

SETI в СССР, России и на постсоветском пространстве: полвека исследований¹

Л.Гиндилис, Л.Гурвиц

Абстракт

Исследования SETI в СССР восходят к началу 1960-х годов. Основанием для этих исследований послужила публикация первого издания книги И.С. Шкловского «Вселенная, жизнь и разум» в 1962 году. Важными вехами первых десятилетий исследований были Первая Всесоюзная конференция по внеземным цивилизациям (Бюракан, 1964), Первая советско-американская конференция SETI (Бюракан, 1971), Зеленчукская школа-семинар (1975), Таллиннский (1981) и Вильнюсский (1987) симпозиумы, 3-я Десятигодичная американо-советская конференция SETI (Санта-Крус, Калифорния, 1991).

Исследования, обсуждаемые на этих форумах, варьировались от разработки критериев "искусственности" сигналов, анализа возможных стратегий связи и передачи сообщений на космических расстояниях, методологии поиска искусственных сигналов в различных областях электромагнитного спектра, оптимизации полос частот для поиска и общения с ВЦ. Ряд исследовательских проектов поиска были проведены в радио оптическом диапазонах в 1960-80-х. Теоретические исследования были сосредоточены на разработке оптимальных методов для кодирования и декодирования межзвездных сообщений, оценке величины астроинженерных масштабов внеземной разумной деятельности, развития философских аспектов проблемы SETI.

Позже, в 1990-х годах и первом десятилетии третьего тысячелетия, несмотря на общие трудности, с которыми сталкивается научная деятельность в России, SETI-ориентированные исследования продолжались в области обзоров солнцеподобных звезд в Млечном Пути, поиска сфер Дайсона и искусственных оптических сигналов. Также было проведено несколько программ космического вещания, включая радиопередачу к избранным звездам. Серьезное переосмысление было уделено стимулам для пассивного и активного участия космических цивилизаций в SETI и CETI.

В статье дается краткий обзор прошлых мероприятий, и обсуждаются перспективы дальнейших шагов в продвижении SETI. Эта перспектива, в первую очередь, будет основываться на достижениях в соответствующих научных и технологических областях, особенно в астрономии. Ближайшая перспектива характеризуется изобретения новых сверхчувствительных инструментов и систем, способных обрабатывать огромное количество наблюдательных данных. Обсуждаются и более отдаленные перспективы.

1. Предыстория

Трудно сказать, когда в России зародился интерес к проблеме существования разумной жизни во Вселенной. Вероятно, он развивался в общем русле европейской научной и философской мысли. В конце XIX века произошел всплеск интереса к этой проблеме. В 1876 г. вышла книга Э.Неовиуса, российского ученого финского происхождения [1], под названием «Величайшая задача нашего времени», в которой он четко сформулировал задачу установления контакта с внеземными цивилизациями и предложил конкретный проект связи с обитателями планет Солнечной системы с помощью световых сигналов, используя язык, построенный на основе математической логики. Большой вклад в осмысление проблемы внесли русские философы «серебряного века» (конец XIX – начало XX), часть которых стояла на научных, а часть на религиозных позициях. Особо следует отметить К.Э.Циолковского. В середине XX века Г.А.Тихов провел серию исследований по астроботанике, имея в виду, прежде всего, возможность обнаружения жизни на Марсе. Эти работы вызвали острую дискуссию в научном сообществе. Одним из главных оппонентов Тихова был В.Г.Фесенков. В 1956 г. вышла книга В.Г.Фесенкова и А.И.Опарина «Жизнь во Вселенной» [2].

¹ Русскоязычная версия доклада на 40-й научной ассамблеи КОСПАР, Москва, 2-10 августа 2014.

2. Начало современного этапа

В 1959 г. в «Nature» опубликована статья Дж. Коккони и Ф.Моррисона о возможности радиосвязи с внеземными цивилизациями [3]. В 1960 г. в НРАО Фрэнком Дрейком под руководством Отто Струве проведены первые поиски сигналов от внеземных цивилизаций на волне 21 см [4]. В 1960-1961 гг. в научной печати опубликованы несколько серьезных работ о возможных путях поиска ВЦ [5-7]

В СССР первым, кто откликнулся на все эти события, был И.С.Шкловский. В 1960 г. он опубликовал в «Природе» большую статью под названием «Возможна ли связь с разумными существами других планет» [8], которая легла в основу его книги «Вселенная жизнь разум», вышедшей в 1962 г. и затем многократно переиздававшейся. Шкловский привлек к исследованию этой проблемы Кардашева. В 1964 г. в «Астрономическом журнале» вышла его статья «Передача информации внеземными цивилизациями» [9], в которой была сформулирована идея существования цивилизаций трех типов, рассчитаны параметры непрерывной изотропной широкополосной передачи от высокоразвитых цивилизаций, исследовался вопрос об оптимальном диапазоне волн для межзвездной связи, обсуждались критерии искусственности, рассчитан спектр искусственного источника.

3. СССР: первые шаги

В мае 1964 г. в Бюраканской астрофизической обсерватории состоялось Первое Всесоюзное совещание по внеземным цивилизациям. В докладах Н.С.Кардашева, В.С.Троицкого, В.А.Котельникова, В.И.Сифорова, С.Э.Хайкина были выдвинуты все главные идеи радиосвязной стратегии SETI и сформулированы основные подходы, которые определили направление исследований на все последующие годы. Труды конференции были опубликованы в 1965 г. в Ереване на русском языке [10] и в 1967 г. в Иерусалиме – на английском [11]. На основе рекомендаций совещания при Совете по радиоастрономии АН СССР была создана секция "Поиски внеземных цивилизаций". Председателем ее был утвержден В.С.Троицкий, заместителем председателя – Н.С.Кардашев и ученым секретарем – Л.М.Гиндилис. Одной из первых задач секции была разработка программы исследований по проблеме связи с внеземными цивилизациями. Эта работа прошла несколько этапов. В 1974 г. она была издана отдельной брошюрой небольшим тиражом и в том же году опубликована в Астрономическом журнале [12].

