: МГУ, 1979, вып. 22, с. 62—76.
5. Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями) / Под ред. С. А. Капрана. М.: Мир, 1975.
6. Идлис Г. М. Теория относительности и структурная бесконечность Вселенной. — Астрон. журн., 1956, 33, вып. 4, с. 622—626.
7. Идлис Г. М. Причинность как основа космологии. — Изв. Астрофиз. ин-та АН КазССР, 1961, 12, с. 37—55.
8. Идлис Г. М. О структуре и динамике Метагалактики. — В кн.: Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965, с. 302—312.
9. Идлис Г. М. Динамика звездных систем. — Вестн. АН КазССР, 1965, № 3, с. 60—65.
10. Идлис Г. М. Бесконечность Вселенной с точки зрения теории множеств. — В кн.: Бесконечность и Вселенная. М.: Мысль, 1969, с. 168—180.
11. Идлис Г. М. Теория множеств в современном естествознании. — В кн.: Диалектика и современное естествознание. М.: Наука, 1970, с. 387—391.
12. Идлис Г. М. Ленинская диалектика и современный этап изучения Вселенной. — Вестн. АН КазССР, 1970, № 3, с. 3—14.
13. Идлис Г. М. Кант и современные представления о Вселенной. — Природа, 1974, № 6, с. 73—80.
14. Идлис Г. М. Современная революция в космологии. Полное преодоление космологического эгоцентризма. — Природа, 1978, № 4, с. 74—81.
15. Марков М. А. Элементарные частицы максимально больших масс (кварки, максимоны). — ЖЭТФ, 1966, 51, вып. 3 (9), с. 878—890.
16. Марков М. А. О понятии первоматерии. — Вопросы философии, 1970, № 4, с. 66—75.
17. Марков М. А. Макро-микросимметричная Вселенная. — В кн.: Будущее науки. М.: Знание, 1973, вып. 6, с. 68—81.
18. Дирак П. А. Теория электронов и позитронов. — В кн.: Современная квантовая механика. Три нобелевских доклада. Л.; М.: ГТТИ, 1934, с. 61—75.
19. Альвен Г. Миры и антимиры. Космология и антиматерия. М.: Мир, 1968.
20. Космология. Теории и наблюдения / Под ред. Я. Б. Зельдовича, И. Д. Н. Д. Новикова. М.: Мир, 1978.
21. Наан Г. И. Симметричная Вселенная. — Публ. Тартус. астрон. obs. 1964, 34, № 6, с. 423—444.

22. Low F. J. The infrared galaxy phenomenon. — Astrophys. J., 1970, 159, N 3, pt 2, p. L173—L177.
23. Идлис Г. М. О структуре и динамике Метагалактики с учетом доминирующего фона излучения. — Изв. Астрофиз. ин-та АН КазССР, 1962, 15, с. 3—24.
24. Идлис Г. М. Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы. — Изв. Астрофиз. ин-та АН КазССР, 1958, 7, с. 39—54.
25. Идлис Г. М. Структурная бесконечность Вселенной и Метагалактика как типичная обитаемая космическая система. — В кн.: Труды VI Совещ. по вопросам космогонии. Внегалактическая астрономия и космология. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 270—271.
26. Dicke R. H. Dirac's cosmology and Mach's principle. — Nature, 1961, 192, N 4301, p. 440—441.
27. Carter B. The significance of large numbers in cosmology: Unpubl. preprint. Cambridge Univ., 1970.
28. Collins C. B., Hawking S. W. Why is the universe isotropic? — Astrophys. J., 1973, 180, N 2, pt 1, p. 317—334.
29. Александров А. Д. Теория относительности как теория абсолютного пространства-времени. — В кн.: Философские вопросы современной физики. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 269—323.
30. Идлис Г. М. Генетический код как необходимое следствие общего принципа стереохимической комплементарности. — История и методология естественных наук. Физика. М.: МГУ, 1981, вып. 27.

УДК 008:523.85

В. А. Разин

К ВОПРОСУ О ЛОКАЛИЗАЦИИ И МАСШТАБАХ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ¹

Я хочу остановиться на двух моментах. Во-первых, на вопросе о том, где в галактиках наиболее вероятно возникновение и развитие внеземных цивилизаций, и, во-вторых, на элементарной оценке линейных размеров области пространства, которая может быть колонизована цивилизацией.

Мне представляется совершенно исключенной возможность существования цивилизаций вблизи галактического ядра, в квазарах и других пекулярных объектах этого типа. Дело в том, что физические условия в указанных областях экстремальны; они характеризуются высокой плотностью энергии релятивистских частиц и электромагнитного излучения, высокими значениями гравитационного потенциала. Такие физические условия неблагоприятны для возникновения жизни и тем более развития ее до уровня цивилизации.

Проиллюстрирую сказанное на примере галактического ядра. Радиоастрономам хорошо известно, что общее синхротронное радиоизлучение Галактики концентрируется к ее плоскости и центру, особенно в области с размерами $\sim \pm 60^\circ$ по долготе l и $\sim \pm 30^\circ$ по широте вокруг галактического ядра. Этот факт свидетельствует

¹ Выступление на Зеленчукской школе-семинаре-75. САО АН СССР, 1975 г.

Н. Б. Лаврова, Т. Л. Парнес

БИБЛИОГРАФИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ СЕТИ¹
ЛИТЕРАТУРА 1974—1978 ГГ.

РАБОТЫ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ

об активности ядра Галактики. Для выяснения характера активности ядра целесообразно рассмотреть два крайних случая: а) одиночный взрыв в ядре, приведший к последующему заполнению центральной области Галактики релятивистскими электронами; б) непрерывно действующий с постоянной мощностью источник релятивистских частиц в ядре Галактики. В первом случае в рамках простейшей диффузионной модели распространения космических лучей находим, что концентрация релятивистских электронов пропорциональна

$$\exp(-r^2/4Dt), \quad (1)$$

где r — расстояние от ядра Галактики, D — коэффициент диффузии, t — время. Расчет широтной зависимости яркостной температуры центральной области Галактики при $l = 0$ с использованием выражения (1) приводит к профилю, не согласующемуся с экспериментальными данными.

Во втором случае концентрация релятивистских электронов пропорциональна

$$r^{-2} \exp(-r^2/4Dt), \quad (2)$$

т. е. имеет особенность при $r = 0$. Расчеты с использованием выражения (2) дают температурный профиль, близкий к наблюдаемому. Таким образом, имеются свидетельства непрерывной активности галактического ядра. Из выражения (2) можно заключить, что вблизи галактического ядра плотность космических лучей на несколько порядков выше, чем в окрестностях Солнечной системы. Вряд ли возможно появление жизни в таких условиях. В квазарах условия еще более неблагоприятны. Вероятнее всего, цивилизации могут развиваться только на планетах, обращающихся вокруг звезд, вдали от активных ядер галактик.

Теперь несколько слов о простейшей оценке линейных размеров области пространства, которая может быть колонизована цивилизацией. Наиболее существенными параметрами в этой задаче являются: среднее время жизни разумного существа T , скорость распространения сигналов, использующихся для передачи информации, $v_{\text{инф}}$ и скорость транспортных средств, позволяющих осуществить непосредственный контакт между удаленными друг от друга членами цивилизованного сообщества, $v_{\text{тр}}$. Согласованные действия цивилизации возможны лишь при условии, что отдельные ее представители находятся друг от друга на расстояниях меньше $S_1 = Tv_{\text{инф}}$. В противном случае цивилизация не может существовать как единая система. Централизованная общественная иерархия может существовать, если расстояния между разумными существами меньше $S_2 = Tv_{\text{тр}}$.

Величина S_1 дает верхнее значение линейного размера области пространства, занятой цивилизацией. Например, при $T = 100$ лет $= 3 \cdot 10^9$ с, $v_{\text{инф}} = c = 3 \cdot 10^{10}$ см·с⁻¹ размер $S_1 \approx 10^{20}$ см ≈ 30 пк. Более точную оценку дает S_2 . Полагая $v_{\text{тр}} = 10^{-2}$ с, при $T = 100$ лет находим $S_2 = 0,3$ пк.

Вернадский В. И. Размышления натуралиста: Научная жизнь как планетное явление. М.: Наука, 1977. Кн. 2. 191 с. Ч. 2. Переход биосферы в ноосферу и наука о жизни, с. 89—152.

Давидович В. Е., Аболина Р. Я. Кто ты, человечество? Теоретический портрет. М.: Молодая гвардия, 1975. 174 с.

Петрович Н. Т. Кто вы? 2-е изд. М.: Молодая гвардия, 1974. 240 с.

Труды десятых и одиннадцатых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1975; 1976. М., 1978. 160 с. Секция: К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса. Содержание: Тукмачев П. Ф. Идеи К. Э. Циолковского и социологические проблемы освоения космоса, с. 3—12; Тукмачева А. И. Некоторые философско-методологические аспекты космоизации гуманизма, с. 13—19; Урсул А. Д. Альтернатива грядущего: гибель или бессмертие? (О прогнозировании длительности социального прогресса), с. 20—31; Стемпурский Ю. Н. О диалектике преодоления основных постулатов геоцентризма, с. 32—40; Старостин А. М. К. Э. Циолковский и развитие космического эксперимента, с. 41—52; Школенко Ю. А. О роли деятельности на Земле и система освоения космоса (методологические аспекты), с. 53—62; Старостин Б. А. Генезис космической установки в европейской науке и культуре, с. 63—77; Улубеков А. К. К обоснованию проблемы необходимости освоения космоса, с. 78—86; Старостин А. М. К. Э. Циолковский и социальный аспект космического эксперимента, с. 87—101; Стемпурский Ю. Н. О ценностном подходе в исследовании космоизации знаний, с. 102—109; Старостин Б. А. Освоение космоса в системе исторических форм всеобщего труда, с. 110—116; Гаврюшин Н. К. «Космическая философия» Джона Фиска (1842—1901), с. 117—123; Казютинский В. В. Философский анализ взглядов К. Э. Циолковского на эволюцию Вселенной, с. 124—131; Рубцов В. В., Урсул А. Д. Развитие идей К. Э. Циолковского о характере деятельности цивилизаций космоса, с. 132—148; Школенко Ю. А. Идея множественности проявлений разума во Вселенной и опыт цивилизации Земли, с. 149—158.

Разматуллин К. Х. Жизнь во Вселенной. Алма-Ата: Казахстан, 1975. 63 с.

Улубеков А. Т. Тепловой режим «эфирных городов» на различных расстояниях от Солнца. — В кн.: Труды 7-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1972; М., 1974, с. 32—41. Секция: Проблемы ракетной и космической техники.

Урсул А. Д., Школенко Ю. А. Обитаемая Вселенная. М.: Знание, 1976. 63 с.

Урсул А. Д. Человечество, Земля, Вселенная: Философские проблемы космонавтики. М.: Мысль, 1977. 264 с. Гл. 5. Космические черты социальной формы движения (Человечество как космическая цивилизация. О прогнозировании длительности социального прогресса. Некоторые философско-методологические аспекты проблемы внеземных цивилизаций), с. 194—245.

Фесенкова Л. В. Методологические аспекты исследований жизни в космосе. М.: Наука, 1976. 128 с.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. 4-е изд. М.: Наука, 1976. 336 с.

¹ Библиография является продолжением указателя литературы, помещенного в книге: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 336—348.

- Bainbridge W. S. The spaceflight revolution: a sociological study. N. Y.: J. Wiley and Sons, 1977. 294 p. Rec.: Ross H. E.— Spaceflight, 1977, 19, N 5, p. 199.
- Charon J. E. L'homme et l'univers. P.: Michel, 1974. 313 p.
- Interstellar communication: scientific perspectives/ Ed. C. Ponnamperna, A. G. W. Cameron. Boston: Houghton Mifflin Co., 1974. 226 p. Rec.: Mallove E. F.— JBIS, 1975, 28, N 3, p. 223—224; Webb G. M.— Spaceflight, 1975, 17, N 4, p. 158; Field G. B.— Orig. Life, 1975, 6, N 3, p. 451; Lambrecht H.— Sterne, 1977, 53, N 1, S. 52—53.
- Pacner K. Hledáme kosmické civilizace. Praha: Kotva, 1976. 295 p.
- Ridpath I. Worlds beyond: A report on the search for life in space. Wildwoode House, 1975. 176 p. Rec.: Macvey J. M.— Spaceflight, 1976, 18, N 1, p. 35.
- Sagan C. Nachbarn im Kosmos: Leben und Lebensmöglichkeiten im Universum/ Mit einem Vorwort von H. V. Ditfurth. München: Kindler Verl., 1975. 214 S. Rec.: Lambrecht H.— Sterne, 1977, 53, N 3, S. 185—187.
- Thor J. Człowiek poza Ziemią. W-wa: Ludowa Spółdzielnia Wyd., 1976. 246 s. Rev.: Dworak Z.— Urania (PRL), 1978, 49, N 1, p. 27—29.

- Бирюков Ю. В. Сравнение прогнозов космического развития цивилизаций в трудах К. Э. Циолковского и Ф. Дайсона.— В кн.: Труды 7-х, 8-х и 9-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1975, М., 1976, с. 38—46. Секция: К. Э. Циолковский и научное прогнозирование.
- Гонтарь А. В. Возможности подхода к оценке важности целей космических исследований.— Там же, с. 141—146.
- Зеленцов А., Янгель А. Где вы, братья по разуму? — Техника — молодежи, 1976, № 4, с. 52—55.
- Каплан С. А., Кардашев Н. С. Астроинженерия.— Земля и Вселенная, 1977, № 3, с. 66—74.
- Кардашев Н. С. Последние исследования СЕТИ в СССР: Препринт ИКИ АН СССР № 279. М., 1976. 17 с.
- Комаров В. Космические братья по разуму? — Байкал, 1976, № 3, с. 103—108.
- Лем С. Фантастика на грани науки.— Техника — молодежи, 1977, № 5, с. 44—46.
- Маковецкий П. В. Смóтри в корень!: Сборник любопытных задач и вопросов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1976. 447 с. Спортлото и жизнь на других планетах. Свидание под часами. Пароль разума, с. 397—433.
- Миронов В. А. Проблема жизни и разума в космосе в свете данных современной науки.— В кн.: Научно-техническая революция и ее последствия (социально-экономические, методологические). М., 1974, с. 30—33.
- Моисеев Н. Н. Путешественники в одной лодке.— Химия и жизнь, 1977, № 9, с. 4—18. О осуществлении и математическом моделировании стратегии развития цивилизации.
- Пановкин Б. Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внесезонными цивилизациями.— В кн.: Философские проблемы астрономии XX века. М.: Наука, 1976, с. 240—265.
- Программа СЕТИ.— Астрон. журн., 1974, 51, вып. 5, с. 1125—1132. Пер. на англ. яз.: The Soviet CETI program. USSR Acad. Sci.— Icarus, 1975, 26, N 3, p. 377—385; Sov. Astron., 1975, 18, p. 669—675.
- Севастьянов В. И., Урсул А. Д. Космонавтика, научно-техническая революция, мировоззрение.— Вопросы философии, 1975, № 11, с. 81—92.
- Турсунов А. Космический контекст биосферы.— В кн.: Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 192—204.
- Урсул А. Д. Космическое направление взаимодействия общества и природы.— Там же, с. 169—191.
- Урсул А. Д. Общество и космонавтика.— Природа, 1977, № 12, с. 3—9.
- Урсул А. Д. Философские вопросы освоения космоса.— В кн.: Философские вопросы естествознания. М., 1976, ч. 1, с. 260—292.
- Урсул А. Д. Человек и Вселенная.— Вопросы философии, 1977, № 12, с. 34—42.

- Урсул А. Д. Экологические перспективы и космонавтика.— Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 32—38.
- Старостиин А. М. Некоторые черты космического эксперимента (философско-методологический анализ).— В кн.: Труды 9-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1974; М., 1975, с. 86—75. Секция: К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса.
- Фаддеев Е. Т. Проблема бессмертия человечества у К. Э. Циолковского и в марксизме.— Там же, с. 3—17.
- Шкловский И. С. Первое 20-летие космической эры и астрономия.— Пирода, 1977, № 10, с. 86—92.
- Belitsky B. CETI in the Soviet Union.— Spaceflight, 1977, 19, N 5, p. 193—194.
- Belitsky B. The debate on SETI in the Soviet Union.— Spaceflight, 1978, N 9/10, p. 346—347.
- Brzostkiewicz S. R. Czy sami jesteśmy we wszechświecie? — Urania (PRL), 1975, 46, N 10, s. 296—303.
- CETI investigations in the USSR.— Spaceflight, 1974, 16, N 5, p. 190.
- Dooling D. Speculating on man's neighbours.— Spaceflight, 1975, 17, N 6, p. 231—232, 240.
- Driscoll E. Astronomers focus on extraterrestrial life.— JBIS, 1978, 31, N 9, p. 338.
- Duras A. Le CETI en tant que problème scientifique.— Aeronaut. et astronaut., 1976, N 59, p. 25—28.
- Edelson R. E., Gulkis S., Janssen M. A. et al. The SETI radio observational project: strategy, instrumentation and objectives.— In: Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik, 1978, preprint IAF-78-A-43. 18 p.
- Freitag R. F. Man's future in space.— Spaceflight, 1975, 17, N 3, p. 82—87.
- Gindilis L. M. Niektóre filozoficzne i metodologiczne problemy CETI.— Człowiek i światopogląd, 1974, 2 (103), s. 139—162.
- Gola M. Przemyśl kosmiczny czy loty do gwiazd.— Astronautyka, 1977, N 3, s. 21—23.
- Grigar J. Astronomické aspekty CETI.— In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi» Praha, 1976, p. II/1—II/3.
- Hulleu J. C. L. Space-road to survival.— Astronaut. and Aeronaut., 1974, 12, N 5, p. 25—26.
- Klokočník J. Mimoszemské civilizace z filozofického hlediska.— Riechvěžd, 1977, 58, N 7, s. 121—124.
- Lehmann J. Überblick über internationale und nationale CETI—Ereignisse.— Astron. und Raumfahrt, 1977, N 1, S. 14—17.
- Lipnicki R. Kosmiczna rola ludzkości a zagadnienia CETI.— Astronautyka, 1976, N 4, s. 21—25.
- Marx S. Sind wir allein im All? — Urania (DDR), 1974, 50, N 12, S. 40—45.
- Maugh T. H. II. Colonizing Mars: the age of planetary engineering begins.— Science, 1977, 195, N 4279, p. 668—669.
- Michaud M. A. G. Two tracks to new worlds.— Spaceflight, 1976, 18, N 1, p. 2—6, 40.
- Michaud M. A. G. Spaceflight, colonization and independence: a synthesis.— JBIS, 1977, 30, N 3, p. 83—95.
- Molton P. M. On the likelihood of a human interstellar civilization.— JBIS, 1978, 31, N 6, p. 203—208.
- Panowkin B. N. O metodologicznym uzasadnieniu problemu cywilizacji pozaziemskich.— Człowiek i światopogląd, 1974, 2 (103), s. 169—174.
- Paprotny Z. Kilka uwag o przyszłości badań nad CETI.— Astronautyka, 1976, N 5, s. 23—24.
- Paprotny Z. Skala radiowych poszukiwań CETI.— Urania (PRL), 1977, 48, N 10, s. 306.
- Parkinson B. The starship as an exercise in economics.— JBIS, 1974, 27, N 9, p. 692—696.
- Pešek R. Activity of the IAA CETI Committee in the period 1965—1976 and CETI outlook.— In: 27 Congr. Intern. Astronaut. Federation., Anaheim (Cal.), 1976, Oct. 10—16. 5 p.

- Pešek R.* CETI — minulost, přítomnost, budoucnost. — In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. I/1 — I/11.
- Pešek R.* La communication avec les intelligences extraterrestres. (CETI). Passé, Présent et avenir. — *Aeronaut. et astronaut.*, 1976, N 59, p. 21—24.
- Puttkamer J. von.* On humanity's role in space. — *Spaceflight*, 1978, 20, N 2, p. 55—59.
- Ronan C. A.* Herschel and extraterrestrial life. — *Observatory*, 1974, 94, p. 19.
- Ross H. E.* Guide-line to astrosociology. — *Spaceflight*, 1976, 18, N 4, p. 135.
- Ross H. E.* Quo vadis? — *Spaceflight*, 1978, 20, N 7, p. 263—265. О проблеме освоения космоса человечеством.
- Ruml V.* Metodologické aspekty vzájemného pôsobení s možnými kosmickými civilizacemi. — In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. IX/4 — IX/6.
- Sagan C.* An introduction to the problem of interstellar communication. — In: *Interstellar communication: scientific perspectives*. Boston, 1974, p. 1—24.
- Schklowski I. S.* Das Problem der ausserirdischen Zivilizationen und seine philosophischen Aspekte. — *Astron. und Raumfahrt*, 1976, N 4, S. 97—105; N 5, S. 133—137.
- Szklowski J. S.* Problem cywilizacji pozaziemskich i jego aspekty filozoficzne. — *Człowiek i światopogląd*, 1974, 2 (103), s. 109—138.
- Schmidt K. H.* Ausserirdisches Leben aus astrophysikalischer Sicht. — *Sterne*, 1975, 51, N 2, S. 82—90.
- Shapley D.* Astronomers' search for other worlds brings contact with politics. — *Science*, 1978, 200, N 4349, p. 1467—1468.
- Sheaffer R.* 1977 CETI progress report. — *Spaceflight*, 1977, 19, N 9, p. 307—310.
- Suffern K. G.* Some thoughts on Dyson spheres. — *Proc. Astron. Soc. Australia*, 1977, 3, N 2, p. 177—179.
- Ursul A. D.* Perspektywy ekologiczne i kosmonautyka. — *Astronautyka*, 1977, N 3, s. 2—5.
- Vieweng D. R. J., Horswell C. J.* Catastrophe possible? — *JBIS*, 1978, 31, N 6, p. 209—216. О судьбе нашей цивилизации.
- Zonn W.* Na marginesie rozmów nad cywilizacjami pozaziemskimi. — *Człowiek i światopogląd*, 1974, 2 (103), s. 104—108.

Поселения в космосе

- Космические поселения. — *Наука и жизнь*, 1976, № 5, с. 46—51. Изложение статьи О'Нейла «Колонизация космоса» с приложением заметки К. П. Феофантова «Фантастическая реальность».
- Поляков Г. Г.* Лунный космический лифт с минимальным напряжением и создание поселений в космосе. Волгоград. гос. пед. ин-т, 1977. 17 с. Деп. в ВИНТИ, № 4313—77 Деп.
- Чирков Ю.* Космические поселения: «за» и «против». — *Знание — сила*, 1978, № 6, с. 32—33.
- Caulkins D.* Raw materials for space manufacturing — a comparison of terrestrial practice and lunar availability. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 315—316.
- Chedd G.* Colonization at Lagrangea. — *New Sci.*, 1974, 64, N 920, p. 247—249.
- Cleaver A. V.* On the realisation of projects: with special reference to O'Neill space colonies and the live. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 283—288.
- Colonization of space. — *Mercury*, 1974, 3, N 4, p. 4—10.
- Comella T. M.* Colonizing free space. — *Mach. Des.*, 1976, 48, N 11, p. 26—28, 30—31.
- Dossey J. R., Tretti G. L.* Counterpoint: a lunar colony. — *Spaceflight*, 1975, 17, N 7, p. 259—268.
- Extraterrestrial communities. — *Spaceflight*, 1976, 18, N 4, p. 130—134.
- Gatland K. W.* Cities in the sky. — *Spaceflight*, 1976, 18, N 1, p. 7—9.
- Golden F.* Colonies in space: the next giant step. N. Y.: Harcourt Brace Jovanovich, 1977.

- Hannah E. C.* Radiation protection for space colonies. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 310—313.
- Heppenheimer T. A.* Colonies in space. Harriburg (Pa.): Stackpole Books, 1977. 224 p. Rec.: O'Leary B. — *Icarus*, 1978, 34, N 1, p. 224—225; *Parkinson R. C.* — *Spaceflight*, 1977, 19, N 12, p. 450—451.
- Heppenheimer T. A.* Two new propulsion systems for use in space colonization. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 304—309.
- Heppenheimer T. A., Hopkins M.* Initial space colonization: concepts and R and D aims. — *Astronaut. and Aeronaut.*, 1976, 14, N 3, p. 58—64, 72.
- Hopkins M. M.* A preliminary cost benefit analysis of space colonization. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 289—300.
- Johnes E. M.* Interstellar colonization. — *JBIS*, 1978, 31, N 3, p. 103—107.
- Knight D. C.* Colonies in space. N. Y.: Morrow, 1977.
- Köler H. W.* Weltraumkolonisierung. Utopie oder sinnvolles Konzept der Zukunft? — *Naturwiss. Rdsch.*, 1976, 29, N 9, S. 311—316.
- Lipnicki R.* Orbitalne miasta przysłości. — *Astronautyka*, 1977, N 2, s. 11—15.
- Matloff G. L.* Utilization of O'Neill's model I colony as an interstellar ark. — *JBIS*, 1976, 29, N 12, p. 775—785.
- Michaud M. A. G.* Spaceflight, colonization and independance: a synthesis: 1—2. Manned interstellar flight and the colonization of other systems; 3. The consequences of colonization. — *JBIS*, 1977, 30, N 3, p. 83—95; N 6, p. 203—212; N 9, p. 323—331.
- O'Neill G. K.* Lagrangian community? — *Nature*, 1974, 250, N 5468, p. 636.
- O'Neill G. K.* The colonization of space. — *Phys. Today*, 1974, 27, N 9, p. 32—42. Rec.: *JBIS*, 1975, 28, N 1, p. 53.
- O'Neill G. K.* Engineering of a space manufacturing center. — *Astronaut. and Aeronaut.*, 1976, 14, N 10, p. 20—28, 36.
- O'Neill G. K.* The light frontier: human colonies in space. N. Y.: Morrow, 1977. 263 p. Rec.: *Michaud M. A. G.* — *JBIS*, 1977, 30, N 9, p. 350—360.
- Parker P. J.* Lagrange point space colonies. *Spaceflight*, 1975, 17, N 7, p. 269—273.
- Parker P. J.* Space colonies. — *JBIS*, 1976, 29, N 12, p. 764—768.
- Parkinson R. C.* The colonization of space. — *Spaceflight*, 1975, 17, N 3, p. 88—90.
- Richards I. R.* Estimates of crop areas for large space colonies. — *JBIS*, 1976, 29, N 12, p. 769—774.
- Ruppe H. O.* Powersets: an economic assessment. — *JBIS*, 1977, 30, N 8, p. 317—319.
- Salkeld R.* Space colonization now? — *Astronaut. and Aeronaut.*, 1975, 13, N 9, p. 30—34.

Библиография

- Бюллетень «Космические цивилизации» публикуется с 1974 г. Периодичность — 3 раза в год. Сост. Н. Б. Лаврова и Т. Л. Парнес (Научная библиотека им. А. М. Горького МГУ).
- Лаврова Н. Б.* Космические цивилизации: Указатель литературы, опубликованной в 1972—1974 гг. — В кн.: Проблема CETI (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 336—348.
- Caren L. D., Mallove E. F., Forward R. L.* A bibliography on interstellar communication. — In: *Interstellar communication: Scientific Perspectives* /Ed. C. Ponnampuruma, A. G. W. Cameron. Boston: Houghton Mifflin Co., 1974, p. 187—226.
- Mallove E. F., Connors M. M., Forward R. L., Paprotny Z.* A bibliography on the search for extraterrestrial intelligence. — *NASA Reference Publ.*, 1978, Mar., 1021. 132 p.
- Mallove E. F., Forward R. L.* Bibliography of interstellar travel and communication. — *JBIS*, 1974, 27, N 12, p. 921—943; 1975, 28, N 3, p. 191—219; N 6, p. 405—434.
- Mallove E. F., Forward R. L., Paprotny Z.* Bibliography of interstellar travel and communication. — *JBIS*, 1976, 29, N 7/8, p. 494—517; 1978, 31, N 6, p. 225—234.

- Засов А. В., Зеленцов А. С., Кузнецов Г. А. и др. Космические проблемы развития человеческого общества. — Науч. докл. высш. школы. Филос. науки, 1976, № 3, с. 161—164. О конференции в Москве, 1975 г.
- Кузнецов Ю. Школа-семинар по проблеме CETI. Отчет участника. — Знание — сила, 1976, № 4, с. 28. О работе конференции, станция Зеленчукская, окт. 1975 г.
- Пановкин Б. Н. Школа-семинар по проблеме CETI (16—21 окт. 1975 г.). — Земля и Вселенная, 1976, № 4, с. 69—71.
- Раджабов У. А., Зеленцов А. С., Кузнецов Г. А. Комплексные проблемы исследования внеземного пространства. — Вопросы философии, 1976, № 6, с. 167—170. О конференции «Человек и космос». Москва, 1975 г.
- Пановкин Б. Н. Новый взгляд на проблему внеземных цивилизаций. — Природа, 1977, № 10, с. 153—154. О философско-методологическом семинаре в ГАИШе, 1977 г.
- Carlson J. B., Sturrock P. A. Stanford workshop on extraterrestrial civilization opening a new scientific dialog: Conference report. — Orig. Life, 1975, 6, N 3, p. 459—470. Summary: Astronaut. and Aeronaut., 1975, 13, N 6, p. 63—64.
- CETI in Amsterdam (Oct. 1974). — Spaceflight, 1975, 17, N 3, p. 109—110.
- Fifth international review meeting of CETI: Abstracts of papers. — JBIS, 1977, 30, N 3, p. 119—120.
- Gatland K. W. Second BIS Conference on interstellar travel and communication (London, 1977, Apr.). — JBIS, 1977, 30, N 12, p. 443—444.
- Geisler W. Łączność z cywilizacjami pozaziemskimi. — Astronautyka, 1977, 20, N 1, s. 17—21.
- Lawton A. T. International CETI review meeteng 1974. — JBIS, 1975, 28, N 3, p. 220—222.
- Martin A. R. Interstellar travel and communication (2nd BIS conf. 1977, Apr. 4—5). — Spaceflight, 1977, 19, N 9, p. 313—314.
- Michaud M. A. G. US Symposium discusses space colonization: Prospects for life in the Universe. — JBIS, 1978, 31, N 9, p. 351.
- Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi»: Výťah přednásek. Praha: CVTS — FEL CVUT, 1976. 66 p.

КОСМОГЕНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ.

ПОИСК ПЛАНЕТ ЗА ПРЕДЕЛАМИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В КОСМОСЕ

- Виноградов А. П. Химия планет нашей Солнечной системы. — В кн.: XI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Алма-Ата, 1975. М.: Наука, 1977, с. 139—169.
- Вернов С. Н., Логачев Ю. И., Писаренко Н. Ф. Физические характеристики межпланетного пространства. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 47—120.
- Давыдов В. Д., Маров М. Я. Планеты типа Земли (Меркурий, Венера, Марс). — Там же, с. 139—197.
- Камерон А. Г. В. Теория происхождения и природа Вселенной. — Там же, с. 17—46.
- Кесарев В. В. Эволюция вещества во Вселенной. М.: Атомиздат, 1976. 183 с.
- Ньюборн Р. Л., Галлис С. Планеты-гиганты и их спутники, малые планеты, метеориты и кометы. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 198—270.
- Семенов Н. П. Геохимическая модель геосфер Земли и роль водорода и кислорода. — В кн.: Космическое окружение и Земля. Киев: Наукова думка, 1977, с. 5—20.

Соботович Э. В. Некоторые космохимические аспекты геохимической модели Земли. — Там же, с. 20—30.

Юри Г. К. Луна и ее природа. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 121—138.

Meot-Ner M., Field F. H. The temperature dependences of some types of gaseous ionic reactions of astrochemical interest. — Orig. Life, 1975, 6, N 3, p. 377—399.

Unsold A. Kosmische Evolution. — Naturwiss. Rdsch., 1975, 28, N 1, S. 3—14.

Космогонические вопросы

- Айвазян С. М. Формирование Земли: Роль периодического закона Менделеева в формировании Земли и синхронизации элементов. Ереван: Айастан, 1976. 360 с.
- Происхождение Солнечной системы / Под ред. Г. Ривса; Пер. с англ. и франц. под ред. Г. А. Лейкина и В. С. Сафронова. М.: Мир, 1976. 569 с. Из содержания: Андерс Э. Процессы в солнечной туманности по метеоритным данным. Органическое вещество, с. 276—284; Льюис Д. С. Происхождение и состав планет земной группы и спутников внешних планет, с. 295—299; Льюис Д. С. Определение изотопных отношений во внешней части Солнечной системы, с. 357—361.
- Тейлер Р. Дж. Происхождение химических элементов: Пер. с англ. М.: Мир, 1975. 231 с.
- Alfven H., Arrhenius G. Structure and evolutionary history of the Solar System. — Astrophys. and Space Sci., 1974, 29, N 1, p. 63—159.
- Brzostkiewicz S. R. Czy zby narodziny nowego układu planetarnego? — Urania (PRL), 1978, 49, N 4, s. 116.
- Clayton D. D. Solar system isotopic anomalies: Supernova neighbour or presolar carriers? — Icarus, 1977, 32, N 3, p. 255—269.
- Grossman L., Larimer J. W. Early chemical history of the Solar system. — Rev. Geophys. and Space Phys., 1974, 12, p. 71—101.
- Heppenheimer T. A. On the formation of planets in binary star systems. — Astron. and Astrophys., 1978, 65, N 3, p. 421—426.
- Huang Su-Shu. Planetary systems and stellar multiplicity. — Rev. mex. astron. y astrof., 1977, 3, Spec. Iss., p. 175—187.
- Isaacman R., Sagan C. Computer simulations of planetary accretion dynamics: sensitivity to initial conditions. — Icarus, 1977, 31, N 4, p. 510—533.
- Jones J. E. From the origin of the Universe to the earliest geological times. — JBIS, 1978, 31, N 4, p. 123—128, 139.
- Larimer J. W. The effect of C/O ratio on the condensation of planetary material. — Geochim. et cosmochim. acta, 1975, 39, N 3, p. 389—392.
- Moreels G. L'évolution des atmosphères des planètes. — Astronomie, 1976, 90, N 3, p. 145—167.
- Newman M. J., Rood R. T. Implications of solar evolution for the Earth's early atmosphere. — Science, 1977, 198, N 4321, p. 1035—1037.
- Paprotny Z. MCC349 i RU Lupi: układy planetarne in staty nascendi? — Urania (PRL), 1978, 49, N 6, s. 173—174.
- Ridpath I. Solar systems and life. — Spaceflight, 1975, 17, n 8/9, p. 323—324, 326—327.
- Scattergood T., Lesser P., Owen T. Production of organic molecules by proton irradiation. — Nature, 1974, 247, N 5436, p. 100—101.
- Scattergood T., Lesser P., Owen T. Production of organic molecules in the outer Solar System by proton irradiation: laboratory simulations. — Icarus, 1975, 24, N 4, p. 465—471.
- Smythe W. D. Spectra of hydrate frosts: their application to the outer Solar System. — Icarus, 1975, 24, N 4, p. 421—427.
- Trimble V. Cosmology: man's place in the Universe. — Amer. Sci., 1977, 65, N 1, p. 76—86.

- Дейч А. Н. Новые данные о невидимых спутниках звезды 61 Лебеда. — Письма в «Астрон. журн.», 1978, 4, № 2, с. 95—98.
- Дейч А. Н., Орлова О. Н. О невидимых спутниках двойной звезды 61 Лебеда. — Астрон. журн., 1977, 54, вып. 2, с. 327—339.
- Другие планетные системы. — В кн.: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 15—42. Участники дискуссии: Т. Голд, К. Саган, В. А. Амбарцумян, Б. Оливер, М. Я. Маров, В. И. Мороз, Ю. Н. Парийский.
- Зигалин С. Л. О вековой эволюции орбиты планеты в системе двойной звезды. — Письма в «Астрон. журн.», 1975, 1, № 9, с. 45—47.
- Латышев И. Н. Геометрия орбит далеких спутников звезд. — Бюл. ИТА, 1975, 14, № 1, с. 16—22.
- Блэк Д., Саффолк Г. К. Л. Спутники звезды Барнарда с точки зрения теории возмущений. — В кн.: Происхождение Солнечной системы: Пер. с англ. и франц. М.: Мир, 1976, с. 496—500.
- Тер Хаар Д. Является ли звезда Барнарда другой Солнечной системой? — Там же, с. 502—503.
- Abt H. A. The companions of sunlike stars. — Sci. Amer., 1977, 236, N 4, p. 96—104.
- Abt H. A., Levy S. G. Multiplicity among solar-type stars. — Astrophys. J. Suppl. Ser., 1976, 30, p. 273—306.
- Argyle E. On the observability of extrasolar planetary systems. — Icarus, 1974, 21, p. 199—201.
- Asimov I. Planet of the double sun. — Astronomy, 1974, 2, N 9, p. 5—12.
- Bond A., Martin A. R. A conservative estimate of the number of habitable planets in the Galaxy. — JBIS, 1978, 31, N 11, p. 411—415.
- Branch D. On the multiplicity of solar-type stars. — Astrophys. J., 1976, 210, p. 392—394.
- Cameron A. G. W. Planetary systems in the Galaxy. — In: Interstellar communications: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 26—44.
- Elliot J. L. Direct imaging of extrasolar planets with stationary occultations viewed by a space telescope. — Icarus, 1978, 35, N 1, p. 156—164.
- Fennelly A. J., Matloff G. L. Radio detection of Jupiter-like extrasolar planets. — JBIS, 1974, 27, N 9, p. 660—662.
- Fennelly A. J., Matloff G. L., Frye G. Photometric detection of extrasolar planets using LST-type telescope. — JBIS, 1975, 28, N 6, p. 399—404. (LST — Large space telescope).
- Gahm G. F., Nordh H. L., Olofsson S. G., Carlborg N. C. J. Simultaneous spectroscopic and photometric observations of T Tauri star RU Lupi. — Astron. and Astrophys., 1974, 33, N 3, p. 399—411.
- Gatewood G. An astrometric study of Laland 21185. — Astron. J., 1974, 79, N 1, p. 52—53.
- Gatewood G. On the astrometric detection of neighbouring planetary systems. — Icarus, 1976, 27, N 1, p. 1—12.
- Gatewood G. On the astrometric detection of neighbouring planetary systems. — In: Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik, 1978. Abstract. Preprint IAF-78-A-41.
- Gatelland K. Trekking to Barnard's star. — New Sci. and Sci. J., 1974, 63, p. 522—523.
- Gunn N. Is the Sun an astrometric binary? — J. Brit. Astron. Assoc., 1974, 84, N 2, p. 126—128.
- Heppenheimer T. A. On the topography of extrasolar earth-like planets. — Icarus, 1978, 34, N 2, p. 441—443.
- Hohlfeld R. G., Terzian Y. Multiple stars and the number of habitable planets in the Galaxy. — Icarus, 1977, 30, N 3, p. 598—600.
- Huang Su-Shu. Interpretation of Epsilon Aurigae. Infrared excess, secondary light variation, and plausible formation of a planetary system. Study of the light curve based on disc models. — Astrophys. J., 1974, 187, p. 87—92; 189, p. 485—491.