Сразу после совещания две группы советских ученых приступили к подготовке экспериментов по поиску радиосигналов внеземных цивилизаций. В 1968-1969 гг. группа под руководством В.С.Троицкого провела поиск сигналов от ближайших звезд солнечного типа (11 звезд) и галактики М 31. [13]. Вторая группа под руководством Н.С.Кардашева занималась исследованием пекулярных источников, обладающих признаками искусственности, и подготовкой к обзорам неба в сантиметровом диапазоне, который рассматривался как оптимальный для поиска радиосигналов. Наблюдения пекулярных объектов привели к обнаружению переменности потока радиоисточника СТА 102 [14]. Поскольку переменность была предсказана Кардашевым, исходя из предположения об искусственном происхождении СТА 102, эта работа вызвала большой резонанс. На ряде обсерваторий были проведены измерения радиопотока СТА 102 и других квазаров, которые привели к обнаружению фундаментального факта переменности квазаров. Однако переменность СТА 102 не подтвердилась. И лишь в 1972 г. она была вновь обнаружена Дж.Ханстедом, что привело к заключению о транзитном характере переменности СТА 102. В плане подготовки к обзорам неба в сантиметровом диапазоне в Государственном астрономическом институте им П.К.Штернберга был разработан проект радиотелескопа типа Крауса РТ-МГУ с предельной волной 4 мм. Объединение этого проекта с проектом АПП, разработанным в Пулковско, привело к созданию радиотелескопа РАТАН-600, одной из задач которого был поиск сигналов ВЦ.

Из событий того времени следует упомянуть выход книги «Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи» [15]; она переведена на английский и чешский языки [16,17].

4. Поиск сигналов и сопутствующие исследования, 1970 – 1990

4.1. Поиск импульсных позывных с ненаправленными антеннами. Предполагалось, что мощные короткие широкополосные импульсы могут использоваться в качестве позывных для межзвездной связи. Поиск проводился двумя группами: нижегородской группой (НИРФИ) под руководством В.С.Троицкого и московской группой (ГАИШ, ИКИ) под руководством Н.С.Кардашева. В НИРФИ поиск проводился на волнах 50 см, 30 см, 16 см, 8см, 3 см. Для того, чтобы исключить местные помехи, использовались одновременные наблюдения в нескольких далеко разнесенных пунктах: на Дальнем Востоке (Уссурийск), в Горьковской области (Пустынь), в Мурманской области (Тулома) и в Крыму (Кара-Даг); в 1972 г. наблюдения проводились также на борту научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» в экваториальных водах Атлантики [18-22]. Московская группа для выделения импульсов космического происхождения, наряду с наблюдениями в разных удаленных пунктах, использовала запаздывание низкочастотных составляющих сигнала относительно высокочастотных – метод синхронного дисперсионного приема [23-24]. Приемник состоял из широкополосного малощумящего усилителя в диапазоне 350-550 МГц и четырех фильтров 371, 408, 458, 535 МГц с полосой 5 МГц. Наблюдения проводились в 1972 г. на Кавказе и Памире, а в 1973 г. на Кавказе, Камчатке и на борту АМС «Марс-7». В этом эксперименте, наряду с приемником 350-550 МГц, использовались приемники на частоты 38 и 60 МГц, на которых работали радиометры АМС «Марс-7».

4.2. Исследование статистической структуры сигналов. Поскольку сигналы, генерируемые передатчиками, по своим статистическим характеристикам отличаются от шумового сигнала естественных источников [25-28], было предпринято изучение статистической структуры излучения мазерных источников ОН: W 3, NGC 6334 A, Sgr B2, W 49, VY Большого Пса. Наблюдения проводились на Большом радиотелескопе в Нансе (Франция) [29-31]. В 1972 г. Н.С.Кардашев и М.В.Попов исследовали статистическую структуру излучения центра Галактики на волне 3,5 см [32].

4.3. Оптимальный диапазон для межзвездной связи. Большое внимание в первые десятилетия SETI в СССР было уделено выбору оптимального диапазона для межзвездной связи. Детальный анализ был выполнен Н.С.Кардашевым с учетом принципиально неустранимых источников шума – фоновое излучение и квантовые флуктуации [33]. Он рассмотрел два случая: 1) поиск позывных и 2) поиск информативной передачи. В обоих случаях существенная часть спектра искусственного источника лежит в радиодиапазоне, а при малых потоках спектр целиком лежит в радиодиапазоне (от дециметровых до миллиметровых волн). При этом предполагалось, что адресат неизвестен, и поиск ведется по всему небу. Позднее Кардашев рассмотрел случай, когда поиск ведется от определенных объектов. При наблюдении центра Галактики, ядер других галактик и квазаров оптимальной является область максимума интенсивности реликтового фона вблизи $\lambda = 1,7$ мм, а при поиске сигналов от звезд с взаимно-направленными антеннами оптимальной является область вблизи 1,5 мм. В этой области находится линия позитрония 1,47 мм, которую можно рассматривать как удобный репер, аналогичный линии 21 см в дециметровом диапазоне. Окончательно он пришел к выводу, что для изотропно излучающего передатчика оптимальной является длина волны 21 см, а для направленного излучения 1,5 мм [34]. На преимущество мм-диапазона, исходя из других соображений, указывал В.С.Троицкий [35]. Выбор диапазона может зависеть и от характера сигнала. Для импульсных сигналов с компенсирующими задержками оптимальной является частота 56 ГГц ($\lambda = 5,35$ мм) [36]. Еще один подход бы предложен в 1991 г. В.С.Стрельницким и Л.М.Гиндилисом [37]. Стрельницкий обратил внимание на то, что сверхтонкая структура возбужденного уровня $n = 2$ атома водорода содержит 6 подуровней, при переходе между которыми возникают шесть спектральных линий. Все они попадают в радиодиапазон: три линии имеют частоты около 1 ГГц и три около 10 ГГц. В отличии от линии

21 см, эти линии не подвержены помехам со стороны галактического радиоизлучения. Кроме того, использование сразу шести линий дает богатые возможности для кодирования информации.

Поскольку диапазон нуждается в защитных мероприятиях, предпринимались соответствующие шаги в этом направлении. Советский представитель в Международном Союзе Электросвязи (Б.А.Дубинский) внес предложения о защите частот для SETI, они нашли отражение в Регламенте радиосвязи и других документах Международного Консультативного Комитета Радиосвязи (МККР). Несмотря на принятые решения, реальная ситуация с помехами на Земле и в околоземном космическом пространстве остается неблагоприятной, и имеется устойчивая тенденция ее ухудшения в будущем. Радикальное решение этой задачи возможно лишь на обратной стороне Луны. В начале 1970-х годов Б.А.Дубинский предложил на МККР новый подход к выделению частот в экранированной зоне Луны: вместо обычного выделения отдельных частотных полос для различных служб, считать *весь спектр радиочастот* в этой зоне предназначенным для радиоастрономии и других пассивных радиофизических исследований, включая SETI. Этот подход был признан, и в 1979 г. Всемирная Административная Конференция по радиосвязи включила в Регламент радиосвязи специальное постановление, которое является юридической основой признания экранированной зоны Луны заповедником для пассивных радиоисследований.

4.4. Радиосвязная стратегия SETI. Основные направления радиосвязной стратегии SETI были сформулированы еще на Первом Всесоюзном совещании по поиску внеземных цивилизаций в 1964 г. Одно направление, связанное с поисками цивилизаций нашего и несколько более высокого уровня, ориентировалось на поиск узконаправленного и узкополосного излучения; другое ориентировалось на поиск сигналов от Сверхцивилизаций. Впоследствии несколько интересных идей были высказаны П.В.Маковецким [38-41]. Он предложил искать позывные ВЦ на частотах πF_H и F_H/π , где F_H – частота радиолинии водорода 21 см. Для сокращения неопределенности во времени он предложил использовать синхронизацию по вспышкам сверхновых и новых звезд. Маковецкий рассчитал моменты связи для нескольких ближайших звезд, используя в качестве "синхросигнала" вспышку Новой Лебеда 1975 г. В сентябре 1978 г. в рассчитанные им даты на радиотелескопе РАТАН–600 были предприняты поиски сигнала от Летящей звезды Барнарда, но эти попытки не увенчались успехом. Далее, для сокращения неопределенности направления он предложил сосредоточить поиск в направлении некоторых особых важных объектов, которые предположительно должны быть известны для всех цивилизаций Галактики и могут использоваться ими в качестве «естественных маяков» для указания направления.

В отличие от стратегии Маковецкого, которая основана на использовании «безмодуляционных» позывных, Н.Т.Петрович рассмотрел метод передачи модулированных сигналов, позволяющих передавать информацию по каналу SETI [42]. Для того, чтобы исключить искажение сигнала в межзвездной среде, Петрович предложил использовать *относительные методы модуляции*, при которых информация кодируется не абсолютным значением параметра сигнала, а его относительным значением по отношению к значению того же параметра, передаваемого в соседнем интервале времени или на соседней несущей частоте. Наибольшей помехоустойчивостью обладают фазоманипулированные сигналы ОФМ, успешно применяемые в наземных и космических линиях связи. Он также рассмотрел методологию организации канала связи, рассчитанную на прием сигналов ниже уровня шума. Проблема обнаружения сигналов «подслушивания» анализировалась А.В.Архиповым [43].

4.5. Радиолокация точек Лагранжа. В 1980–81 гг. в НИРФИ (г. Горький) была проведена радиолокация точек Лагранжа L_4 , L_5 в системе Земля–Луна с целью поиска зондов ВЦ в окрестности этих точек [44]. Эксперимент проводился на частоте 9,3 МГц в ночное время. Радиосигналы формировались в виде импульсов длительностью 1 с,

разделенных промежутком в 4 с. Эффективная мощность составляла 25 МВт. Прием ответных сигналов проводился в полосе 1.5 КГц с постоянной времени 0.2 с. Длительность одного сеанса составляла 40 минут. Всего было проведено около 25 сеансов.

4.6. Радиотелескопы для SETI. Выше было отмечено, что одной из задач радиотелескопа РАТАН-600 было использование его для целей SETI. В 1980-х годах в НИРФИ под руководством В.С.Троицкого была разработана система «Обзор», предназначенная для поиска сигналов ВЦ с неизвестного направления [45]. Система включала несколько десятков антенн диаметром 2 м, которые в совокупности перекрывали все небо. Предусматривалось использование многоканальных приемников. К сожалению, эта скромная и недорогая система не была реализована из-за отсутствия средств. Большие надежды связывались с радиотелескопом РТ-70, разработанным в ИКИ АН СССР под руководством Н.С.Кардашева. [46, 47]. Телескоп диаметром 70 м был рассчитан на предельную волну 1 мм, что давало возможность проводить наблюдения в линии позитрония 1,47 мм. Предполагалось также использовать его в системе наземно-космического радиоинтерферометра. Сооружение было начато в 1980-х годах в горном районе Узбекистана на плато Суффа на высоте более 2000 м над уровнем моря. Распад Советского Союза не позволил осуществить эти планы.