- Kamp P. van de. Astrometric study of Barnard's star from plates taken with the Sproul 61-cm refractor. — Astron. J., 1975, 80, p. 658—661.
- Kamp P. van de. Unseen astrometric companions of stars. — Annu. Rev. Astron. and Astrophys., 1975, 13, p. 295—333.
- Kamp P. van de. Barnard's star. 1916—1976: a sexagintennial report. — Vistas Astron., 1977, 20, N 4, p. 501—521.
- Kenknight C. E. Method of detecting extrasolar planets. I. Imaging. — Icarus, 1977, 30, N 2, p. 422—433.
- Martin A. R. The detection of extrasolar planetary systems. 1. Methods of detection. 2. Discussion of astrometric results. 3. Review of recent developments. — JBIS, 1974, 27, N 9, p. 643—659; N 12, p. 881—906; 1975, 28, N 3, p. 182—190. Bibliogr. 118 titles.
- Matloff G. L., Fennelly A. J. Use of the Moon and the large space telescope as an extrasolar-planet detection system. — J. Opt. Soc. Amer., 1974, 64, p. 531.
- Matloff G. L., Fennelly A. J. Optical techniques for the detection of extrasolar planets: a critical review. — JBIS, 1976, 29, N 7/8, p. 471—481.
- McAlister H. A. Speckle interferometry as a method for detecting nearby extrasolar planets. — Icarus, 1977, 30, N 4, p. 789—792.
- Öpik E. Other solar systems. — Irish Astron. J., 1977, 13, N 1/2, p. 68.
- Paprotny Z. Niewidzialni towarzysze bliskich gwiazd. — Urania (PRL), 1977, 48, N 2, s. 43—49.
- Paprotny Z. Pozasłoneczne układy planetarne. — Post. astronaut., 1977, 10, N 1, s. 43—66. (Рез. на рус., англ. яз.).
- Paprotny Z. Planety pozasłoneczne. — Urania (PRL), 1978, 49, N 6, s. 175.
- Project Orion: a method for detecting extrasolar planets. — Spaceflight, 1977, 19, N 3, p. 90—92.
- Richards G. R. Planetary detection from an interstellar probe. — JBIS, 1975, 28, N 8, p. 579—585.
- Serkowski K. Feasibility of a search for planets around solar-type stars with a polarimetric radial velocity meter. — Icarus, 1976, 27, N 1, p. 13—24.
- Williams I. Solar systems other than ours. — Mod. Astron., 1975, 5, N 6, p. 102—104.

Органические соединения во Вселенной

- Солдатов А., Сытинский И. Органические соединения во Вселенной. — Наука и жизнь, 1977, № 1, с. 68—71.
- Фокс С., Дозе К. Молекулярная эволюция и возникновение жизни: Пер. с англ. / Под ред. А. И. Опарина. М.: Мир, 1975. 374 с. Космология, биосферы в небесных телах, с. 40—43.
- Гольданский В. И. Зерна межзвездной пыли как возможные холодные зародыши жизни. — ДАН СССР, 1978, 238, № 4, с. 823—826.
- Abadi H., Wickramasinghe N. C. Prebiotic molecules in Martian dust clouds. — Nature, 1977, 267, N 5613, p. 587—688.
- Biemann K., Oró J., Toulmin P. et al. Search for organic and volatile inorganic compounds in two surface samples from the Chryse planitia region of Mars. — Science, 1976, 194, N 4260, p. 72—76.
- Biemann K., Oró J., Toulmin P. III et al. The search for organic substances and inorganic volatile compounds in the surface of Mars. — J. Geophys. Res., 1977, 82, N 28, p. 4641—4658.
- Creswell R. A. Moleküle im interstellaren Raum. — Umschau, 1977, 77, N 11, S. 361—362.
- Dolezal E. Lebensspuren in Weltraum. Erstaunliche neue Erkenntnisse. — Universum, 1975, 30, N 1, S. 1—2.
- Evered D. F. Origin proposed for nonprotein amido acids in meteorites. — Nature, 1974, 252, N 5482, p. 388.
- Fawcett A. H., Wickramasinghe N. C., Santhanam K. S. V. Formaldehyde polymers in interstellar space. — Nature, 1975, 257, N 5522, p. 159.

- Gehrke C. W., Zumwalt R. W., Ponnamperna C. et al. Search for amino acids in Apollo returned lunar soil. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 4, p. 541—550.
- Goldanskii V. I. Interstellar grains as possible cold seeds of life. — *Nature*, 1977, 269, N 5629, p. 583—584.
- Goldanskii V. I. Mechanism for formaldehyde polymer formation in interstellar space. — *Nature*, 1977, 268, N 5621, p. 612—613.
- Hayatsu R., Matsuoka S., Scott R. G. et al. Origin of organic matter in the early Solar System. VII. The organic polymer in carbonaceous chondrites. — *Geochim. et cosmochim. acta*, 1977, 41, N 9, p. 1325—1340.
- Hoyle F., Wickramasinghe N. C. Polysaccharides and infrared spectra of galactic sources. — *Nature*, 1977, 268, N 5621, p. 610—612.
- Hoyle F., Wickramasinghe N. C. Prebiotic molecules and interstellar grain clumps. — *Nature*, 1977, 266, N 5599, p. 241—243.
- Huntress W. T. Ion-molecule reactions in the evolution of simple organic molecules in interstellar clouds and planetary atmospheres. — *Chem. Soc. Revs.*, 1977, 6, N 3, p. 295—323.
- Knacke R. F. Carbonaceous compounds in interstellar dust. — *Nature*, 1977, 269, N 5624, p. 132—133.
- Kruk W. Pozażyciowa synteza biopolimerów w przestrzeni kosmicznej. — *Astronautyka*, 1978, N 1, s. 21—22.
- Kvenvolden K. A. Advances in the geochemistry of amino acids. — *Annu. Rev. Earth and Planet. Sci.*, 1975, 3, p. 183—212.
- Lawless J. G., Peterson E. Amino acids in carbonaceous chondrites. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 3—8.
- Miller S. L., Urey H. C., Oró J. Origin of organic compounds on the primitive Earth and in meteorites. — *J. Mol. Evol.*, 1976, 9, N 1, p. 59—72.
- Sanke H. Tabelle der bekannten interstellaren Moleküle. — *Kosmos-Kurier. Raumfahrtsschnellinformation der Jugendarbeitsgruppe «Kosmos» des Astronaut. Gesellsch. DDR*, 1974, N 1, S. 35—36.
- Schmidt-Kaler Th. Alkohol im Himmel entdeckt. — *Sterne*, 51, N 3, S. 175.
- Theoretical interstellar and prebiotic organic chemistry: a tentative methodology. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 3, p. 163—173.
- Vitek A. Mezihvězdná chemie. — In: *Seminář «Možností spojení s mimozemskými civilizacemi»*. Praha, 1976, p. VI/1—VI/9.
- Wheeler J. C., Bash F. N. Supernovae and molecular clouds. — *Nature*, 1977, 268, N 5622, p. 706—707.
- Wickramasinghe N. C. Formaldehyde polymers in interstellar space. — *Nature*, 1974, 252, N 5483, p. 462—463.
- Winnewisser G. Interstellar molecules in the Galaxy. — *Naturwissenschaften*, 1975, 62, N 2, S. 200—210.

ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

- Вернадский В. И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
- Вечер А. С. Молекулярные носители жизни. Минск: Наука и техника, 1977. 95 с.
- Взаимодействие методов естественных наук в познании жизни. М.: Наука, 1976, 350 с.
- Галактионов С., Никифорович Г. Беседы о жизни. М.: Молодая гвардия, 1977. 207 с.
- Дубров А. И. Геомагнитное поле и жизнь: Краткий очерк по геомагнитобиологии / Под ред. Ю. А. Холодова. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 175 с.
- Лисеев И. К. Философские проблемы современной науки о жизни. М.: Знание РСФСР, 1975. 32 с.
- Николаев Л. А. Химия жизни: Пособие для учителей. 3-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1977. 239 с.
- Пресман А. С. Идеи В. И. Вернадского в современной биологии: Планетно-космические основы организации жизни. М.: Знание, 1976. 64 с.
- Grobstein C. The strategy of life. 2nd ed. San Francisco: Freeman, 1974. 174 p. Рец.: Нейфак А. А. — Новые книги за рубежом (В), 1975, № 2, с. 6—8.

- Mayr E. Evolution and the diversity of life: Selected essays. Cambridge (Mass.): Belknap Press of Harvard Univ. Press, 1976. XII. 722 p. Rev.: Raven P. H. — *Science*, 195, N 4281, p. 867.
- Roller A. Discovering the basis of life: An introduction to molecular biology. N. Y.: McGraw-Hill, 1974. 280 p. Рец.: Варшавский Я. М. — Новые книги за рубежом (В), 1976, № 3, с. 8—9.
- Вассоевич Н. Б., Иванов А. Н. К истории учения о биосфере. — В кн.: Методология и история геологических наук. М.: Наука, 1977, с. 57—93.
- Имшенецкий А. А. Биологические эффекты экстремальных условий окружающей среды. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 271—316.
- Лисеев И. К., Фесенкова Л. В. Сущность и происхождение жизни. — В кн.: Философские вопросы естествознания: Обзор работ советских ученых. М., 1976, ч. 2, с. 18—33.
- Музин Л. М. Об универсальном характере химической основы живых систем. — *Космич. биология и авиакосмич. медицина*, 1974, 8, № 4, с. 78—80.
- Опарин А. И. Теоретические и экспериментальные предпосылки экзобиологии. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 317—354.
- Пресман А. С. Планетно-космические основы организации жизни. — В кн.: Космос и эволюция организмов. М., 1974, с. 18—35.
- Фесенкова Л. В. Отношения субъекта и объекта и проблема внеземной жизни. — В кн.: Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 434—444.
- Шульгин Г. Вещество жизни. — *Наука и жизнь*, 1978, № 5, с. 140—142.
- Энгельгардт В. А. К новым рубежам в познании основ явлений жизни. — *Вестн. АН СССР*, 1976, № 2, с. 73—86; То же в кн.: 250 лет Академии наук СССР: Документы и материалы юбилейных торжеств. М.: Наука, 1977, с. 379—393.
- Aronoff S. From chemical to biological to social evolution. — In: *Interstellar communication: scientific perspectives*. Boston, 1974, p. 88—89.
- Bivet R. Compared energetics of primordia and biological metabolisms. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 4, p. 361—370.
- Coffey E. J. Life: its definition and some consequences. — *JBIS*, 1976, 29, N 10, p. 633—640.
- Coffey E. J. The nature of intelligence. — *JBIS*, 1977, 30, N 12, p. 445—450.
- Coffey E. J. The evolution of terrestrial intelligence. — *JBIS*, 1977, 30, N 12, p. 451—459.
- Dragonič I. G., Dragonič Z. D. Radiation-chemical aspects of primitive Earth and extraterrestrial physico-chemical processes. — In: *Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik*, 1978. Preprint IAF-78-A-50. 14 p.
- Ganti T. On the reality of extraterrestrial biogenesis. — In: *Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik*, 1978. Preprint IAF-78-A-51. 6 p.
- Ilczuk Z. Ziemskie i pozaziemskie aspekty biogenezy. — *Post. astronaut.*, 1977, 10, N 1, s. 27—42. (Рез. на рус., англ. яз.).
- Jungnickel F. Einige biologische Aspekte des ausserirdischen Lebens. — *Sterne*, 1975, 51, N 2, S. 91—101.
- Keszthelyi L. Origin of the asymmetry of biomolecules and weak interaction. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 4, p. 299—340.
- Molton P. M. The multiplicity of potential living systems based on C, H, O, N. — *JBIS*, 1975, 28, N 6, p. 392—398.
- Molton P. M. Exotic life and exobiology. — *JBIS*, 1978, 31, N 4, p. 156—160.
- Schneider J. A model for a non-chemical form of life: crystal-line physiology. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 1, p. 33—38.
- Wolczek O. Occurrence of life and rise of intelligent beings as stages of evolution of cosmic matters. — *Post. astronaut.*, 1977, 10, N 1, s. 67—87. (Рез. на рус., пол. яз.).

Библиография

Боркин Л. Я., Наумов А. Д., Подлипаев С. А. Библиография по проблеме полимеризации и олигомеризации. — В кн.: Значение процессов полимеризации и олигомеризации в эволюции. Л., 1977, с. 97—104.

Медико-биологические и социально-психологические проблемы космических полетов: Указатель отеч. и зарубеж. литературы 1966—1970 гг. М.: Наука. 1978. 518 с. Экзобиология, с. 438—445.

West M. W., Gill E. D., Kvenvolden K. A. Chemical evolution and the origin of life. Bibliography Suppl. 1973. — Orig. Life, 1975, 6, N 1/2, p. 285—300.

West M. W., Koch R. A., Chang S. Chemical evolution and the origin of life. Bibliography. Suppl. 1974. — Orig. Life, 1976, 7, N 1, p. 75—85.

West M. W., Koch R. A., Chang S. Chemical evolution and the origin of life. Bibliography. Suppl. 1975. — Orig. Life, 1977, 8 N 1, p. 59—66.

Происхождение и развитие жизни

Брода Э. Эволюция биоэнергетических процессов: Пер. с англ./ Под ред. А. И. Опарина. М.: Мир, 1978. 304 с.

Вологдин А. Г. Земля и жизнь. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1976. 238 с.

Дроздова Т. В. Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1977. 198 с.

Красилов В. А. Эволюция и бистратиграфия. М.: Наука, 1977. 256 с.

Лифшиц Р. И., Вальдман Б. М. У истоков жизни: О современной биологии. Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 1976. 400 с.

Мухин Л. М. Начальные этапы эволюции органических соединений на планетах: Автореф. дис. . . . д-ра физ.-мат. наук. М.: ИКИ АН СССР, 1977. 32 с.

Опарин А. И. Материя — жизнь — интеллект. М.: Наука, 1977. 207 с.

Опарин А. И. Проблема происхождения жизни. М.: Знание, 1976. 62 с.

Происхождение жизни и эволюционная биохимия: Сборник посвящен 80-летию акад. А. И. Опарина и 50-летию выхода в свет его книги «Происхождение жизни». М.: Наука, 1975. 404 с. Из содержания: Шварц А. Эволюционная модель добиологического фосфорилирования, с. 380—387; Янг Р. А. И. Опарин и проблема происхождения жизни: космологические аспекты, с. 388—391.

Фокс С., Дозе К. Молекулярная эволюция и возникновение жизни: Пер. с англ./ Под ред. и с предисл. А. И. Опарина. М.: Мир, 1975. 374 с.

Botsch W. Entwicklung zum Lebendigen. Die chemische Evolution. Stuttgart, 1975. 64 S.

Dose K., Rauchfuss H. Chemische Evolution und der Ursprung lebender Systeme. Stuttgart: Wissensch. Verlagsges., 1975. 217 S. Rec.: Thiemann W. — Orig. Life, 1976, 7, N 3, p. 269—270.

Irreversible thermodynamics and the origin of life: Proc. 3rd Intern. Biophys. Congr./Ed. G. F. Oster, I. L. Silver, C. A. Tobias. N. Y. ets.: Gordon and Breach Sci. Publ., 1974. XI. 69 p.

Jastrow R. Until the Sun dies. Norton, 1977. 173 p. Эволюция Земли и жизни на ней.

Korner U. Probleme der Biogenese: Theories und Forschungen zur Entstehung des Lebens. Jena: Fischer, 1974. 152 S.

Miller S. L., Orgel L. E. The origins of life on the Earth. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974. 229 p. Рец.: Деборин Г. А. — Новые книги за рубежом (В), 1976, № 2, с. 3—5; Jukes T. H. — Amer. Sci., 1975, 63, N 3, p. 342, 344.

The origin of life and evolutionary biochemistry/Ed. K. Dose, S. W. Fox, G. A. Deborin, T. E. Pavlovskaya. N. Y.: Plenum Press, 1974. 476 p. Rec.: Margulis L. — Orig. Life, 1975, 6, N 3, p. 452—454.

Smith C. U. M. The problem of life: an essay in the origins of biological thought. L.: Macmillan, 1976. XXIV. 343 p. Rev.: French R. — Nature, 1976, 264, N 5587, p. 686.

Авакян Н. Г. Принцип эволюционизма (историзма) и проблема происхождения жизни. — Биол. журн. Армении, 1974, 27, № 12, с. 66—71.

Астафьев А. К. Первичная интеграция и эволюционный процесс. — Вестн. ЛГУ, 1975, № 15, с. 118—120.

Бойченко Е. А., Удельнова Т. М., Заринь В. Э. Металлы в эволюции ассимиляции углекислоты в биосфере. — Изв. АН СССР. Сер. биол., 1978, № 1, с. 12—18.

Верзилин Н. Н. Роль живого вещества в образовании земной коры. — Вестн. ЛГУ, 1977, № 24, с. 5—13.

Ветов А. А., Нусимов М. Д. Реликтовый реголит Земли — возможная платформа зарождения жизни: Препринт ИКИ АН СССР № 393. М., 1978. 11 с.