Значительное внимание было уделено разработке орбитальных радиотелескопов. В 1970-х годах в ИКИ АН СССР при участии организаций промышленности под руководством Н.С.Кардашева был разработан проект космического радиотелескопа диаметром более 1 км. Он должен собираться на орбите из отдельных блоков и поверхность его могла неограниченно наращиваться [48]. Важной вехой на пути реализации этих планов стал запуск в СССР в июне 1979 г. первого космического радиотелескопа КРТ-10 диаметром 10 м. В дальнейшем это направление получило развитие в проекте РАДИОАСТРОН. Перспективы использования космической радиоастрономии для целей SETI были проанализированы Г.С.Царевским [49].

4.7. Поиск сигналов в оптическом диапазоне. Наряду с поисками радиосигналов, в СССР велись поиски сигналов в оптическом диапазоне. Они были начаты в 1970-х годах в Специальной астрофизической обсерватории (САО) АН СССР под руководством В.Ф. Шварцмана. Был создан уникальный комплекс аппаратуры, позволяющий анализировать сверхбыструю оптическую переменность, на временных интервалах от 10^{-7} секунды до 100 с. Он использовался как для решения астрофизических задач, так и для поиска сигналов ВЦ в оптическом диапазоне. Исследования велись в рамках программы МАНИЯ («Многоканальный анализ наносекундных изменений яркости») [50]. Применительно к сигналам ВЦ ставилась задача поиска сверхузких эмиссионных линий шириной до 10^{-6} ангстрем, либо импульсного лазерного излучения. Был составлен список объектов перспективных с точки зрения поиска ВЦ. По мнению Шварцмана, наибольший интерес представляют радиоизлучающие объекты с непрерывным оптическим спектром (РОКОС'ы). Первые наблюдения по программе МАНИЯ были проведены в 1973–74 гг. с помощью телескопа «Цейс–600» [51,52], а с 1978 г. они велись также на 6-метровом телескопе БТА [53].

4.8. Поиск астроинженерной деятельности. Наряду с поисками сигналов, проводились исследования, связанные с возможностью обнаружения астроинженерной деятельности ВЦ (Н.С.Кардашев, С.А.Каплан, К.К.Ребане, В.И.Слыш) [54-59].

4.9. Каталог SETI-объектов. В начале 1980-х годов, по инициативе Н.С.Кардашева, была предпринята попытка отбора перспективных с точки зрения SETI объектов. В рамках этой программы, В.А.Захой и Т.В.Рузмайкина проанализировали список ближайших звезд (с расстоянием до 10 пк) и выбрали из него кандидатов для поиска планетных систем [60]. Сейчас после, обнаружения внесолнечных планет, эта работа утратила актуальность, но тогда она имела значение. В.Г.Сурдин продемонстрировал другой подход. Он рассмотрел условия в шаровых скоплениях и показал, что у звезд

шаровых скоплений возможно существование планет земного типа. Поскольку расстояния между звездами в шаровых скоплениях не велики, обитающие на этих планетах разумные существа легко могли бы установить между собой радиосвязь. Сурдин отобрал из каталога шаровых скоплений кандидатов для поиска (перехвата) сигналов межзвездной связи [61]. Направление, связанное с выбором , связанное с выбором SETI-объектов, продолжало развиваться и в последующие годы [62, 63].

5. Теоретические исследования, 1970-1990

5.1. Дискуссия о множественности обитаемых миров. Парадокс Ферми. В 1975 г. на Зеленчукской школе-семинаре SETI И.С.Шкловский выступил с концепцией уникальности нашей земной цивилизации [64]. Это вызвало дискуссию, в которой с критикой концепции уникальности выступили Н.С.Кардашев, В.С. Троицкий и др. [65, 66]. Полемика по этой проблеме состоялась между И.Шкловским и С.Лемом [67]. Возникшая дискуссия потребовала более строгого подхода к оценке числа коммуникативных цивилизаций. Л.С.Марочник и Л.М.Мухин оценили число цивилизаций в Галактике, исходя из развиваемых ими представлений о том, что жизнь возникает в узкой кольцевой зоне Галактики, вблизи области коротации, а время жизни цивилизаций определяется временем движения звезды по галактической орбите между соседними спиральными рукавами [68]. Л.М.Гиндилис применил статистический метод к оценке числа цивилизаций [69]. В общем виде и наиболее строго эта задача впоследствии была решена А.Д.Пановым [70]. Проблема населенности Галактики рассматривалась также В.С.Троицким [71]. Он выдвинул совершенно новую оригинальную концепцию одновременного и однократного происхождения жизни во Вселенной. На основе этой гипотезы Троицкий развил теорию населенности Галактики, которая отличается от общепринятой. Так при конечном времени жизни цивилизаций их число не остается постоянным со временем, как следует из формулы Дрейка, а стремится к нулю.

В связи с проблемой «космического чуда» (парадокс Ферми), на отсутствии которого в значительной мере строится концепция уникальности, В.С.Троицкий проанализировал возможность создания мощных всенаправленных маяков-передатчиков для межзвездной связи и пришел к выводу, что необходимость сохранения околозвездной среды обитания приводит к энергетическим ограничениям, которые не позволяют реализовать достаточно мощный передатчик, соответствующий цивилизациям II и III типа по Кардашеву [72]. Детальный анализ проблемы множественности обитаемых миров (включая AC-парадокс) был выполнен в 1988 г. Л.М.Гиндилисом [73].

5.2. Модели развития космических цивилизаций.

Две стратегии SETI, сформировавшиеся еще на первом Всесоюзном совещании по внеземным цивилизациям (Бюракан, 1964), основывались на двух различных концепциях развития ВЦ. Одна из них исходит из того, что энергетический уровень цивилизаций ограничен определенными физическими и экологическими причинами (В.С.Троицкий). Другая допускает возможность достижения гораздо более высокого уровня энергетики, вплоть до 10^{38} Вт, сравнимого с энергопотреблением целых галактик (Н.С.Кардашев). По мнению Кардашева, цивилизации должны стремиться к объединению в компактные системы, чтобы собрать все свои ресурсы в относительно небольшом числе объектов (гипотеза "урбанизации"). Он рассмотрел шесть различных сценариев развития цивилизаций, в которых объединение происходит на различных пространственных масштабах [74, 75]. Более общий подход, основанный на системном анализе, содержится в работах Л.В.Лескова [76, 77].

5.3. Проблемы контакта. Важнейшим аспектом контакта между цивилизациями является возможность взаимопонимания при различной системе понятий. В 1970-х годах эту проблему активно разрабатывал Б.Н.Пановкин. Он пришел к выводу, что контакт между цивилизациями по каналам связи невозможен [78, 79]. Дискуссия по этому вопросу [80, 81], в которой принял участие В.В.Казютинский, оказалась весьма полезной, ибо она

способствовала более правильной оценке реального состояния проблемы. Еще одно направление развивалось в Институте кибернетики Академии наук Украины под руководством И.М.Крейн. Она рассматривала контакт в контексте разработки языков-посредников [82-84]. Проблема языка для связи с космическими цивилизациями рассматривалась Б.В.Сухотиным. Он не ставил цель построения специального языка для связи с ВЦ, а решал задачу дешифровки сообщения, полученного по каналам межзвездной связи при условии, что оно «написано» неизвестными символами на неизвестном языке [85]. Обстоятельный философский анализ проблемы контакта с ВЦ выполнен В.В.Рубцовым и А.Д.Урсулом [86].

5.4. Межзвездные перелеты. В 1970-80х годах в СССР проводились исследования, связанные с разработкой релятивистской теории межзвездных полетов, в том числе связанные с поиском внеземных цивилизаций [87, 88]. В.Г.Сурдин рассмотрел задачу путешествия в пределах Галактики с использованием гравитационного маневра около одиночных и кратных звезд различных типов. Он пришел к выводу, что наилучшие условия для этого реализуются в ядрах шаровых скоплений [89].

5.5. Философия и SETI. Изучение возможностей связи с внеземными цивилизациями приводит к постановке ряда вопросов общенаучного и философского порядка. Разработкой философских аспектов занимались В.В.Казютинский, В.В.Рубцов, А.Д.Урсул. Эти вопросы обсуждались на ежегодных Чтениях в Калуге, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э.Циолковского. Материалы этих обсуждений опубликованы в трудах Чтений. Несколько полезных дискуссий по философским аспектам проблемы SETI, организованных институтом философии АН СССР, нашли отражение в книге [90]. Большой резонанс вызвала работа В.Ф.Шварцмана, в которой он обосновывал идею о том, что проблема SETI является не только астрофизической и даже не только общенаучной проблемой, а проблемой всей человеческой культуры [91].

Важными вехами первых десятилетий исследований были Первая Всесоюзная конференция по внеземным цивилизациям (Бюракан, 1964), Первая советско-американская конференция SETI (Бюракан, 1971), Зеленчукская школа-семинар (1975), Таллиннский (1981) и Вильнюсский (1987) симпозиумы, 3-я Десятигодичная американо-советская конференция SETI (Санта-Крус, Калифорния, 1991).

6. SETI в России: 1990-е – 2000-е годы

Общий упадок науки в России после распада Советского Союза не мог не сказаться и на состоянии SETI. Однако благодаря энтузиазму исследователей, поиски полностью не прекратились. Экспериментальные исследования развивались в нескольких направлениях: 1) поиск радиосигналов от солнцеподобных звезд, 2) поиск оптических сигналов, 3) поиск сфер Дайсона и 4) передача радиосообщений внеземным цивилизациям. Кроме того, были выполнены интересные теоретические исследования.

6.1. Поиск радиосигналов и радиосвязная стратегия SETI. Программа «Зодиак» поиска солнцеподобных звезд инициирована Л.Н.Филипповой и В.С.Стрельницким. Первые наблюдения по этой программе проведены в октябре 1989 г. на радиотелескопе РАТАН-600 и продолжались в последующие годы по инициативе Л.Н.Филипповой. В наблюдениях и обработке принимали участие А.М.Батышев, Н.Н.Бурсов, О.В.Верходанов, И.В.Госачинский, М.Г.Мингалиев, В.Н.Сидоренков, В.А.Столяров и другие сотрудники САО РАН. Для поиска были отобраны 29 звезд из списка Д.Содерблома, расположенные в пределах 14 градусов от эклиптики, и несколько ближайших к нам звезд солнечного типа. Впоследствии был сформирован более широкий список звезд «кандидатов SETI». Всего за период 1994-2006 наблюдалось 47 звезд «кандидатов SETI» в числе которых 5 звезд, имеющих планетные системы. Наблюдения на РАТАН-600 проводились в двух режимах: прохождения и скольжения. В режиме прохождения наблюдения велись одновременно на нескольких волнах сантиметрового и дециметрового диапазонов: 1,0, 1.38, 2.7, 3.9, 6.25,

7,6, 13 и 31 см. В режиме скольжения наблюдения велись волне 21 см. Некоторые особенности отмечены у звезды W 252 [92]. Несколько звезд наблюдались также в оптическом диапазоне с помощью 6-метрового телескопа БТА.. В 2002-2005 годах Г.М.Рудницкий провел поиск узкополосных сигналов от ближайших звезд (в основном солнечного типа) радиотелескопе РТ-22 в Пушино. Наблюдения велись на волнах 1,35 см (линия воды H₂O) и 8,2 мм (линия цианацетилена HC₃N [93]).

В 1998 г., по инициативе С.Ф.Лихачева (АКЦ ФИАН) 4 звезды из списка Л.Н.Филиповой были включены в программу VLBI эксперимента INTAS-98 с участием 6 радиотелескопов. В направлении одной из звезд – 37 Gem обнаружен точечный источник в полосе 1664.99 – 1666.95 МГц с интенсивностью, вдвое превышающий уровень шума. Природа этого излучения пока неясна [94].