Гисматов Ф. И. До проблемы штучного створения живих організмів. — Філософ. пробл. сучасн. природозн. Міжвід. наук. зб., 1975, вип. 38, с. 111—116. (Укр., рец. на рус. яз.)

Гохлернер Г. Б. Развитие аэробной жизни и проблемы клеточной эволюции. — Природа, 1977, № 6, с. 47—67.

Гусева А. Н., Лейман И. Е. Генетическая общность длинноцепочечных углеводов животного вещества и горючих ископаемых. — В кн.: Синтез, метаболизм и роль углеводов в живых системах. Пушино, 1977, с. 8—10.

Деборин Г. А., Сорокина Д. А. Фосфолипидные монослои как прототип биологических мембран. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 61—66.

Дозе К. Пептиды и аминокислоты в первичной гидросфере. — Там же, с. 67—73.

Евреинова Т. Н., Аллашвердов Б. Л., Пешенков В. И. Поверхность коацерватных капель и образование колоний. — Там же, с. 74—79.

Евреинова Т. Н., Орловский А. Ф., Опарин А. И. Действие фермента полинуклеотидфосфорилазы в белковоуглеводной коацерватной системе. — ДАН СССР, 1975, 220, № 3, с. 733—735.

Евреинова Т. Н., Мельникова Е. В., Аллашвердов Б. Л., Карнаухов В. Н. Существование коацерватных систем различного химического состава. — Журн. эволюц. биохимии и физиологии, 1977, 13, № 3, с. 330—335.

Евреинова Т. Н., Мельникова Е. В., Погорелов А. Г., Аллашвердов Б. Л. Стабилизация и существование коацерватных систем различного химического состава. — ДАН СССР, 1975, 224, № 1, с. 239—241.

История биологии с начала XX века до наших дней/Под ред. Л. Я. Бляхера. М.: Наука, 1975. 660 с. Гл. 22. Деборин Г. А. Проблема возникновения жизни на Земле, с. 437—448.

Кеньон Д. Биохимическое предопределение (предопределенная упорядоченность и предбиологический отбор в происхождении жизни). — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 105—117.

Кеосян Дж. Начала жизни — возникновение или эволюция? — Там же, с. 118—127.

Кернс-Смит А. Научные методы и происхождение жизни. — Там же, с. 128—132.

Колесников М. П., Егоров И. А. Порфирины в ювениальном вулканическом пепле. — ДАН СССР, 1977, 234, № 1, с. 219—222.

Колесников М. П., Егоров И. А. Производные хлорофилла в современных почвах в связи с проблемой химической эволюции и происхождения жизни на Земле. — ДАН СССР, 1977, 235, № 1, с. 228—231.

Красновский А. А. Химическая эволюция фотосинтеза: модели и гипотезы. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 133—144.

Крик Ф., Оргел Л. Направленная панспермия. — Химия и жизнь, 1974, № 9, с. 75—79.

- Кудрина Е. В. Необходимость и случайность в возникновении жизни на Земле. — В кн.: Методологические проблемы современной науки. Ярославль, 1977, с. 61—71.
- Кулаев И. С. Роль неорганических полифосфатов в химической и биологической эволюции. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 165—176.
- Ландау-Тылкина С. П. Радиация и жизнь. М.: Атомиздат, 1974, с. 101—106. Гипотезы о происхождении жизни.
- Лебедев В. И. О вероятной причине выхода растений на сушу и некоторых вопросах эволюции состава атмосферы, океана и взаимосвязанности изменений форм жизни. — Вестн. ЛГУ, 1977, № 18, с. 54—62.
- Липман Ф. Поиски реликтов ранней эволюции в современном метаболизме. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 194—200.
- Марков Г. Проникновение и развитие на биосферата. — Природа (НБР), 1977, 26, № 5, с. 3—7. (Болг.).
- Мархинин Е. К. Предбиологические соединения в пепле вулкана. — Природа, 1974, № 8, с. 71—78.
- Мархинин Е. К., Подклетнов Н. Е. Явление образования предбиологических соединений при извержении вулкана Толбачик. — ДАН СССР, 1977, 235, № 5, с. 1203—1206.
- Микельсаар Х. И. Концепция архореляции аминокислот. О возникновении жизни и генетического кода. — Журн. общ. биологии, 1975, 36, № 1, с. 3—10.
- Монин А. С. История Земли. Л.: Наука, 1977. 228 с. Гл. 7. История жизни на Земле, с. 110—131.
- Мороз В. И., Мухин Л. М. О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы. — Космич. исследования, 1977, 15, вып. 6, с. 901—922; То же: Препринт ИКИ АН СССР № 337. М., 1977.
- Мухин Л. М. О тепловом углекислотном маятнике. — Химия и жизнь, 1977, № 12, с. 62—65.
- Мухин Л. М., Мороз В. И. Ранние этапы эволюции атмосферы и гидросферы Земли. — Письма в «Астрон. журн.», 1977, 3, № 2, с. 78—81.
- Нехорошев В. П. Появление жизни и ее эволюция на Земле. — В кн.: Пятидесятилетие советской палеонтологии и вопросы систематики древних организмов. Л.: Наука, 1976, с. 122—138.
- Новак В. Теория происхождения жизни («коацерват в коацервате»). — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 222—236.
- О проблеме происхождения жизни (Доклад А. И. Опарина. Обсуждение доклада. Постановление). — Вестн. АН СССР, 1978, № 4, с. 3—12.
- Опарин А. И., Красносельский А. А., Умрихина А. В. Пути абиогенного образования порфиринов. — В кн.: Хлорофилл. Минск: Наука и техника, 1974, с. 37—48.
- Опарин А. И. Роль УФ-излучения в процессе абиогенного синтеза органических соединений и возникновения жизни на Земле. — В кн.: Биологическое действие ультрафиолетового излучения. М.: Наука, 1975, с. 7—10.
- Опарин А. И. Эволюция представлений о происхождении жизни. 1924—1974 гг. — Изв. АН СССР. Сер. биол., 1975, № 1, с. 5—10.
- Опарин А. И. Проблема происхождения жизни. — В кн.: Октябрь и наука. М.: Наука, 1977, с. 436—446.
- Опарин А. И. Проблемы происхождения жизни: Доклад на Юбилейной сессии АН СССР, посвященной 250-летию АН СССР. М., 1975. 10 с.
- Опарин А. И. Проблемы происхождения жизни. — Вестн. АН СССР, 1976, № 2, с. 56—60.
- Опарин А. И. Возникновение жизни на Земле. — Биология в школе, 1977, № 5, с. 15—22.
- Опарин А. И., Гладилин К. Л., Кирпотин Д. В. и др. Коацерватные капли с участием полифосфатов и модель деления пробрионтов. — ДАН СССР, 1977, 232, № 2, с. 485—488.
- Орловский А. Ф., Гладилин К. Л., Воронцова В. Я. и др. Стабилизация коацерватных капель ортофосфатом и нуклеотидами. — ДАН СССР, 1977, 232, № 1, с. 236—239.
- Павловская Т. Е. Возможные пути изучения абиогенеза биологически важных соединений. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 239—246.
- Павловская Т. Е. Образование биологически важных соединений при действии УФ-излучения. — В кн.: Биологическое действие ультрафиолетового излучения. М.: Наука, 1975, с. 10—14.
- Панфилов Д. В. Эколого-ландшафтные условия возникновения жизни на Земле. — Бюл. МОИП. Отдел биол., 1977, № 6, с. 5—15.
- Роков А. Б. Принципы сохранения жизни в ходе геологической эволюции Земли. — Природа, 1978, № 4, с. 30—41.
- Рубин Б. А., Теория А. И. Опарина и некоторые вопросы эволюции систем биоэнергетики. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 291—297.
- Рубин А. Б. Фотосинтез и вопросы эволюции биологических систем. — Там же, с. 282—290.
- Руденко А. П. Эволюционный катализ и проблема происхождения жизни. — В кн.: Взаимодействие методов естественных наук в познании жизни. М.: Наука, 1976, с. 186—235.
- Сидоренко А. В., Борщевский Ю. А. Общие тенденции в эволюции изотопного состава карбонатов в докембрии и фанерозое. — ДАН СССР, 1977, 234, № 4, с. 892—895.
- Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации. — В кн.: 250 лет Академии наук: Документы и материалы юбилейных торжеств. М.: Наука, 1977, с. 423—444; То же: Вестн. АН СССР, 1976, № 1, с. 126—143.
- Сокольская А. В. Синтез органических соединений в поле ультразвуковых волн. — Журн. эволюционной биохимии и физиологии, 1975, 11, № 5, с. 509—514.
- Феррис Дж., Николем Д. Возможная роль аммиака в химической эволюции. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 306—314.
- Фесенкова Л. В. Проблемы взаимодействия человека и природы в свете экзобиологии. — В кн.: Комплексное изучение человека и формирование всесторонне развитой личности. М., 1975, вып. 5, ч. 1, с. 139—144.
- Фокс С. Начало жизни на Земле. Новые исследования. — В кн.: Наука и человечество: Международный ежегодник. 1978. М.: Знание, 1978, с. 159—169.
- Фурсов В. И. Основы эволюционного учения. Алма-Ата: Мектеп, 1978. 112 с. Гл. 3. Происхождение и развитие жизни на Земле, с. 61—92.
- Хенох М. А., Николаева М. В. Абиогенный фотохимический синтез аминокислот в водной среде, содержащей углеводы и нитраты. — Журн. эволюционной биохимии и физиологии, 1977, 13, № 2, с. 105—110.
- Шаев А., Бар-Нун А. Роль ударных волн в химической эволюции первичной атмосферы Земли. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 367—379.
- Шварц А. Эволюционная модель добиологического фосфорилирования. — Там же, с. 380—387.
- Шварц С. С. Эволюция биосферы и экологическое прогнозирование. — Вестн. АН СССР, 1976, № 2, с. 61—72.
- Янг Р. А. И. Опарин и проблема происхождения жизни, космологические аспекты. — В кн.: Происхождение жизни и эволюционная биохимия. М.: Наука, 1975, с. 388—391.
- Agol V. I. An aspect of the origin and evolution of viruses. — Orig. Life, 1977, 7, N 1, p. 119—132.
- Anderson D. M., Banin A. Soil and water and its relationship to the origin of life. — Orig. Life, 1975, 6, N 1/2, p. 23—36.
- Andrew S. P. S. Was this the first organism? — Spectrum, 1977, N 148, p. 13—15.
- Armstrong D. W., Nowe F., Fendler J. H., Nagyvary J. Novel probiotic systems;

- nucleotide oligomerization in surfactant entrapped water pools.— *J. Mol. Evol.*, 1977, 9, N 3, p. 213—223.
- Banin A., Navroth I. Origin of life: clues from relations between chemical compositions of living organisms and natural environments.— *Science*, 1975, 189, N 4202, p. 550—551.
- Barber V. Theories of the chemical origin of life on the Earth.— *Mercury*, 1974, 3, N 5, p. 20—23.
- Bar-Nun A., Shaviv A. Dynamics of the chemical evolution of Earth's primitive atmosphere.— *Icarus*, 1975, 24, N 2, p. 197—210.
- Berger J. The genetic code and the origin of life.— *Acta biotheor.*, 1976, 25, N 4, p. 259—263.
- Bodin M. A. The origin of life. 1. Prebiotic era. 2. Monomers to polymers.— *JBIS*, 1978, 31, N 1, p. 129—146.
- Bogdanski C. A. Physical foundations of the probability of biogenesis.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 229—237.
- Bonner W. A., Karasmanek P. R., Martin F. S., Flores J. J. Assymetry adsorption by quartz: a model for the prebiotic origin of optical activity.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 3, p. 367—376.
- Broda E. The position of nitrate respiration in evolution.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 2, p. 173—174.
- Buvet R. L'origine de la vie. Hasard ou déterminisme? — *Sci. et techn.*, 1975, N 25, p. 13—24.
- Buvet R., Stoetzel F. Chemical evolution and energetics of reactions in aqueous solutions on the primitive Earth.— *Orig. Life*, 1976, 7, N 2, p. 93—107.
- Calvin M. Chemical evolution.— *Amer. Sci.*, 1975, 63, N 2, p. 169—177.
- Calvin M. L'origine de la vie.— In: *Recherche biol. mol.*, P., 1975, p. 201—222.
- Chernavskii D. S., Chernavskaya N. M. Some theoretical aspects of the problem of life origin.— *J. Theor. Biol.*, 1975, 50, N 1, p. 13—23.
- Clark D. H., McCrea W. H., Stephenson F. R. Frequency of nearby Supernova and climatic and biological catastrophes.— *Nature*, 1977, 265, N 5592, p. 318—319.
- Cloud P. Beginnings of biospheric evolution and their biogeochemical consequences.— *Paleobiology*, 1976, 2, N 4, p. 351—387.
- Cyanamide mediated syntheses under plausible primitive Earth conditions. 1. Sherwood E. The synthesis of P', P²-dideoxythymidine 5'-purophosphate.— *J. Mol. Evol.*, 1977, 10, N 3, p. 183—192; 2. Sherwood E., Joshi A., Oró J. The polymerization of deoxythymidine 5'-triphosphate.— *Ibid.*, p. 193—209; 3. Nooner D. W., Sherwood E., More M. A., Oró J. Synthesis of peptides.— *Ibid.*, p. 211—220; 4. Eichberg J., Sherwood E., Epps D. E., Oró J. The synthesis of acylglycerols.— *Ibid.*, p. 221—230.
- Dose K. Peptides and amino acids in the primordial hydrosphere.— *BioSystems*, 1975, 6, N 4, p. 224—228.
- Egami F. Comment on the position of nitrate respiration in metabolic evolution.— *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 71—72.
- Egami F. Anaerobic respiration and photoautotrophy in the evolution of prokaryotes.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 2, p. 169—171.
- Erhan S. Origins of the first cell. A new model for the spontaneous formation of the first living all based on a novel approach.— *Ztschr. Naturforsch.*, 1977, C32, N 11/12, S. 1003—1010.
- Etaix E., Buvet R. Conditions of occurrence for primeval processes of transphosphorylations.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 175—183.
- Evtugneev V. B. On the evolution of the photosynthetic pigments.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 3, p. 435—439.
- Eyjólfsson R. Cyanogenic compounds in nature and their possible significance concerning the origin of life.— *JBIS*, 1976, 29, N 7/8, p. 482—488.
- Folsome C. E. Synthetic organic microstructures and the origins of cellular life.— *Naturwissenschaften*, 1976, 63, N 7, S. 303—306.
- Fox S. W. Looking forward to the present.— *BioSystems*, 1975, 6, N 3, p. 165—175.
- Fox S. W. The matrix for the protobiological quantum: cosmic casino or shapes of molecules?—Intern. J. Quant. Chem., Symp., 1975, N 2, p. 307—320.
- Fox S. W. The evolutionary significance of phase-separated microsystems.— *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 49—68.
- Fyfe W. S. Effects on biological evolution of changes in ocean chemistry.— *Nature*, 1977, 267, N 5611, p. 510—511.
- Glass I. I. Terrestrial and cosmic shock waves.— *Amer. Sci.*, 1977, 65, N 4, p. 473—478.
- Griffith E. J., Ponnampemuma C., Gabel N. W. Phosphorus, a key to life on the primitive Earth.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 2, p. 71—85.
- Gualtieri D. M. Trace elements and the panspermia hypothesis.— *Icarus*, 1977, 30, N 1, p. 234—238.
- Hart M. H. The evolution of the atmosphere of the Earth.— *Icarus*, 1978, 33, N 1, p. 23—39.
- Hartman H. Speculations on the evolution of the genetic code.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 3, p. 423—427.
- Hatanaka H., Egami F. The formation of amino acids and related oligomers from formaldehyde and hydroxylamine in modified sea mediums related to prebiotic conditions.— *Bull. Chem. Soc. Jap.*, 1977, 50, N 5, p. 1147—1156.
- Hoyl F. Astrochemistry, organic molecules, and the origin of life.— *Mercury*, 1978, 7, N 1, p. 2—7, 17.
- Hsu L., Fox S. W. Interactions between deverse proteinoids and microspheres in simulation of primordial evolution.— *BioSystems*, 1976, 8, N 2, p. 89—101.
- Ingmanson D. E., Dewler M. J. Chemical evolution and the evolution of the Earth's crust.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 3, p. 221—224.
- Ishigami M., Nagano K. The origin of the genetic code.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 4, p. 551—560.
- Joshi P. C., Pathan H. D. Formation of amino acids and nucleic acid constituents under possible primitive Earth condition.— *JBIS*, 1975, 28, N 2, p. 90—96.
- Kaplan R. W. Lebensursprung, einmaliger Glücksfall oder regelmässiges Ereignis? Probleme der Beschaffenheit von Urorganismen und der Wahrscheinlichkeit ihres Entstehens.— *Naturwiss. Rdsch.*, 1977, 30, N 6, S. 197—209.
- Kenyon D. H. On terminology in origin of life studies.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 3, p. 447—448.
- Khenokh M. A., Nikolaeva M. V. Photochemical synthesis of amino acids in hydrosphere containing carbohydrates and nitrates.— *Stud. biophys.*, 1977, 63, N 1, p. 1—7. (Рез. на рус. яз.).
- King G. A. M. Symbiosis and the origin of life.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 1, p. 39—53.
- Lacey J. C., Weber A. L., White W. E. A model for the coevolution of the genetic code and the process of protein synthesis: review and assessment.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 273—283.
- Lahav N. Simultaneous existence of different environments in aqueous clay systems and its possible role in prebiotic synthesis.— *J. Mol. Evol.*, 1975, 5, N 3, p. 243—247.
- Lawless J. G., Peterson E. Amino acids in a carbonaceous chondrites.— *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 3—8.
- Lemmon R. M. Chemical evolution of the biopolymers.— *Polym. News*, 1976, 3, N 1, p. 3—10.
- Liebl V. Obecné závěry z poznatků o životě a jeho vzniku na Zemi.— In: *Seminar «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi»*. Praha, 1976, p. III/1—III/10.
- Lohrmann R. Formation of nucleoside 5'-phosphoramidates under potentially prebiological conditions.— *J. Mol. Evol.*, 1977, 10, N 2, p. 137—154.
- Lovelock J. E., Margulis L. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis.— *Tellus*, 1974, 26, N 1/2, p. 2—10. (Рез. на рус. яз.).
- Markhinin E. K., Pedkretov N. E. The phenomenon of formation of prebiological compounds in volcanic processes.— *Orig. Life*, 1977, 8, N 3, p. 225—235.