Н.С.Петрович продолжал развивать стратегию поиска сигналов под шумами [95-97]. Он подчеркнул, что обнаружение сигнала ниже уровня шума позволяет создать схему построения галактической связи, где вместо остронаправленных антенн используются мало направленные антенны, что позволяет охватить сразу много потенциальных абонентов и тем увеличивает вероятность установления связи.

6.2. Поиск оптических сигналов: продолжение. В 1990-е – 2000-е годы программа поиска оптических сигналов продолжалась под руководством Г.М.Бескина. Расширен список объектов для поиска ВЦ, куда включены звезды спектральных классов F9V – G5V с расстоянием до 25 парсек (для поиска цивилизаций I типа) и объекты с необычными характеристиками (РОКОСЫ и белые карлики DC-типа) – для поиска сверхцивилизаций. Проведены наблюдения примерно по 20 объектов каждого типа, получена оценка верхнего предела мощности гипотетических лазеров ВЦ. В начале 90-х годов комплект аппаратуры МАНИЯ был установлен на 2-метровом телескопе CASLEO в Аргентине, с помощью которого проведены наблюдения объектов южного неба [99, 100].

Группа ученых из ФИАН и НПО Астрофизика разработали лазерное приемное устройство с квантовым пределом чувствительности на волне 1,315 мкм лазерного перехода ${}^2P_{1/2} \rightarrow {}^2P_{3/2}$ атомарного йода, способное принимать лазерные сигналы на фоне выбранной для наблюдения звезды. Эту длину волны, жестко фиксированную по положению в спектре, по мнению авторов, целесообразно использовать в качестве спектрального репера для оптического SETI [101,102].

6.3. Передача радиосообщений внеземным цивилизациям – METI. До конца 1990-х годов эксперименты в области SETI в СССР и России ограничивались поисками сигналов. В последующие годы было выполнено несколько проектов, в том числе международных, по передаче радиосообщений (см. табл.1). Все послания были отправлены с

Таблица 1. Радиопослания с Земли, 1999 – 2008

T – суммарная длительность излучения, E – суммарная излученная энергия.

Имя	Cosmic Call 1999	Teen Age Message	Cosmic Call 2003	A Message From Earth
Дата	24.05, 30.06, 01.07.1999	29.08, 03.09, 04.09.2001	06.07.2003	09.10.2008
Авторы	Chafer, Dutil, Dumas, Braastad, Zaitsev, et al	Пшеничнер, Филиппова, Гиндилис, Зайцев и др.	Chafer, Dutil, Dumas, Braastad, Zaitsev, et al	Madgett, Coombs, Levine, Cooper, Zaitsev, et al
Радар	Евпаторийский планетный радиолокатор			
Число сеансов	4	6	5	1
T, мин	960	366	900	240
E, МДж	8640	2200	8100	1440
Лит. ссылка	103	104	105	106

Евпаторийского планетного радиолокатора. Большая заслуга в этом принадлежит А.Л.Зайцеву, под руководством которого были выполнены все эти эксперименты. Зайцев разработал идеологию организации сигнала Послания. Послание должно содержать три компонента: 1) монохроматический сигнал с постоянной частотой, освобожденный от доплеровского дрейфа, вызванного вращением Земли вокруг оси и ее обращением по орбите вокруг Солнца; 2) дискретный (в простейшем случае двоичный) сигнал, реализуемый путем девиации частоты, с помощью которого передается логическая информация (передача знаний); 3) аналоговый сигнал, с помощью которого передается музыка (передача эмоций). Технически для передачи музыки Зайцев предложил использовать бесконтактный музыкальный инструмент терменвокс, генерирующий узкополосные квазисинусоидальные колебания с частотной модуляцией, описываемой гладкой однозначной функцией с непрерывной фазой. В 2000 г. он послал заявку в Национальный астрономический и ионосферный центр США Аресибо с предложением подготовить терменвокс концерт для других цивилизаций и передать его из Аресибо или Евпатории [107]. Эта идея была реализована в 2001 г в Детском послании (Teen Age Message), сигнал которого содержал все три компонента [104]. В связи с критикой METI Зайцев в ряде работ обосновал необходимость передачи сообщений [108]. В том числе он привел аргументы против мнимой опасности передачи сигналов. Эта позиция была поддержана Л.М.Гиндилисом [109]. Следует отметить, что российские ученые, обсуждавшие проблему SETI на конференции «Горизонты астрономии и SETI» (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук, сентябрь 2005), пришли к выводу, что наряду с поисками, необходима также передача сигналов. Это нашло отражение в меморандуме конференции [110].

6.4. Поиск сфер Дайсона. В АКЦ ФИАН продолжалась работа по поиску сфер Дайсона. Проведен анализ ИК-объектов IRAS, отобраны 98 кандидатов в сферы Дайсона. 40 из них удалось отождествить с различными астрономическими объектами, 58 остались не отождествленными [111].

6.5. Происхождение жизни во Вселенной. Теория населенности Галактики. Общепринятые представления о возникновении и развитии цивилизаций исходят из предположения, что цивилизации возникают непрерывно. В.С.Троицкий отказался от представления о непрерывном происхождении жизни во Вселенной и предположил, что жизнь возникает *однократно* и *одновременно* во всей Вселенной, в узком интервале времени ее жизни, на тех планетах, где к тому времени создались необходимые физико-химические условия [71, 72]. Подробное обоснование этой гипотезы он привел в своей последней работе, опубликованной уже после его ухода из жизни [112].

А.Д.Панов рассмотрел вопрос о происхождении жизни путем панспермии на уровне продуктов предбиологической эволюции [113]. Развита им количественная модель приводит к увеличению вероятности происхождения жизни на много порядков по сравнению с предбиологической эволюцией на любой изолированной планете. При этом жизнь возникает практически одновременно на всех планетах, где созрели необходимые условия и на одной молекулярной основе с единым генетическим кодом и с одной хиральностью.

6.6. Космический субъект Лефевра, быстрый барстер и черные дыры. В.А.Лефевр развил математическую модель разумного космического субъекта, отличительной особенностью которого является наличие совести, и рассмотрел астрономические приложения этой модели [114]. Позднее астрономические аспекты были рассмотрены в совместной статье В.А.Лефевра и Ю.Н.Ефремова [115]. Авторы исходят из положения о том, что поиск космических цивилизаций приобретет статус строго научной задачи, если удастся создать теоретическую модель мира, естественной компонентой которой стал бы разумный субъект. Такая модель должна связать феномен разума с физической картиной Вселенной и указать нам возможные наблюдаемые признаки искусственной деятельности. Они обратили внимание на рентгеновский источник МХВ

1730-335, так называемый Быстрый Барстер (ББ), в излучении которого проявляются закономерности модели Лефевра. Впечатляющим, является приложение модели космического субъекта к черным дырам. Лефевр и Ефремов обращают внимание на удивительную параллель между внутренним миром черной дыры в модели Керра и психологической моделью рефлексивного субъекта.

6.7. Космология и SETI. Это направление развивается Н.С.Кардашевым [116, 117]. Сюда относятся соображения о возможных путях эволюции ВЦ и вытекающей отсюда стратегии их поиска, о кротовых норах и зеркальных цивилизациях. Считается, что обмен информацией между нашим и зеркальным миром возможен только гравитационно. Кардашев указал еще на одну возможность, связанную с черными дырами. Излучение Хокинга имеет три составляющие: электромагнитное, гравитационное и корпускулярное. При наличии зеркальной материи излучение Хокинга удваивается. Если можно управлять излучением Хокинга за счет изменения массы черной дыры (путем изменения темпа аккреции), то таким путем можно было бы передавать информацию с помощью электромагнитного излучения.

6.8. Высший Разум во Вселенной. В середине 1990-х годов В.М.Липунов опубликовал статью под названием «Научно открываемый Бог» [118]. Он обращает внимание на то, что, вопреки существующему предубеждению, в допущении существования Сверхразума нет ничего ненаучного. Природа, имеющая возможность практически бесконечно долго рожать жизнь, рано или поздно должна произвести на свет Сверхразум. Обсуждая идеи Эйнштейна о познаваемости мира, Липунов подчеркивает, что нельзя одновременно признавать бесконечную сложность мира и успешную его познаваемость и при этом не признавать существование Сверхразума. Г.М.Идлис пришел к выводу о существовании Высшего Разума, исходя из математического анализа организации материи на физическом, физико-химическом, химико-биологическом и психологическом уровнях [119]. Обсуждение проблемы Высшего Разума в значительной степени стимулировалось проблематикой антропного принципа и астросоциологического парадокса. Анализу последнего посвящены работы [120-122].

6.9. Педагогика SETI. Наряду с разработкой научных аспектов, значительное внимание в СССР и России уделялось образовательным и педагогическим аспектам SETI [123-131]. Эти работы велись на базе Всероссийского пионерского лагеря «Орленок», вблизи Туапсе (Л.Н.Филиппова) и Московского городского дома пионеров (ныне дворец творчества детей и юношества) – Б.Г.Пшеничнер, И.А.Феодулова, Н.В.Дмитриева.

Проблематика SETI систематически обсуждалась на всероссийских астрономических конференциях, на конференциях Астрономического общества и сессиях Научно-технического общества радиотехники, электроники и связи (НТОРЭС) им. А.С.Попова. Отметим несколько конференций, специально посвященных SETI: Научно-методическая конференция «SETI: прошлое, настоящее и будущее цивилизаций», Москва, 24-27 мая 1999; Научная конференция «SETI на пороге XXI века: итоги и перспективы», Москва, 5-7 февраля 2002; Научная конференция «Горизонты астрономии и SETI», Нижний Архыз, 25-30 сентября 2005; 3-й Симпозиум Международной Астронавтической Академии по поиску признаков жизни (Third IAA Symposium on Search for Life Signatures), Санкт Петербург, 27-29 июня 2011.

Более подробный обзор исследований в области SETI в СССР и России можно найти в работах [132-134].

7. SETI на Украине

На Украине проблематика SETI в советское и постсоветское время развивалась в Радиоастрономическом институте Украинской академии наук (г. Харьков). Ряд оригинальных идей выдвинул А.В.Архипов. В 1986 г. он рассмотрел возможность

обнаружения сигналов утечки, аналогичных земному телевидению и выделил 4 источника, удовлетворяющих критериям такого сигнала [135]. Позднее он предложил оригинальную стратегию поиска сигналов. Она основана на предположении, что для защиты астроинженерных сооружений от ионизирующего излучения своей звезды цивилизация может создать вокруг них искусственную магнитосферу. Взаимодействие магнитосферы с межпланетной плазмой должно приводить к генерации нетеплового циклотронного радиоизлучения в диапазоне дециметровых волн. Обнаружение такого радиоизлучения могло бы служить указанием на то, что мы имеем дело с искусственной магнитосферой. Проанализировав данные обзора неба на радиотелескопе УТР-2 и сравнив их с каталогом близких звезд, Архипов выделил источник GR 0752-01, совпадающий по координатам с одиночной звездой HD 64606 спектрального класса G8V, находящейся на расстоянии 19 пк от Солнца. Его можно рассматривать в качестве возможного кандидата в SETI-объекты. Еще один подход связан с перехватом радиокommunikаций зонда ВЦ, находящегося в Солнечной системе. Обычно рассматривается поиск информационных сигналов зонда, адресованных нашей цивилизации. Архипов рассмотрел более реалистическую задачу – перехват радиоизлучения, связанного с радиолокацией окружающего пространства или посылкой информационных сигналов, адресованных родительской цивилизации.