- Morss D. A., Kuhn W. R. Paleoatmospheric temperature structure. — *Icarus*, 1978, 33, N 1, p. 40—49.
- Mikelsaar H. N. A concept of amino acid archacorelation: origin of life and the genetic code. — *J. Theor., Biol.*, 1975, 50, N 1, p. 203—212.
- Miller S., Urey H. C., Oró J. Origin of organic compounds on the primitive Earth and in meteorites. — *J. Mol. Evol.*, 1976, 9, N 1, p. 59—72.
- Mizutani H., Ponnamperna C. The evolution of the protein synthesis system. I. A model of a primitive protein system. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 3, p. 183—219.
- Molton P. M. Polymers to living cells-molecules against entropy. — *JBIS*, 1978, 31, N 4, p. 147—155.
- Mukhin L. Evolution of organic compounds in volcanic regions. — *Nature*, 1974, 251, N 5470, p. 50—51.
- Nagy B. Organic chemistry on the young Earth — evolutionary trends between ~ 3800 m. y. and 2300 m. y. ago (E). — *Naturwissenschaften*, 1976, 63, N 11, S. 499—505.
- Nagyvary I., Harvey I. A., Nome F. et al. Novel prebiotic model systems: interactions of nucleosides and nucleotides with aqueous micellar sodium dodecanoate. — *Precambrian Res.*, 1976, 3, N 6, p. 509—516.
- Noda H., Mizutani H., Okihana H. Macromolecules and the origin of life. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 139—146.
- Noyes H. P., Bonner W. A., Tomlin J. A. On the origin of biological chirality via natural beta-decay. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 1, p. 21—23.
- Oparin A. I. Did life come from outer space? A reply to prof. F. Crick. — *Spaceflight*, 1975, 17, N 6, p. 214.
- Oparin A. I. Evolution of the concepts of the origin of life, 1924—1974. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 3—8.
- Oró J., Stephen-Sherwood E. Abiotic origin of biopolymers. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 37—47.
- Otroschenko V. A., Vasilyeva N. V. The role of mineral surface in the origin of life. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 1, p. 25—31.
- Pirie N. W. Terminology in origin of life studies. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 69.
- Raulin F., Bloch S., Toupance G. Addition reactions of malonic nitriles with alkanethiol in aqueous solution. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 3, p. 247—257.
- Raulin F., Toupance G. Effect of H₂S on the formation of organic compounds from C, N, H, S model atmospheres submitted to a glow discharge. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 4, p. 507—512.
- Reis R. Cosmic perspective. — *Mercury*, 1974, 3, N 5, p. 20—23.
- Rohlfing D. L., McAlhane W. W. The thermal polymerization of amino acids in the presence of sand. — *BioSystems*, 1976, 8, N 3, p. 139—145.
- Ruderman M. A. Possible consequences of nearby Supernova explosions for atmospheric ozone and terrestrial life. — *Science*, 1974, 184, N 4141, p. 1079—1081.
- Sagan C. The origin of life in a cosmic context. — *Orig. Life*, 1974, 5, N 3/4, p. 497—505.
- Sagan C. Biogenesis, abiogenesis, biopoesis and all that. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 4, p. 577.
- Sazinger C., Ponnamperna C. Interactions between amino acids and nucleotides in the prebiotic milieu. — *Orig. Life*, 1974, 5, N 1/2, p. 189—200.
- Schopf J. W. The age of microscopic life. — *Endeavour*, 1975, 34, N 122, p. 51—58.
- Schwartz A. W. Environmental extremes on the primitive Earth. — *BioSystems*, 1974, 6, N 1, p. 76.
- Schwartz A. Introduction to the discussion on abiogenic formation of biosystems. — *BioSystems*, 1975, 7, N 1, p. 37—38.
- Schwartz A., Veen M. van der, Bisseling T. Prebiotic nucleotide synthesis — demonstration of a geologically plausible pathway. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 163—168.
- Semih E. Origins of the first cell. A new model for the spontaneous formation of the first living cell based on a novel approach. — *Ztschr. Naturforsch.*, 1977, C32, N 11/12, p. 1003—1010.

- Shimizu M. Molten Earth and the origin of prebiological molecules. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 15—21.
- Spirin A. S. Cell-free systems of polypeptide biosynthesis and approaches to the evolution of translation apparatus. — *Orig. Life*, 1977, 7, N 2, p. 109—118.
- Stephen-Sherwood E., Odom D. G., Oró J. The prebiotic synthesis of desoxythymidine oligonucleotides. — *J. Mol. Evol.*, 1974, 3, N 4, p. 323—330.
- Suess H. E. Remarks on the chemical conditions on the surface of the primitive Earth and the probability of the evolution of life. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 9—13.
- Sylvester-Bradley P. S. The search for protolife. — *Proc. Roy. Soc. London*, 1975, B189, N 1095, p. 213—233.
- Sylvester-Bradley P. S. Evolutionary oscillation in prebiology: igneous activity and the origin of life. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 1, p. 9—18.
- Tobias C. A., Todd P. Radiation and molecular and biological evolution. — In: *Space radiation biology and relation topik*. N. Y.; L., 1974, p. 197—255.
- Toupance G., Bossard A., Raulin F. Far UV irradiation of model prebiotic atmosphere. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 3, p. 259—266.
- Turcotte D. L., Cisnes J. L., Nordmann J. C. On the evolution of the lunar orbite. — *Icarus*, 1977, 30, N 2, p. 254—263. The biological record, p. 261—263.
- Turcotte D. L., Nordmann J. C., Cisne J. L. Evolution of the Moon's orbit and the origin of life. — *Nature*, 1974, 251, N 5471, p. 124—125.
- Usher D. A. Early chemical evolution of nucleic acids: a theoretical model. — *Science*, 1977, 196, N 4287, p. 311—313.
- Valcovic V. A possible mechanism for the influence of geomagnetic field on the evolution of life. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 1, p. 7—11.
- Vollmer R. Terrestrial lead isotopic evolution and formation time of the Earth's core. — *Nature*, 1977, 270, N 5633, p. 144—147.
- Wickramasinghe C. Where life begins? — *New Sci.*, 1977, 74, N 1048, p. 119—121.
- Williams K. M., Smith G. G. A critical evaluation of the application of amino acid racemization to geochronology and geothermometry. — *Orig. Life*, 1977, 8, N 2, p. 91—144.
- Woese C. R., Fox G. E. The concept of cellular evolution. — *J. Mol. Evol.*, 1977, 10, N 1, p. 1—6.
- Yuass S., Ishigami M. High frequency discharge experiment. 1. Formation of organic compounds from methane and ammonia. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 75—81.

Жизнь в космосе. Поиски жизни вне Земли

- Аксенов С. И., Давыдов В. И., Заар Э. И. и др. Марс как среда обитания. М.: Наука, 1976. 232 с. (Проблемы космической биологии; Т. 32). Содержание: 1. Физические характеристики планеты Марс и ее природные условия. 2. Устойчивость организмов к физическим условиям, сходным с марсианскими. 3. Методы обнаружения жизни на Марсе.
- Вдовыкин Г. П. Экзобиология Луны. М.: Наука, 1975. 119 с.
- Мурзаков Б. Г. Проблема обнаружения жизни на планетах. М.: Знание, 1977. 64 с.
- Фесенков В. Г. Избранные труды. Солнце и Солнечная система. М.: Наука, 1976. 504 с. Работы В. Г. Фесенкова по проблеме жизни во Вселенной, с. 437—482.
- Фесенкова Л. В. Методологические аспекты исследований жизни в космосе. М.: Наука, 1976. 128 с. Рец.: Мачевич А. Г. — Вопросы философии, 1978, № 4, с. 171—173.

- Herrmann J. Astrobiologie: organisches Leben im All? Neue Forschungsmethoden beantworten eine alte Frage. Stuttgart: Franckh, 1974. 176 S. Rec.: Lambrecht H. — *Sterne*, 1976, 52, N 1, S. 58—60.

- Hoyt W. G. Lowell and Mars. Tucson (Ariz.): Univ. Arizona Press, 1976. 376 p. Rec., *Bell T. E.* — Sky and Telescope, 1976, 52, N 4, p. 282—284.
- On the habitability of Mars: An approach to planetary ecosynthesis. Wash., 1976. NASA SP-414. 11.105 p.
- Tomas A. On the shores of endless worlds: the search for cosmic life. L.: Souvenir Press., 1974. XII. 218 p.
- Блохин В. А., Кладов Г. К., Колтунов И. А. Оценка информативности биологических методов обнаружения жизни. — В кн.: Вопросы вычислительной математики и техники. Киев: Наукова думка, 1976, с. 145—150.
- Внеземная жизнь. — В кн.: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975, с. 43—63. Участники дискуссии: К. Саган, Т. Голд, Ф. Крик, Л. М. Мухин, Л. Оргел и др.
- Имшенецкий А. А., Евдокимова М. Д. Определение оптической активности питательной среды как метод обнаружения жизни вне Земли. — Микробиология, 1975, 44, вып. 6, с. 1030—1033.
- Мурзаков Б. Г. О методах обнаружения жизни вне Земли. — Успехи микробиологии, 1976, вып. 11, с. 101—133.
- Мурзаков Б. Г. Поиск жизни на Марсе с помощью космических аппаратов. В кн.: Современные достижения космонавтики. М.: Знание, 1976, с. 50—64.
- Мухин Л. М. Органическая химия и биология планет. Перспективы экспериментальных исследований. Обзор зарубежной печати. — Космич. исследования, 1975, 13, вып. 4, с. 494—502.
- Писаренко И. Ф. Некоторые механизмы адаптации микроорганизмов к условиям низкой влажности. — Успехи микробиологии, 1977, вып. 12, с. 122—135.
- Рубенчик Л. П. Шляхи пошуку живих мікроскопічних істот поза Землею. — Вісник АН УРСР, 1976, № 3, с. 46—51. (Укр.).
- Рубин А. Б. Поиск и исследование внеземных форм жизни. — В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975, т. 1, с. 355—390.
- Холл Л. Б. Карантин планет: принципы, методы, проблемы. — Там же, с. 391—417.
- Федорова Р. П. О возможности идентификации отдельных физиологических групп микроорганизмов методом «газообмена» при поиске жизни вне Земли: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИКИ АН СССР, 1975. 25 с.
- Chadha M. S., Molton P. M., Ponnamperna C. Aminonitriles: possible role in chemical evolution. — Orig. Life, 1975, 6, N 1/2, p. 127—136.
- Chemical evolution of the giant planets/Ed. C. Ponnamperna. N. Y.: Acad. Press, 1976. 140 p. Contents: *McElroy R. D.* Life on the second sun, p. 69—84; *Kushner D. J.* Microbial life at low temperatures, p. 85—93; *Dimmick R. L., Chatigny M. A.* Possibility of growth of airborne microbes in outer planetary atmospheres, p. 95—106; *Hanson R. S.* Dormant and resistant stages of procaryotic cells, p. 107—120; *Horowitz N. H.* Life in extreme environments: biological water requirements, p. 121—128; *Kok B., Radmer R.* Energy requirements of a biosphere, p. 183—197; *Young R. S., McElroy R. D.* Biology on the outer planets, p. 199—219; *Ponnamperna C.* Organic synthesis in a simulated Jovian atmosphere, p. 221—231.
- Day G. Martian dust storms — a mechanism for transportation of life? — Spaceflight, 1978, 20, N 3, p. 83—88.
- Deal P. H., Souza K. A., Mack H. M. High pH, ammonia toxicity and the search for life on the Jovian planets. — Orig. Life, 1975, 6, N 4, p. 561—573.
- Divincenzi D. L. Effect of sterilization on the scientific value of a returned Mars soil sample. — In: Life science and space research. Oxford, 1977, vol. 15, p. 21—26.
- Discovering Jupiter. Life in Jupiter's atmosphere? — Spaceflight, 1977, 19, № 2, p. 72.
- Dorschner J. Ausserirdisches Leben — ein astrophysikalisches Problem. — Sternbote, 1977, 20, N 7, S. 118—127.
- Dorschner J. Die Bewohnbarkeit des Weltalls. — Astron. Sch., 1977, 14, N 6, S. 141—143.
- Dorschner J. Die Suche nach ausserirdischen Leben — ein aktuelles Thema in der astronomischen Öffentlichkeitsarbeit. — Sterne, 1977, 53, N 2, S. 93—98.
- Ducrocq A. Le dossier Mars. V. Course à la vie. — Air et cosmos, 1974, 12, N 528, p. 46—47.
- Eckel R., Richter J. Characteristics and performance of a low power xenon short arc lamp for Martian solar simulation. — In: Environ. technol. 76. Ann. techn. Meet. 22. Proc. Philadelphia, 1976. Inst. Environ. Sci., 1976, p. 213—215.
- Ferris J. P., Nakagawa C., Chen C. T. Photochemical synthesis of organic compounds on Jupiter initiated by the photolysis of ammonia. — In: Life science and space research. Oxford, 1977, vol. 15, p. 95—99.
- Franckenberg-Schwager M., Turcu G., Thomas C. et al. Membrane damage in dehydrated bacteria and its repair. — Ibid. B., 1975, vol. 13, p. 83—88.
- Friedmann E. I., Acampo R. Endolithic blue-green algae in the dry valleys: primary producers in the Antarctic desert ecosystem. — Science, 1976, 193, N 4259, p. 1247—1249.
- Goody R. Mars and Venus. — Vistas Astron., 1975, 19, N 2, p. 197—214.
- Gregory P. H. The recognition of microscopic objects. — Proc. Roy. Soc. London, 1975, B189, N 1095, p. 161—165.
- Gribbin J. Can life evolve in elliptical galaxies. — Astronomy, 1977, 5, N 5, p. 18—24.
- Harrington R. S., Harrington B. J. Can we find a place to live near a multiple star? — Mercury, 1978, 7, N 2, p. 34—37.
- Horowitz N. H. The search for life in the solar system. — Accounts Chem. Res., 1976, 9, N 1, p. 1—7.
- Imshenetsky A. A., Pisarenko N. F., Kusiurina L. A., Yakshina V. M. Physiology of xerophytic microorganisms growing under Martian conditions. — In: Life science and space research. Oxford, 1977, vol. 15, p. 47—52.
- Kelley L., Edward D., Meyer J. et al. Stereoisometric specificity and soil gas disequilibria: implications for Martian life detection. — Appl. Microbiol., 1975, 29, N 2, p. 229—233.
- Khare B. N., Sagan C., Bandurski E. L., Nagy B. Ultravioletphotoproduct organic solids synthesized under simulated Jovian conditions: molecular analysis. — Science, 1978, 199, N 4334, p. 1199—1201.
- Kretsch J. L. The age of near-by stars. — Astronomy, 1975, 3, N 7, p. 22—27. Об областях жизни.
- Ley J. de. The recognition of bioenergetic processes. — Proc. Roy. Soc. London 1975, B189, N 1095, p. 235—248.
- Lovelock J. E. Thermodynamics and the recognition of alien biospheres. — Proc. Roy. Soc. London, 1975, B189, N 1095, p. 167—180.
- Margulis L., Halvorson H. O., Lewis J., Cameron A. G. W. Limitations to growth of microorganisms on Uranus, Neptune, and Titan. — Icarus, 1977, 30, N 4, p. 793—808.
- Martin A. R. The recognition of alien life. — JBIS, 1974, 27, N 9, p. 714—716.
- Mills A. A. Dust clouds and frictional generation of glow discharges on Mars. — Nature, 1977, 268, N 5621, p. 614.
- Mottoni y Palacios G. de. Sur la vie à la surface de Mars. — Astronomie, 1975, 89, N 5, p. 183—191.
- Novák V. Biologické závěry o možnosti a formách života ve Vesmíru. — In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. V/1—V/4.
- Opik E. J. Space travel and life beyond Earth. — Irish Astron. J., 1975, 11, p. 220—238.
- Opik E. J. Extraterrestrial life. — Irish Astron. J., 1977, 13, N 1/2, p. 57—58. Organism capable of surviving in outer planets environment discovered. — JBIS, 1974, 27, N 4, p. 305—307.
- Pacitová B. Závěry z geologických a paleontologických poznatků o možnosti života ve Vesmíru. — In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. IV/1—IV/9.

Paprotny Z. Życie na Jowiszu — możliwe lecz mało prawdopodobne. — *Urania* (PRL), 1978, 49, N 1, s. 21—23.

Pokrzywnicki J. Czy mieszkańcy Ziemi mogli by osiedlić się i żyć na Marsie? — *Urania* (PRL), 1974, 45, N 2, s. 41—44.

Pollock G. E., Day R., Kinsey S., Miller S. I. Detection of optical asymmetry in amino acids by gas chromatography for extraterrestrial space exploration: results of a new soil processing scheme with breadboard instrumentation. — In: *Life science and space research*. Oxford, 1977, vol. 15, p. 27—34.

Ponnamperuma C. The chemical basis of extraterrestrial life. — In: *Interstellar communications: scientific perspectives*. Boston, 1974, p. 45—58.

Ponnamperuma C. Life beyond the Earth. — *Astronaut. and Aeronaut.*, 1976, 14, N 11, p. 50—55.

Radmer R. J., Kok B., Martin J. P. System for biological and soil chemical tests on a planetary lander. — *J. Spacecraft and Rockets*, 1976, 13, N 12, p. 719—726.

Ridpath I. Solar systems and life. — *Spaceflight*, 1975, 17, N 8/9, p. 323—327.

Sagan C., Salpeter E. E. Particles, environments, and possible ecologies of the Jovian atmosphere. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1977, 32, p. 737—755.

Search for organic and volatile inorganic compounds in two surface samples from the Chryse Planitia region of Mars. — *Science*, 1976, 194, № 4260, p. 72—76.

Siegel S. M. Life and the outer planets: Performance of terrestrial organisms in ammonia-rich systems. — In: *Life science and space research*. Oxford, 1977, vol. 15, p. 73—75.

Siegel S. M., Speitel T. W. Life and the outer planets: Enzyme activity in ammonia-water systems and other exotic media at various temperatures. — *Ibid.*, p. 77—80.

Silverman M., Elaine F. Microbial metabolism and dynamic changes in the electrical conductivity of soil solutions: a method for detecting extraterrestrial life. — *Appl. Microbiol.*, 1974, 28, N 6, p. 960—967.

Taylor D. M., Berkman R. M., Divine N. Consideration of probability of bacterial growth for Jovian planets and their satellites. — In: *Life science and space research*. B., 1975, vol. 13, p. 111—118.

Thiemann W. Is the detection of optical activity in extraterrestrial samples a safe indicator for life? — *Ibid.*, p. 63—69.

Thiemann W. Life and chirality beyond the Earth. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 4, p. 475—481.

Tseng S.-S., Chang S. Photochemical synthesis of simple organic free radicals on simulated planetary surfaces — an ESR study. — *Orig. Life*, 1975, 6, N 1/2, p. 61—73.

Waddington C. H. The recognition of alien life at the level of macroscopic morphology. — *Proc. Roy. Soc. London*, 1975, B189, N 1095, p. 155—159.

Wooley B. C. Containment and biological evaluation procedures for returned Mars samples. — In: *Life science and space research*. Oxford, 1977, vol. 15, p. 3—7.

Биологические эксперименты с помощью космических станций «Викинг»

В поисках жизни на Марсе. — В кн.: *Наука сегодня. Ежегодный справочник лектора*. М.: Знание, 1977, вып. 5, с. 179—183.

Гольдовский Д. Ю. Поиски жизни на Марсе. — *Земля и Вселенная*, 1977, № 3, с. 22—25.

Заар Э., Тополовский В. Биологическая разведка Марса. — В кн.: *Глобус* 1976. Л.: Дет. лит., 1976, с. 18—26.

Имшенецкий А. А., Мураков Б. Г. О поисках жизни на Марсе. — *Микробиология*, 1977, 46, № 6, с. 1103—1113.

Колесов Ю. Марс. Лето 1976 г. — *Знание — сила*, 1977, № 4, с. 32—33.

Мухин Л. М. «Викинг» на Марсе. — *Химия и жизнь*, 1977, № 4, с. 28—31.

Никитин С. А. В поисках жизни на Марсе. — *Природа*, 1977, № 10, с. 118—125.

Сэйлор Ш. Загадки «красной планеты». — *Техника — молодежи*, 1976, № 4, с. 40—41.

Baker D. Behind the Viking scene... Biology sampling. — *Spaceflight*, 1977, 19, N 6, p. 234—235.

Baker D. Viking: lander science equipment. — *Spaceflight*, 1976, 18, N 6, p. 211—213; N 7/8, p. 241—245.

Battaglia M. C. La missione Viking su Marte. — *Coelum*, 1977, 45, N 1/2, p. 13—20.

Beatty J. K. Viking and Mars: a prelude. — *Sky and Telesc.*, 1976, 52, N 1, p. 4—9, 21.

Beatty J. K. Viking 1 lands on a very red planet. — *Sky and Telesc.*, 1976, 52, N 3, p. 156—160.

Beatty J. K. Vikings rest during Mars conjunction. — *Sky and Telesc.*, 1976, 52, N 6, p. 404—409.

Brown F. S., Adelson H. E., Chapman M. D. et al. The biology instruments for the Viking Mars mission. — *Rev. Scient. Instrum.*, 1978, 49, p. 139—182.

Brzostkiewicz S. R. Na Marsa po życie. — *Urania* (PRL), 1976, 47, N 3, s. 74—79.

Brzostkiewicz S. R. Wieści z Marsa. — *Urania* (PRL), 1977, 48, N 5, s. 134—140.

Burgess E. Biology, chemistry. Or both? — *New Sci.*, 1976, 72, N 1025, p. 272—274.

Corliss W. R. The Viking mission to Mars. NASA, 1974. 77 p.

Cotardière Ph. de la. Les sondes Viking: à la recherche de la vie sur Mars. — *Astronomie*, 1975, 89, N 5, p. 192—195.

Corault C. Caution stressed in Mars life analysis. — *Aviat. Week and Space Technol.*, 1976, 104, N 21, p. 45—47.

Ducrocq A. Viking: les scientifiques restent perplexes. — *Air et cosmos*, 1976, 14, N 638, p. 46—47.

Ducrocq A. Le mystère marsien s'épaissit encore (Viking 2). — *Air et cosmos*, 1976, 14, N 644, p. 54—55.

Edgar R. The Viking landing sites. — *Spaceflight*, 1976, 18, N 1, p. 30—31.

Edlinton G., Maxwell J. R. Marx: questions and answers from Viking. — *Nature*, 1977, 265, N 5594, p. 493—494.

Foster T. L., Luther W. J. Psychrophilic microorganisms from areas associated with the Viking spacecraft. — *Appl. Microbiol.*, 1975, 30, N 4, p. 546—550.

Gore R. Sifting for life in the sands of Mars. — *Nat. Geogr.*, 1977, 151, N 1, p. 9—31.

Grün M. Předběžné výsledky sond Viking. — *Ríše hvězd*, 1977, 58, N 3, c. 41—46.

Horowitz N. H. The search for life on Mars. — *Sci. Amer.*, 1977, 237, N 5, p. 52—61.

Horowitz N. H., Hobby G. L., Hubbard J. S. Viking on Mars: the carbon assimilation experiments. — *J. Geophys. Res.*, 1977, 82, N 28, p. 4659—4662.

Horowitz N. H., Hobby G. L., Hubbard J. S. The Viking carbon assimilation experiments: interim report. — *Science*, 1976, 194, N 4271, p. 1321—1322.

Hubbard J. S. The pyrolytic release experiments: measurement of carbon assimilation. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 3, p. 281—292.

Ileczuk Z. W poszukiwaniu życia na Marsie. — *Wszechświat*, 1976, N 5, s. 113—116.

Jastrow R. Report from Mars. — *Natur. Hist.*, 1977, 86, N 3, p. 48—53.

Klein H. P. General constraints on the Viking biology investigations. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 3, p. 273—279.

Klein H. P. The Viking biological investigation: general aspects. — *J. Geophys. Res.*, 1977, 82, N 28, p. 4677—4680.

Klein H. P. The Viking biological experiments on Mars. — *Icarus*, 1978, 34, N 3, p. 666—674.

**Klein H. P., Horowitz N. H., Levin G. V.* et al. The Viking biological investigation: preliminary results. — *Science*, 1976, 194, N 4260, p. 99—105.

Klein H. P., Lederberg J., Rich A. et al. The Viking mission search for life on Mars. — *Nature*, 1976, 262, N 5563, p. 24—27.

Levin G. V., Straat P. A. Labeled release — an experiment in radiorespirometry. — *Orig. Life*, 1976, 7, N 3, p. 293—311.

- Levin G. V., Straat P. A. Viking labeled release biology experiment: interim results.— Science, 1976, 194, N 4271, p. 1322—1329.
- Levin G. V., Straat P. A. Life on Mars. The Viking labeled release experiment.— BioSystems, 1977, 9, N 2/3, p. 165—174.
- Levinthal E. C., Jones K. L., Fox P., Sagan C. Lander imaging as a detector of life on Mars.— J. Geophys. Res., 1977, 82, N 28, p. 4468—4478.
- Lewis R. The puzzle of Martian soil — Spaceflight, 1976, 18, N 11, p. 391—395.
- Martin J. P., Johnson R. D., Kok B., Radmer R. Unifield Mars life detection system.— J. Astronaut. Sci., 1975, 23, N 2, p. 99—119.
- McElroy M. B. That exploration is all about.— Spaceflight, 1976, 18, N 7/8, p. 246—248.
- Merritt R. Mission to Mars: the search for life... Elysium and Barsoom will have to wait.— Instrum. Technol., 1976, 23, N 6, p. 27—34.
- Molski J. Powrót na czerwoną planetę.— Astronautyka, 1976, N 6, s. 4—11.
- Morrison P. Viking, life, and a search for signals from the stars.— Astronaut. and Aeronaut., 1976, 14, N 7/8, p. 65—67.
- O'Lone R. G. Simulation to help explain Viking data.— Aviat. Week and Space Technol., 1976, 105, N 8, p. 17—18.
- Oyama V. I., Berdahl B. J., Carle G. C. et. al. The search for life on Mars: Viking 1976 gas changes as indicators of biological activity.— Orig. Life, 1976, 7, p. 313—333.
- Palsson R. J. The challenge of Viking: is there life of Mars?— Mercury, 1976, 5, N 2, p. 14—18.
- Ponnamperuma C., Shimoyama A., Yamada M. et. al. Possible surface reactions on Mars: implications for Viking biology results.— Science, 1977, 197, p. 455—457.
- Sagan C. Viking to Mars: the mission strategy.— Sky and Telesc., 1975, 50, N 4, p. 15—19, 23.
- Sagan C., Lederberg J. The prospects for life on Mars: a pre-Viking assessment.— Icarus, 1976, 28, N 2, p. 291—300.
- Soffen G. A. Scientific results of the Viking missions.— Science, 1976, 194, N 4271, p. 1274—1276.
- Viking 2: tests for life.— Spaceflight, 1976, 18, N 12, p. 435—436.
- Where are we in the search for life on Mars/Interview H. Klein.— Mercury, 1977, 6, N 2, p. 2—6, 20.
- Young R. S. The origin and evolution of the Viking mission to Mars.— Orig. Life, 1976, 7, N 3, p. 271—272.
- Young R. S., Klein H. P. The voyages of Viking. Is there life on Mars? — Spaceflight, 1976, 18, N 4, p. 118—123.

ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

- Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями): Пер. с англ./Под ред. С. А. Каплана. М.: Мир., 1975. 352 с.
- Из содержания: Эволюция разума (Хьюбел Д., Стент Дж.), с. 64—75; Эволюция технических цивилизаций (Ли Р., Фланнери К., Крик Ф., Голд Т., Моррисон П., Маркьян Э.), с. 78—100; Продолжительность существования технически развитых цивилизаций (Шкловский И. С., Платт Дж., Минский М., Голд Т.), с. 130—138; Число технически развитых цивилизаций в Галактике (Сазан К., фон Хорнер С., Кардашев Н. С., Иблс Г. И., Подольный Р. Г.), с. 139—162; Астроинженерная деятельность: возможность обнаружения внеземных цивилизаций в астрофизических явлениях (Дайсон Ф., Оливер Б., Кардашев Н. С., Сазан К. и др.), с. 163—199; Методы контакта (Дрейк Ф., Кардашев Н. С., Троицкий В. С., Гиндилис Л. М. и др.), с. 200—292; Содержание сообщения (Пановкин Б. Н., Сухотин Б. В., Минский М.), с. 293—307; Последствия контактов (Моррисон П., Мак-Нейл У., Крик Ф. и др.), с. 307—318; Файн Т. Природа вероятностных утверждений в дискуссиях о распространённости внеземного разума, с. 324—327; Харвист М. Наблюдения в инфракрасной области и цивилизации Дайсона, с. 327—328; Лем С. По поводу проблемы внеземных цивилизаций, с. 329—335.

XXXIII Всесоюзная научная сессия, посвященная Дню радио: Аннотации и тезисы докладов. М., 1978. 76 с. Среди докладов, с. 24—29: Петрович Н. Т. Проблема СЕТИ и виды ожидаемых сигналов; Цуриков В. М. Имитация маловероятных событий с целью привлечения внимания других цивилизаций; Маковецкий П. В. Конвергентционная программа поиска позывных внеземных цивилизаций; Крейман Г. И. Анализ возможности создания сверхширокополосного приемника; Крейн И. М. Проблема контакта «разумных» систем; Петрович Н. Т., Цуриков В. И. Возможности использования ЭВМ для поиска сигналов СЕТИ.

The search for extraterrestrial intelligence: SETI/Ed. P. Morrison, J. Billingham, J. Wolfe. US Government Printing Office, 1977. 276 p. (NASA. Spec. Publ. 419).

Contents: Consensus, p. 1—35; Rasool S. I., De Vincenzi D. L., Billingham J. Cosmic evolution, p. 39—45; Stull M. A. Cultural evolution, p. 47—52; Greenstein J. L., Black D. C. Detection of other planetary systems, p. 53—61; Oliver B. M. The rationale for a preferred frequency band: the water hole, p. 63—74; Seeger C. L. Search strategies, p. 75—92; Black D. C., Stull N. A. The science of SETI, p. 93—100; Wolfe J. H. Alternative methods of communication, p. 103—110; Seeger C. L. Notes of search space, p. 111—125; Oliver B. M. Parametric relations in a whole sky search, p. 127—141; Seeger C. L. Stellar census, p. 143—146; Cuzzi J. N., Gulkis S. Summary of possible uses of an interstellar search system for radio astronomy, p. 147—172; Black D., Stull M. A. SETI related scientific and technological advances, p. 173—177; Basler R. A preliminary parametric analysis of search system, p. 179—184; Stull M. A. Protection of a preferred radio frequency band, p. 193—197; Morrison P. Responses to a questionnaire sent to leading radio observatories, p. 199—209; Search to date, p. 231; Seeger C. L. Maintenance of archives, p. 233—236; Workshop members, biographical information, p. 243—247.

Авинский В. И. Проблема космических палеоконтактов в свете идей К. Э. Циолковского.— В кн.: Труды 9-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1974. М., 1975. Секция: К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса, с. 29—38.

Арутюнов С. А. Древние мифы и инопланетные пришельцы.— Сов. этнография, 1977, № 3, с. 137—141.

Гиндилис Л. М. Модель контакта, а не доказательство зонда.— Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 78—82.

Духовенер А. Н. Сигналы о готовности планеты Земля к межзвездной радиосвязи.— Изв. вузов. Радиофизика, 1977, 20, № 10, с. 1469—1473.

Жаров А. А., Кондратьев И. Г. О линейной трансформации электромагнитных волн в неоднородных изотропных плазменных слоях.— Изв. вузов. Радиофизика, 1977, 20, № 10, с. 1474—1478. О сигналах, которые может понять другая цивилизация.

Зарецкий А. В. Разработка диагностирующего эксперимента по определению уровня представления среды при самообучении.— В кн.: Некоторые вопросы проблемы контакта человека с высокоорганизованными системами: Препринт Ин-та кибернетики АН УССР № 78-69. Киев, 1978, с. 39—44.

Комарова Т. Н. Экспериментальное исследование процесса установления контакта при различном членении среды.— Там же, с. 21—38.

Крейн И. М. Принципиальные моменты проблемы контакта человека с «разумными» системами заданного класса.— Там же, с. 3—21.

Крейн И. М. Опыт построения модели развития систем одного типа до уровня «разумности». Препринт Ин-та кибернетики АН УССР № 77-64. Киев, 1977. 47 с.

Крейн И. М. Язык человеческого общества как частный случай языка «разумных» систем.— В кн.: VII Всесоюзный симпозиум по логике и методологии науки: Тезисы сообщений. Киев, 1976, с. 168—170.

Кардашев Н. С. О стратегии поиска внеземных цивилизаций.— Вопросы философии, 1977, № 12, с. 43—54.

Лем С. Одиноки ли мы в космосе? — Знание — сила, 1977, № 7, с. 40—41; Шкловский И. С. Отвечаю Лему. — Там же, с. 41—42.

Лисевич И. С. Древние мифы глазами человека космической эры. — Сов. этнография, 1976, № 2, с. 139—150.

Лисевич И. Стародавні міфи очима сучасника. — Наука і суспільство, 1977, № 5, с. 37—39. (Укр.).

Маковецкий П. В. Новая Лебеда — синхросигнал для внеземных цивилизаций? — Астрон. журн., 1977, 54, вып. 2, с. 448—451.

Маковецкий П. В. О структуре позывных внеземных цивилизаций. — Астрон. журн., 1976, 53, вып. 1, с. 224—224.

Маковецкий П. В. Позывные внеземных цивилизаций. Что, где и когда искать. — Знание — сила, 1978, № 8, с. 46—48.

Маковецкий П. В. Позывные внеземных цивилизаций типа π_f и эффект Доплера. — Межвузовский сб. / Ленингр. электротехн. ин-т, 1977, № 118, с. 150—155.

Маковецкий П. В. Эффективность привязки позывных внеземных цивилизаций к естественным явлениям. — Изв. вузов. Радиофизика, 1978, 21, № 1, с. 139—141.

Малиновский В. В. Физики предполагают, физики ищут. Алма-Ата: Казахстан, 1977, 97 с. Где вы, братья по разуму? с. 76—94.

Пановкин Б. Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями. — В кн.: Философские проблемы астрономии XX века. М.: Наука, 1976, с. 240—265.

Покровский Г. И. К вопросу о реальном существовании в космосе объектов, являющихся оболочками из орбитальных колец, окружающих звезду. — В кн.: Труды 7-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1972; М., 1974, с. 73—77. Секция: Проблемы ракетной и космической техники; То же в кн.: Труды 7-х, 8-х и 9-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1975, М., 1976, с. 11—14. Секция: К. Э. Циолковский и научное прогнозирование.

Послание внеземным цивилизациям. — Земля и Вселенная, 1975, № 4, с. 94—96.

Родинов В. Диалог с космическим зондом? (С коммент. В. Щербакова «Несостоявшийся парадокс»). — Техника — молодежи, 1977, № 5, с. 60—62.

Рубцов В. В., Урсул А. Д. Развитие идей К. Э. Циолковского о характере деятельности цивилизации космоса. — В кн.: Труды 10-х и 11-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1975, 1976; М., 1978, с. 132—148. Секция: К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса.

Троицкий В. С., Бондарь Л. Н., Стародубцев А. М. Поиск спорадического излучения из космоса. — УФН, 1974, 113, вып. 4, с. 719—723.

Федюшин В. К. К вопросу о посещении Земли инопланетянами. — В кн.: Проблемы наблюдательной и теоретической астрономии. М.; Л., 1977, с. 237—248.

Шкловский И. С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. — Вопросы философии, 1976, № 9, с. 80—93; То же: Препринт ИКИ АН СССР № 262. М., 1976.

Шкловский И. С. Одни во Вселенной. — Знание — сила, 1977, № 6, с. 32—36.

Шпилевский А. В. Новая интерпретация таинственного радиоэха. — Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 74—77.

Ackermann G. Die Arecibo Botschaft 1974. — Sterne und Weltraum. 1975, 14, N 3, S. 89.

Anderson C. W. A relic interstellar corner reflector in the Solar system? — Mercury, 1974, 3, N 5, p. 2—3. Сокр. пер.: Ищите уголкового отражателя. — Наука и жизнь, 1975, № 8, с. 76.

Anderson C. W. Where to investigate in the Solar System for evidence of extrasolar visitations. — Bull. Amer. Astron. Soc., 1974, 6, p. 391.

Arbib M. The likelihood of the evolution of communicating intelligences on

other planets. — In: Interstellar communications: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 59—78.

Astronomers propose search for extraterrestrial intelligence. — Astronomy, 1978, 6, N 3, p. 69.

Backer D. C. Limit on interstellar signal. — Phys. Today, 1977, 30, N 1, p. 85.

Bates D. R. CETI: put not your trust in beacons. — Nature, 1974, 252, N 5483, p. 432—433.

Bates D. R. Problem of communications with civilisations around other stars. — Proc. Roy. Irish Acad. A, 1977, 77, N 4, p. 45—60.

Bates D. R. On making radio contact with extraterrestrial civilizations. — Astrophys. and Space Sci., 1978, 55, N 1, p. 7—13.

Bergh S. vander. Are we alone? — Mercury, 1975, 4, N 4, p. 8—10, 26.

Betinis E. J. On ETI alien probe flux density. — JBIS, 1978, 31, N 6, p. 217—221. (ETI — Extraterrestrial intelligence).

Black D., Tarter J., Cuzzi J. N. et al. Searching for extraterrestrial intelligence: the ultimate exploration. — Mercury, 1977, 6, N 4, p. 3—7.

Bova B. The search for intelligence. — Astronomy, 1975, 3, N 5, p. 6—17.

Bracewell R. N. Interstellar probes. — In: Interstellar communication: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 102—116.

Bracewell R. N. Interstellar messengers. — Mercury, 1975, 4, N 2, p. 4—11.

Carlson J. B., Sturrock P. A. Stanford workshop on extraterrestrial civilization: Opening a new scientific dialog. — Astronaut. and Aeronaut., 1975, 13, N 6, p. 63—64.

CETI signal to Messier 13. — Spaceflight, 1975, 17, N 2, p. 54, 76.

Dixon R. S., Arnold R. M., Ehman J. R., Kraus J. D. The Ohio State University SETI program. — In: Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik, 1978. Preprint IAF-78 — A-47. 2 p.

Dixon R. S., Cole M. D. A modest all-sky search for narrowband radio radiation near the 21 cm hydrogen line. — Icarus, 1977, 30, N 2, p. 267—273.

Drake F. D. Methods of communication: message content search strategy, interstellar travel. — In: Interstellar communications: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 118—139.

Douglas of Barloch. The absence of extraterrestrials on Earth. — Quart. Roy. Astron. Soc., 1977, 18, N 1, p. 157—158.

Eberhard J. Giving ourselves away. — Sci. News, 1978, 113, N 9, p. 138—139.

Edelson R. E. At the technological frontier: the JPL search for extraterrestrial intelligence. — Mercury, 1977, 6, N 4, p. 8—12. (JPL — Jet Propulsion Laboratory).

Ehrlicke K. A. A long-range perspective and some fundamental aspects of interstellar communication. — JBIS, 1975, 28, p. 713—734.

Fabian A. C. Signalling over stellar distances with X-rays. — JBIS, 1977, 30, N 3, p. 112—113.

Freeman J., Lampton M. Interstellar archeology and the prevalence of intelligence. — Icarus, 1975, 25, N 2, p. 368—369.

Freitas R. A. Cosmic perspective: law. Metallaw and interstellar relations. — Mercury, 1977, 6, N 2, p. 15—17.

Freitas R. A. The legal rights of extraterrestrials. — Analog Sci. Fiction and Sci. Fact, 1977, 97, p. 54—67.

Gerritsen H. J., McKenna S. J. The Luneberg lens and the importance of transmission in establishing contact with extraterrestrial civilizations. — Icarus, 1975, 26, N 2, p. 250—256.

Gray R. H. Broadcast strategies in the Galaxy: a principal message source locale. — JBIS, 1977, 30, N 9, p. 341—343.

Hart M. H. An explanation for the absence of extraterrestrials on Earth. — Quart. Roy. Astron. Soc., 1975, 16, N 2, p. 128—135.

Haviland R. P. On communications with extraterrestrial or alien intelligences. — JBIS, 1975, 28, N 3, p. 164—167.

Hoerner S. von. Astronomical aspects of interstellar communication. — Astronaut. acta, 1975, 18, p. 421.

Hric L. Možnosti spojenia s mimozemskými civilizáciami.— Ríše hvězd, 1976, 57, N 4, s. 66—67.

Jones E. M. Colonization of the Galaxy.— Icarus, 1976, 28, N 3, p. 421—422.

Jones E. M. A new possibility for CETI.— Spaceflight, 1977, 19, N 3, p. 113—114.

Köhler H. W. Irdische Botschaft ohne Antwort aus dem All.— VDI-Nachr., 1975, 29, N 26, S. 1.

Kooy J. M. J. Remarks on communication with extraterrestrial intelligence.— Acta astronaut., 1974, 1, N 5/6, p. XIX—XX.

Krein I. M. To the problem of the definition of intelligence.— In: Intern. Astronaut. Federation. 28. Congr. Praha, 1977. 14 p.

Krein I. M. The problem of contact of intelligent systems.— In: Intern. Astronaut. Federation. 29 Congr. Dubrovnik, 1978. Preprint IAF-78-A-44. 19 p.

Kuchowicz B. Dlac zego nas nie odwiedzaja?— Urania (PRL), 1976, 47, N 4, s. 101—106.

Kuiper T. B. H., Morris M. Searching for extraterrestrial civilizations.— Science, 1977, 196, N 4290, p. 616—621.

Lawton A. T. Interstellar communication — antenna or artifact.— JBIS, 1974, 27, N 4, p. 286—294.

Lawton A. T. «Stray» planets, their formation and the possibilities of CETI.— Spaceflight, 1974, 16, N 5, p. 188—189.

Lawton A. T. CETI from «Copernicus».— Spaceflight, 1975, 17, N 8/9, p. 328—330.

Lawton A. T. Calling M 13 on 12.6 cm. Do you read? — Spaceflight, 1976, 18, N 1, p. 10—12.

Lawton A. T. Newton S. J. Long delayed echoes: the search for a solution.— Spaceflight, 1974, 16, N 5, p. 181—187, 195.

Lawton A. T., Newton S. J. Long delayed echoes — the Trojan ionosphere.— JBIS, 1974, 27, N 12, p. 907—920.

Lawton A. T., Wright P. Communication between intelligent beings.— Spaceflight, 1978, 20, N 9/10, p. 348—352.

Lehmann J. Zur Verwendung von Schriftsprachensendungen bei CETI.— Sterne, 1975, 51, N 2, S. 102—109.

Lipnicki R. Cywilizacja kosmiczna nieuniknionym etapem rozwoju cywilizacji technicznej.— Astronautyka, 1975, 18, N 3, s. 21—23.

Livesay R. J. Criteria for evolution of technology on planets supporting a biosphere.— Quart. Roy. Astron. Soc., 1977, 18, N 1, p. 54—59.

Machol R. E. An ear to the Universe.— IEEE Spectrum, 1976, 13, N 3, p. 42—47.

Major astronomical advances seen in search for extraterrestrial life.— Astronomy, 1975, 3, N 5, p. 56—57.

McCarthy J. Possible forms of intelligence. Natural and artificial.— In: Interstellar communications: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 79—87.

Misoň K. Náplň poselství a otázka dešifrování; poselství z Areciba.— In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. VIII/4—VIII/5.

Moore A. M. G. The coup against entropy.— Spaceflight, 1976, 18, N 4, p. 126—129.

Morrison P. Conclusion: entropy, life and communication.— In: Interstellar communication: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 168—186.

Morrison P. Other conceptions of the search for extraterrestrial intelligence.— Sci. Amer., 1975, 232, N 5, p. 117—118.

Morrison P. Viking, life, and a search for signals from the stars.— Astronaut. and Aeronaut., 1976, 14, N 7/8, p. 65—67.

Murray B., Gulkis S., Edelson R. Extraterrestrial intelligence: an observational approach.— Science, 1978, 199, N 4328, p. 485—492.

Nouvelle longueur d'onde pour les extra-terrestres.— Sci. et avenir, 1975, N 341, p. 629.

Oliver B. M. Technical considerations in interstellar communication.— In: Interstellar communication: scientific perspectives. Boston, 1974, p. 141—167.

Oliver B. M. Proximity of galactic civilizations.— Icarus, 1975, 25, N 2, p. 360—367.

Pacner K. Hledáme kosmické civilizace. Praha: Nakladatelství Práce, 1976. 320 p.

Papagiannis M. D. Could we be the only advanced technological civilization in the Galaxy? Paper. pres. at the 5th Intern. Conf. on the Origin. of Life. Kyoto (Japan), 1977. Astr. contrib. Boston Univ., 1977, Ser. 2. N 61. 19 p.

Paprotny Z. Aktualizacja równania Drake'a.— Urania (PRL), 1978, 49, N 6, s. 175.

Petrowitsch N. T. Problems of radio communication with extraterrestrial civilizations.— Nachrichtentechn.-Elektron., 1977, 27, N 4, S. 146—148.

Policka J. Možnost použití Měsíce pro spojení s mimozemskými civilizacemi.— Sdělovací techn., 1976, 24, N 8, p. 301—332.

Prokop J. Některé problémy šíření elektromagnetických signálů.— In: Seminar «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. VII/1—VII/3.

Quam L. Artificial intelligence in space.— Bull. Amer. Astron. Soc., 1974, 6, p. 390—391.

Ridpath I. Message to the stars.— Nature, 1975, 253, N 5489, p. 230.

Ridpath I. A ear to the void.— New Sci., 1977, 74, N 1051, p. 326—328. Обзор программ, связанных с попытками обнаружения сигналов внеземных цивилизаций.

Ridpath I. A signalling strategy for interstellar communication.— JBIS, 1978, 31, N 3, p. 108—109.

Robinson G. S. Living in outer space. Wash.: Public. Affairs Press, 1975. 107 p.

Rec.: Allardyce A.— Spaceflight, 1976, 18, N 10, p. 377.

Sagan C. The recognition of extraterrestrial intelligence.— Proc. Roy. Soc. London B, 1975, 189, N 1095, p. 143—153.

Sagan C., Drake F. The search for extraterrestrial intelligence.— Sci. Amer., 1975, 232, N 5, p. 80—89.

Satellite searching stars for signals.— Telecommun. J., 1975, 42, N 8, p. 496.

Searches for intelligence beyond Earth continue.— Phys. Today, 1976, 29, N 5, p. 18—19.

Sheaffer R. Project Ozma II.— Spaceflight, 1975, N 12, p. 421—423.

Sheaffer R. NASA contemplates radio search for extraterrestrial intelligence.— Spaceflight, 1976, 18, N 10, p. 343—347.

Soiderer E. H. Arecibo Observatory interstellare Radiokommunikation.— Sterne und Weltraum, 1977, 16, S. 203—206.

Sounders M. W. Data bank for an inhabited extrasolar planet: purpose, indication and installation.— JBIS, 1977, 30, N 9, p. 349—358.

Stephenson D. G. Factors limiting the interaction between twentieth century man and interstellar culture.— JBIS, 1977, 30, N 3, p. 105—108.

Stern D. K. First contact with nonhuman cultures.— Mercury, 1975, 4, N 5, p. 14—17.

Subotowicz M. Problemy poszukiwania cywilizacji pozaziemskich.— Post. astronaut., 1976, 9, N 4, s. 7—22.

Subotowicz M. CETI from an Earth satellite orbit.— JBIS, 1978, 31, N 3, p. 109—110.

Subotowicz M. O łączności międzygwiazdowej (CETI).— Astronautyka, 1978, 21, N 4, s. 4—8.

Sullivan W. T. III, Brown S., Wetherill C. Eavesdropping: the radio signature of the Earth.— Science, 1978, 199, N 4327, p. 377—388.

Tang T. B. Supernovae as time markers in interstellar communications.— JBIS, 1976, 29, N 7/8, p. 469—470.

Tang T. B. The number of communicative civilizations in the Galaxy.— JBIS, 1977, 30, N 9, p. 332.

Tang T. B., Tech B. Wireless across space. Communication with possible intelligent beings on planets of other stars.— Wireless World, 1976, 82, N 1486, p. 34—38.

Tang T. B., Tech B. Proximity of communicating civilizations in the Milky Way.— Wireless World, 1976, 82, N 1487, p. 40—42.

The staff of the National Astronomy and Ionosphere Center. The Arecibo message of November, 1974.— *Icarus*, 1975, 26, N 4, p. 462—466.

Tysl V. Problémy zachycení elektromagnetických signálů.— In: Seminář «Možnosti spojení s mimozemskými civilizacemi». Praha, 1976, p. VII/4—VII/9.

Usovich J. Eksperymenty CETI w latach 1970—1975.— *Post. astronaut.*, 1978, 11, N 1, s. 7—20. (Рез. на рус., англ. яз.).

Vakoch D. Possible pictorial messages for communication with extraterrestrial intelligences.— *J. Minn. Acad. Sci.*, 1978, 44, N 1, p. 23—25.

Verschuur G. L. The search for intelligence «Out there».— *Astronomy*, 1974, 2, N 8, p. 20—23.

Viewing D. Directly interacting extraterrestrial technological communities.— *JBIS*, 1975, 28, p. 735—744.

Wertz J. R. The human analogy and the evolution of extraterrestrial civilizations.— *JBIS*, 1976, 29, N 7/8, p. 445—464.

Winterberg F. Die Möglichkeit der interstellaren Raumfahrt und die Frage nach der Existenz extraterrestrischer Zivilisationen.— *Astronautik*, 1978, 15, N 1, S. 8—14.

МЕЖЗВЕЗДНЫЕ ПЕРЕЛЕТЫ

Дунская И. М. Космические корабли будущего и идеи К. Э. Циолковского.— В кн.: Труды 10-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Калуга, 1975; М., 1977, с. 40—45. Секция: Исследование научного творчества К. Э. Циолковского.

[†] *Федюшин Б. К.* К теории релятивистского корабля с постоянной массой покоя.— В кн.: Проблемы происхождения тел Солнечной системы. М.; Л., 1975, с. 306—310.

Федюшин Б. К., Щербак С. Я. О проблемах межзвездных перелетов.— В кн.: Проблемы наблюдательной и теоретической астрономии. М.; Л., 1977, с. 230—236.

Федюшин Б. К. Основы релятивистской ракетодинамики. Л.: Ленингр. ин-т авиац. приборостроения, 1975. 101 с. Библиогр. 52 назв. Деп. в ВИНТИ, № 2022—75 Деп.

Федюшин Б. К., Щербак С. Я., Преображенский К. К. О замедлении времени при релятивистских межзвездных перелетах.— В кн.: Астрометрия и небесная механика. М.; Л., 1978, с. 585—588.

Федюшин Б. К. Развитие идей Ф. А. Цандера по релятивистской ракетодинамике.— В кн.: Труды 2-х чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей Ф. А. Цандера. 3. Секция: Астродинамика. М., 1974, с. 109—114.

Anderson G. M. Some problems in communications with relativistic interstellar rockets.— *JBIS*, 1975, 28, N 3, p. 168—174.

Anderson G. M. Effect of interstellar drag on minimum-time trajectories with thrust-limited relativistic rockets.— *Acta astronaut.*, 1978, N 1/2.

Anderson G. M., Poulter R. A. Minimum-fuel exhaust velocity programming for an energy-limited interstellar rocket.— *Acta astronaut.*, 1978, N 1/2.

Bond A. An analysis of the potential performance of the ram augmented interstellar rocket.— *JBIS*, 1974, 27, N 9, p. 674—685.

Bond A., Martin A. R. Project Daedalus: the origins and aims of the study.— *JBIS*, 1975, 28, N 3, p. 147—149.

Bond A., Martin A. R. Project Daedalus: the mission profile.— *JBIS*, 1976, 29, N 2, p. 101—112.

Burgess E. Voyage to the stars.— *Astronomy*, 1975, 3, N 3, p. 20—29.

Cross C. A. Optimal transfer between points in uniform relative motion.— *JBIS*, 1977, 30, N 12, p. 463—465.

Filyukov A. A., Zakirov U. N. On the possibility of creating the project of a subrelativistic probe to search for the forms of outerterrestrial life: The Report at the 27 MAF Congr., Anaheim, 1976. Philadelphia, 1976. 6 p.

Forward R. L. A programme for interstellar exploration.— *JBIS*, 1976, 29, N 10, p. 611—632.

Frontiers in propulsion research: laser, matter-antimatter, excited helium, energy exchange, thermonuclear fusion/Ed. by D. D. Papalliou. Pasadena (Cal.): Jet Propulsion Laboratory. 1975. Mar. JPL Technical Memorandum 33-722.

Heppenheimer T. A. Some advanced applications of a 1-millionsecond Isp rocket engine.— *JBIS*, 1975, 28, N 3, p. 175—181.

Heppenheimer T. A. On the infeasibility of interstellar ramjets.— *JBIS*, 1978, 31, N 6, p. 222—224.

Hoag D. G., Wrigley W. Navigation and guidance in interstellar space.— *Acta astronaut.*, 1975, 2, p. 513—533.

Jackson A. A. IV, Whitmire D. R. Laser powered interstellar rocket.— *JBIS*, 1978, 31, N 9, p. 335—337.

Johnson R. G., Sharp R. D., Shelley E. G. The discovery of energetic He⁺ ions in the magnetosphere.— *J. Geophys. Res.*, 1974, 79, N 22, p. 3135—3139.

Kaufmann W. J. Travelling near the speed of light.— *Mercury*, 1976, 5, N 1, p. 4—8.

Kooy J. M. J. Gravitation and space flight.— *Acta astronaut.*, 1977, 4, N 1/2, p. 229—230.

Langton N. H., Oliver W. R. Materials in interstellar flight.— *JBIS*, 1977, 30, N 3, p. 109—111.

Martin A. R. Project Daedalus: the ranking of nearby stellar systems for exploration.— *JBIS*, 1976, 29, N 2, p. 94—100.

Matloff G. L. Cosmic-ray shielding for manned interstellar arks and mobile habitats.— *JBIS*, 1977, 30, N 3, p. 96—98.

Matloff G. L., Fennelly A. J. A superconducting ion scoop and its application to interstellar flight.— *JBIS*, 1974, 27, N 9, p. 663—673.

Matloff G. L., Fennelly A. J. Interstellar applications and limitation of several electrostatic electromagnetic ion collection techniques.— *JBIS*, 1977, 30, N 6, p. 213—222.

Mattinson H. R. Project Daedalus: astronomical data on nearby stellar systems.— *JBIS*, 1976, 29, N 2, p. 76—93.

Pace G. W., Walker J. C. G. Time markers in interstellar communication.— *Nature*, 1975, 254, p. 400—401.

Parkinson B. The starship as third generation technology.— *JBIS*, 1974, 27, N 4, p. 295—300.

Powell C. Farall staging for starships.— *JBIS*, 1974, 27, N 9, p. 686—691.

Powell C. Flight dynamics of ram-augmented interstellar rocket.— *JBIS*, 1975, 28, N 8, p. 553—562.

Powell C. Heating and drag at relativistic speeds.— *JBIS*, 1975, 28, N 8, p. 546—552.

Powell C. The effect of subsystem inefficiencies upon the performance of the ram-augmented interstellar rocket.— *JBIS*, 1976, 29, p. 786—794.

Powell C. System optimization for the ram-augmented interstellar rocket.— *JBIS*, 1976, 29, N 2, p. 136—142.

Powell C., Mokkiline R. P. Optimal exhaust velocity programming for a singlestage constant-power starship.— *JBIS*, 1977, 30, N 12, p. 460—462.

Project Daedalus: A summary report on the British Interplanetary Society starship study.— *Spaceflight*, 1977, 19, N 12, p. 419—430.

Richards G. R. Project Daedalus: the navigation problem.— *JBIS*, 1975, 28, N 3, p. 150—160.

Ridpath I. Travel to the stars.— *Hermes (Gr. Brit.)*, 1978, 25, N 2, p. 41—46.

Roberts W. B. The relativistic dynamics of a sub-light speed interstellar ramjet probe.— *JBIS*, 1976, 29, p. 795—812.

Rooney K. J. Interstellar probes — a communications philosophy.— *JBIS*, 1978, 31, N 9, p. 323—334.

Thom K., Schneider R. T., Schwenk F. C. Physics and potentials of fissioning plasmas for space power and propulsion.— *Acta astronaut.*, 1976, 3, N 7/8, p. 505—516.

Viewing D. R. J., Horswell C. J., Palmer E. W. Detection of starships.— *JBIS*, 1977, 30, N 3, p. 99—104.

Visconti G. Il volo interstellare relativistico. — *G. fis. Soc. ital. fis.*, 1977, 18, N 3, p. 189—203.

- Vulpetti G.* A starting model for a fission engine.— JBIS, 1975, 28, p. 573—578.
- Vulpetti G.* Fission engine model: data processing and improvement.— JBIS, 1976, 29, N 2, p. 113—135.
- Vulpetti G.* Series staged spaceship powered by fission engines: display and discussion of the results.— JBIS, 1976, 29, N 10, p. 657—680.
- Vulpetti G.* Series-staged spaceship powered by fission engines: overall payload-optimal control problem statement.— JBIS, 1976, 29, N 10, p. 641—655.
- Vulpetti G.* Direct fission propulsion: improvement of a series-staged starship from impulsive jettisoning policy.— JBIS, 1978, 31, N 3, p. 93—102.
- Vulpetti G.* A problem in relativistic navigation: the three-dimensional rocket equation.— JBIS, 1978, 31, N 9, p. 344—351.
- Vulpetti G.* Starship flight optimization: time plus energy minimization criterion.— JBIS, 1978, 31, N 11, p. 403—410.
- Vulpetti G., Mazzitelli J.* Probe fission-drive: dynamics and pay-load optimization.— JBIS, 1975, 28, N 8, p. 563—572.
- Whitmire D. P.* Relativistic spaceflight and the catalytic nuclear ramjet.— Acta astronaut., 1975, 2, p. 497—509.
- Whitmire D. P., Jackson A. A.* IV. Laser powered interstellar ramjet.— JBIS, 1977, 30, N 6, p. 223—226.
- Winterberg F.* Rocket propulsion by staged thermonuclear microexplosions.— JBIS, 1977, 30, N 9, p. 333—340.
- Winterberg F.* Launching of large pay-loads into Earth orbit by intense relativistic electron beams.— JBIS, 1978, 31, N 9, p. 339—343.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
В. С. Троицкий. Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности	5
Н. С. Кардашев. Стратегия и будущие проекты SETI	29
С. А. Каплан, Н. С. Кардашев. Астроинженерная деятельность и возможности ее обнаружения	45
Л. В. Ксанфомалити. Проблема зондов внешней цивилизации, радиоахо и гипотеза Брейсуэлла	55
И. С. Лисевич. Древние мифы глазами человека космической эры.	68
П. В. Маковецкий, Н. Т. Петрович, В. С. Троицкий. Проблема внеземных цивилизаций — проблема поиска	83
П. В. Маковецкий. Радиосвязная стратегия поиска позывных внеземных цивилизаций	97
В. Ф. Шварцман. Эксперимент МАНИЯ и возможности поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне	122
Л. М. Гиндилис. К методике оценки числа цивилизаций в Галактике	126
Л. М. Мухин. «Горячие точки» в проблеме происхождения жизни	148
В. И. Слыш. Перспективы обнаружения межзвездных биологических молекул	155
В. С. Стрельницкий. Органические соединения в космосе и проблема происхождения жизни	161
В. И. Мороз. Методы поиска внесолнечных планетных систем	171
И. М. Крейн. Принципиальные моменты проблемы контакта человека с внеземными цивилизациями	172
Б. Н. Пановкин. Информационный обмен между различными высокоорганизованными системами	186
В. В. Иванов. О зависимости структуры языка от устройства, пользующегося языком	196
Г. М. Идлис. Закономерности развития космических цивилизаций	210
В. А. Разин. К вопросу о локализации и масштабах внеземных цивилизаций	225
Н. Б. Лаврова, Т. Л. Парнес. Библиография по проблеме SETI. Литература 1974—1978 гг.	227

Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности. Троицкий В. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Делается попытка дать более общее определение понятия «цивилизация», главным признаком которой принимается обмен информацией, энергией и массой как внутри цивилизации, так и со средой. Взаимодействие цивилизации со средой рассматривается как обмен информацией между разумом и средой. Показано, что размеры цивилизации ограничены пространством около своей звезды, определением конечной скоростью обменных процессов. Отсюда вытекает существование верхней границы скорости производства энергии, определяемой в свою очередь требованием сохранения космической среды обитания цивилизации. Эти ограничения делают невозможным создание мощного всенаправленного радиомаяка, сигналы которого принимались бы простыми средствами во всей Галактике. Обсуждаются различные критерии уровня развитости цивилизации.

Табл. 1, библиогр., 11 назв.

Стратегия и будущие проекты СЕТИ. Кардашев Н. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Сравнивается стратегия поиска цивилизаций нашего типа и поиска сверхцивилизаций, делается вывод о бесперспективности первого и реальности второго направления исследований. Приводится анализ возможных экспериментов на имеющихся и перспективных радиотелескопах. Отмечается большая перспектива использования космических радиотелескопов для решения рассматриваемой проблемы.

Ил. 3, библиогр. 39 назв.

Астроинженерная деятельность и возможности ее обнаружения. Каплан С. А., Кардашев Н. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Дается обзор существующих представлений о формах астроинженерной деятельности цивилизаций, включая модели, предложенные Дайсоном, и программу колонизации космоса О'Нейла. Обсуждается предположение о возможности интерпретации наблюдаемых явлений в галактическом ядре как проявлений астроинженерной деятельности.

Ил. 2, библиогр. 11 назв.

Проблема зондов внеземных цивилизаций. Радиоэхо и гипотеза Брейсуэлла. Ксанфомалити Л. В. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Анализируются работы, посвященные проблеме присутствия в Солнечной системе зондов внеземных цивилизаций (гипотеза Брейсуэлла). Отмечаются преимущества контактов с помощью зондов, обладающих огромной памятью и искусственным интеллектом, перед контактами посредством межзвездных радиопередач. Основной задачей зонда может быть исследование деятельности нашей цивилизации.

В связи с этим приводятся данные о явлении задержанного радиоэха (ЗРЭ), обнаруженного в 20-е годы при освоении коротковолнового диапазона и эпизодически наблюдавшегося до сих пор. Пока не существует удовлетворительного объяснения ЗРЭ. Указывается на возможную связь ЗРЭ с работой зондов. Дискутируются возможные стратегии зонда. Обсуждаются вероятные места его локализации.

Ил. 13, библиогр. 17 назв.

Древние мифы глазами человека космической эры. Лисевич И. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Статья посвящена гипотезе о космическом палеоконтакте, т. е. о предположительном посещении Земли представителями внеземных цивилизаций в отдаленном прошлом. Анализируются ряд малоизученных древних и средневековых текстов, которые могут служить материалом для размышлений на эту тему. Особый акцент делается на описание различных приспособлений «технологического характера», не соответствующих общему уровню развития производства древности.

Данные древних источников сопоставляются с попытками расшифровки «таинственного радиоэха» и астрономическими данными. В качестве района, откуда прибыли предполагаемые посланцы внеземной цивилизации, указан район в созвездии Льва.

Библиогр. 40 назв.

Проблема внеземных цивилизаций — проблема поиска. Маковецкий П. В., Петрович Н. Т., Троицкий В. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Ведется полемика с И. С. Шкловским, который в последние годы пытается доказать уникальность земной цивилизации. Показано, что необнаружение астрофизической деятельности других цивилизаций и отсутствие сигналов от них отнюдь не доказывает наше одиночество во Вселенной. Приемы прямой и обратной экстраполяции, применяемые И. С. Шкловским в своих рассуждениях, неправомерны. Необходимо усилить поиск других цивилизаций как по астрофизическим характеристикам, так и по их «излучениям» — сигналам.

Только практика — критерий истины — [позволит решить] проблему обнаружения и существования других цивилизаций.

Библиогр. 25 назв.

Радиосвязная стратегия поиска позывных внеземных цивилизаций. Маковецкий П. В. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Рассматривается связной метод поиска внеземных цивилизаций (ВЦ) в сравнении с астрофизическим. Оптимизация канала связи опирается на единственную априорную информацию о ВЦ — ее коммуникабельность, разумность, а также наличие у ВЦ априорной информации о структуре и свойствах обшей экологической ниши — Галактики. Оказывается возможной и неизбежной для связистов всех ВЦ мыслительная конвергенция к одинаковым решениям по всем параметрам пространства поиска (частоте, виду модуляции, семантике сообщения, момента связи, направлениях передачи и приема и т. д.).

Синхронизация передачи позывных вспышками Новых звезд обеспечивает всем принимающим ВЦ знание даты прихода сигнала от каждой передающей ВЦ (расписание первых контактов), а также значение коллективной составляющей расписания (поиск по континууму) на несколько десятилетий вперед.

Системный подход к синтезу позывных позволяет освободиться от антропоцентричных модуляций и колов, перейти к монохроматическим позывным типа λ/H , в которых критерием искусственности является число верных знаков в принятой частоте и точности предсказания даты приема сигнала, т. е. неантропоцентричные понятия. Формируется конвергенционная радиосвязная программа поиска позывных ВЦ.

Ил. 4, табл. 1, библиогр. 20 назв.

Эксперимент МАНИЯ и возможности поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне. Шарпман В. Ф. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Кратко описываются возможности инженерно-математического комплекса МАНИЯ, созданного в САО АН СССР для поиска в оптическом диапазоне черных дыр, а также «звезд-лазеров». Формулируется тезис, согласно которому «содержательные» передачи развитых цивилизаций разумно искать не в радиодиапазоне, а в оптическом или рентгеновском диапазонах. Высказывается мнение о том, что наиболее интересными в плане проблемы СЕТИ являются точечные объекты, которые обладают переменным радио- и оптическим излучением, а также нетепловыми спектрами, полностью лишенными линий. Приводится список 12 подобных объектов, наблюдавшихся по программе МАНИЯ на 6-метровом оптическом телескопе САО АН СССР. Записи сигналов этих объектов сейчас анализируются на ЭВМ.

Ил. 1, табл. 1, библиогр. 6 назв.

К методике оценки числа цивилизаций в Галактике. Гиндilis Л. М. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Дается обзор формул и методов, предложенных для оценки числа коммуникативных цивилизаций в Галактике. Особое внимание уделено статистическому подходу. Получено обобщение статистической формулы Крейфельда. Число цивилизаций, находящихся в данный момент в коммуникативной фазе, является случайной величиной, среднее значение которой определяется распределениями времени жизни подходящих звезд t_e , времени развития T_e (от образования подходящей звезды до возникновения на ней коммуникативной цивилизации) и длительности коммуникативной фазы. Вероятность возникновения коммуникативной цивилизации определяется произведением двух факторов, из которых первый есть вероятность выполнения условия $T_e < t_e$, а второй представляет собой вероятность того, что время развития не превышает возраст звезды, этот фактор есть функция времени. Обсуждается вопрос о природе вероятностей, входящих в формулу Дрейка; рассматривается метод их статистической оценки. Для не слишком экзотических распределений вероятностей возникновения коммуникативной цивилизации получается 0,01.

Ил. 4, табл. 2, библиогр. 21 назв.

УДК 523.07

«Горячие точки» в проблеме происхождения жизни. Мухин Л. М. — Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Обсуждаются наиболее трудные проблемы исследования происхождения жизни. Прежде всего это проблема эволюции генетического кода — экспериментальные данные свидетельствуют о том, что современные молекулы нуклеиновых кислот и белков в структурном и химическом плане претерпели лишь незначительные изменения в эволюционном смысле за последние 3,5 млрд. лет. Предлагаются некоторые схемы возникновения матричного механизма кодирования.

Ил. 1.

УДК 523.07

Перспективы обнаружения межзвездных биологических молекул. Слыш В. И. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Обсуждаются возможные способы обнаружения сложных органических молекул типа аминокислот или нуклеотидов в межзвездной среде астрономическими методами. Данные молекулярной радиоастрономии и лабораторных исследований показывают, что в условиях межзвездной среды образование молекул такой сложности вполне возможно. Анализ спектральных данных в ультрафиолетовой, видимой, инфракрасной и радио- областях электромагнитного спектра указывают на радиодиапазоны как наиболее перспективную область для поисков биологических молекул. Определенные перспективы открывает также рентгеновская астрономия.

Библиогр. 10 назв.

УДК 523.07

Органические соединения в космосе и проблема происхождения жизни. Стрельницкий В. С. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Дан краткий обзор результатов исследования органического вещества в метеоритах, кометах и межзвездной среде. Основное внимание уделено межзвездной и околозвездной органике; приводится история открытия межзвездных молекул, их классификация, перечень астрофизических объектов, в которых они наблюдаются. Обращается внимание на возможный универсальный характер путей химической эволюции во Вселенной. Показано, что первичное накопление органических соединений, необходимых для зарождения жизни, происходит в Галактике в широких масштабах, что, однако, нельзя считать прямым свидетельством широкой распространенности жизни.

Библиогр. 20 назв.

УДК 523.164

Методы поиска внесолнечных планетных систем. Мороз В. И. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Оцениваются возможности обнаружения внесолнечных планетных систем удаленных звезд.

УДК 007.(800.1 + 001.51)

Принципиальные моменты проблемы контакта человека с внеземными цивилизациями. Крейн И. М. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Статья представляет попытку обсуждения проблемы контакта в рамках строго определенных понятий. На основании определения понятий «разумная» система и «цивилизация», разработанных автором для одного класса систем, и модели «разумной» системы, построенной для систем этого класса, функционирующих в среде заданного типа, строится схема различных вариантов контакта, которая должна быть положена в основу дальнейших теоретических и экспериментальных исследований. В статье рассматриваются некоторые направления этих исследований.

Ил. 2, табл. 3, библиогр. 18 назв.

УДК [008:524.8] + 621.396.946

Проблема информационного обмена между различными высокоорганизованными системами. Иванов Б. Н. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Задача информационного обмена в проблеме внеземных цивилизаций обычно решается при условии совпадающих субъектов познания и деятельности. Учет субъект-объектного отношения заставляет рассматривать различие в способе членения действительности и ее отражение различными субъектами познания.

Рассмотрена модель информационного обмена между высокоорганизованными системами — «автоматами», использующими различные схемы классификации объектов действительности. Показано, что в наиболее благоприятном случае информационный обмен возможен при активном взаимодействии систем (рефлексивная игра высокого ранга с подтверждением) в прямом контакте.

Ил. 2, библиогр. 1 назв.

УДК [008:524.8] + 612.821.3

О зависимости структуры языка от устройства, пользующегося языком. Иванов В. В. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Структура естественных языков отражает генетически предопределенные ограничения, наложенные на нейрофизиологический речевой механизм. Среднее число наименьших звуковых единиц — фонем во всех естественных языках не превышает предела (около 50), установленного для всех систем сигнализации у позвоночных, включая приматов. Для систем искусственного интеллекта с большим объемом памяти фонемная структура словаря вообще может быть не нужной. Обсуждается возможность таких внеземных цивилизаций, для которых нехарактерен принцип последовательного действия, преобладающий в автоматах, моделирующих биологические системы. Такие цивилизации могут передавать огромное количество информации за короткие промежутки времени, что делает необходимым исследование всего текста как единого целого. Обсуждается вопрос о типологической повторяемости различных культур и видов поведения (не только у позвоночных, но и у беспозвоночных), что необходимо для установления таких априорных вероятностей, без которых невозможна дешифровка сообщений внеземных цивилизаций.

Библиогр. 61 назв.

УДК [008:620.9] + 523.12

Закономерности развития космических цивилизаций. Идлис Г. М. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Обосновывается закономерность экспоненциального развития любой разумной цивилизации. Отмечается актуальность освоения космоса из-за близости геофизического предела для развития земной энергетики (человечество достигнет этого предела за ближайшие столетия). Но космическая экспансия может обеспечить необходимый экспоненциальный рост материальных и энергетических ресурсов лишь на сравнительно ограниченный срок (на ближайшие тысячелетия). Безграничное экспоненциальное развитие возможно только при систематическом — хотя бы информационном — проникновении цивилизации в другие квазизамкнутые макроміры, которые, по космологической концепции автора, потенциально содержатся в каждой элементарной частице любого данного мира, подобного нашей метагалактике. Так развивающийся разум может существовать вечно. При этом нет необходимости предполагать невероятное случайное первоначальное зарождение жизни из неживой материи.

Библиогр. 30 назв.

УДК 008:523.85

К вопросу о локализации и масштабах внеземных цивилизаций. Разин В. А. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Приведены аргументы в пользу точки зрения, согласно которой цивилизации могут возникать только на планетах, обращающихся вокруг звезд вдали от активных ядер галактик. Максимальные линейные размеры области пространства, занятой цивилизацией, ограничены величиной $T_{\text{инф}}$, где T — средняя продолжительность жизни разумных существ, $c_{\text{инф}}$ — скорость распространения сигналов, использующихся для передачи информации.

УДК [523.07 + 523.164] (01)

Библиография по проблеме СЕТИ. Литература 1974—1978 гг. Лаврова Н. Б., Парнес Т. Л. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981.

Настоящая библиография (около 800 назв.) является продолжением указателя литературы, помещенного в книге: Проблема СЕТИ (Связь с внеземными цивилизациями). М.: Мир, 1975. Библиография включает отечественную и зарубежную литературу, составлена в алфавитном порядке по следующим разделам: Работы общего содержания; Космотонические вопросы, поиск планет за пределами Солнечной системы, органические соединения в космосе; Жизнь во Вселенной; Внеземные цивилизации; Межзвездные перелеты.

Библиогр. 785 назв.

**ПРОБЛЕМА ПОИСКА
ВНЕЗЕМНЫХ
ЦИВИЛИЗАЦИЙ**

*Утверждено к печати
Специальной астрофизической обсерваторией,
Институтом космических исследований
Академии наук СССР,
Горьковским ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательским радиофизическим
институтом*

Редактор издательства *Н. Н. Лезнова*
Художник *А. В. Пушкарный*
Художественный редактор *Т. П. Поленова*
Технический редактор *Т. Н. Хилькевич*
Корректоры *Р. З. Землянская, Н. И. Казарина*

ИБ № 17009

Сдано в набор 09.10.80
Подписано к печати 20.04.81
Т-09012. Формат 60×90^{1/16}
Бумага типографская № 2.
Гарнитура обыкновенная
Печать высокая
Усл. печ. л. 16 5. Уч.-изд. л. 20. Усл. кр. отт. 16,7
Тираж 5000 экз. Тип. зак. 3625
Цена 2 р. 20 к.

Издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

2р. 20к.

ПРОБЛЕМА ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ



ПРОБЛЕМА ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
• НАУКА •