Наряду с радиосвязной стратегией А.В. Архипов развивает «нетрадиционную» стратегию поиска ВЦ, связанную с обнаружением артефактов на Земле и Луне. Задача разбивается на два направления. Первое связано с поисками артефактов, связанных с возможными исследовательскими миссиями ВЦ в Солнечной системе; второе – с обнаружением отходов их космической деятельности (космический мусор). Наилучшие условия для поиска артефактов первого типа реализуются на Луне. Архипов показал возможность их обнаружения и сформулировал принципы лунной археологии, что может представлять интерес не только для SETI, но и для проектов освоения Луны. В отношении космического мусора он показал, что от 3% до 15% его выбрасывается в межзвездную среду и может попадать в область обитания другой цивилизации. Оценив частоту попадания чужих артефактов на границу земной атмосферы, вероятность их выживания при прохождении через атмосферу, он пришел к выводу, что они могут достигать поверхности Земли. В связи с этим Архипов обращает внимание на необходимость исследования так называемых «псевдометеоритов» и «ископаемых артефактов».

Возможность загрязнения Земли (и других планетных систем) отходами космической деятельности ВЦ позволяет по новому рассмотреть проблему панспермии. Благодаря утечке мусора вокруг каждой «техногенной» звезды существует нестерильная зона, включающая микроорганизмы. При движении Солнечной системы в Галактике она пересекает нестерильные зоны различных звезд, при этом не стерильные артефакты могут попадать на Землю. То же самое будет иметь место для других планетных систем. По оценкам Архипова, для инфицирования земноподобной планеты достаточно, чтобы темп производства космического мусора составлял 0,7% от темпа производства его нашей цивилизацией. При этом порядка 10^5 звезд могли бы инфицировать Землю за время ее существования. Эти исследования, выполненные в основном в 1990-е годы, Архипов опубликовал в многочисленных статьях, как в русскоязычных, так и в зарубежных журналах. Обобщение их содержится в его кандидатской диссертации «Новые подходы к проблеме поиска внеземных цивилизаций», (Киев, 1998).

В последние годы Архипов выдвинул оригинальные идеи относительно возможного обнаружения искусственных конструкций при исследовании переменности звезд и при поиске экзопланет [136-137]. Краткий обзор исследований в области SETI на Украине содержится в работе Л.Н.Литвиненко и А.В.Архипова [138].

8. Перспективы SETI

Перспективы SETI, на наш взгляд, будут связаны, в первую очередь, с достижениями в технике наблюдений. В ближайшие годы будут созданы новые сверхчувствительные инструменты и системы, способные обрабатывать огромное количество наблюдательных данных. Кроме того, по всей видимости, усилия в области SETI будут направлены на то, чтобы перекрыть весь диапазон электромагнитных волн – от радио до гамма. Наряду с этим, вероятно, будут предприняты попытки использовать каналы иной природы, прежде всего гравитационные волны и нейтрино – по мере того, как будет осваиваться техника их детектирования и генерации. Нельзя исключить и возможность появления совершенно новых каналов, основанных, на пока неизвестных нам законах природы на еще не открытых формах материи. Но это дальняя перспектива. А сейчас мы являемся свидетелями того, как под влиянием астрономических открытий меняются наши представления о жизни в космосе. Если в середине XX века единственным способом обнаружения жизни за пределами Солнечной системы был прием разумных сигналов, то к концу века появились другие возможности изучения жизни в Космосе. В последние годы выявлена чрезвычайная приспособляемость жизни к самым разнообразным, в том числе экстремальным условиям. Это заставляет по-новому подойти к исследованию возможности жизни на планетах Солнечной системы, их спутниках, астероидах, кометах, в межзвездной и межпланетной среде. Большое значение имеет обнаружение признаков жизни в метеоритах. Появляется все больше свидетельств того, что всюду во Вселенной (по крайней мере в нашей Галактике) распространены молекулы достаточно сложных органических соединений; при аккумуляции планет из газо-пылевых дисков эти молекулы сохраняются и могут войти в состав метеоритов и кометных ядер, которые способны доставить их на формирующиеся и уже готовые планеты. В связи с обнаружением экзопланет изменилась и стратегия SETI. Если раньше поиск шел в значительной степени вслепую, то теперь появилась возможность исследования условий на планетах других звезд и выбора подходящих планет, где имеются условия, благоприятные для существования жизни. Круг вопросов, которые входят в сферу интересов SETI, расширился, SETI все более смыкается с астробиологией..

Учитывая бурное развитие астрономии в последние годы, можно думать, что мы столкнемся с совершенно неожиданными открытиями, которые коренным образом изменят наши представления об *усThird Decennial US-USSR Conference on SETI. Santa Cruz, California, August 5-9, 1991 /Edited by G.Seth Shostak. Astronomical Society of the Pacific. San Francisco, 1993.* р.тройстве Мироздания, о жизни во Вселенной и Космическом Разуме. Это приведет к новому взгляду и на проблему SETI.

Литература

1. *Неовиус Э.* Величайшая задача нашего времени. Гельсингфорс, 1876.
2. *Опарин А.И., Фесенков В.Г.* Жизнь во Вселенной М.: Изд-во АН СССР, 1962.
3. *Cocconi G., Morrison P.* Searching for Intrerstellar Communication // *Nature*, 1959. Vol. 184. P. 844-846.
4. *Drake F.D.* Yow can we detect radio transmission from distant planetary systems? // *Sky and Telescope*, 1960. Vol. 19. p. 140.-143
5. *Bracewell R. N.* Communication from superior galactic communities // *Nature*, 1960. Vol. 186. P. 670-671.
6. *Dyson F.J.* Search for artificial stellar sources of infrared radiation // *Science*, 1960. Vol. 131. P. 1667-1668.
7. *Hoerner S. von.* The search for signals from other civilizations // *Science*, 1961. Vol. 134. P. 1839-1843.
8. *Шкловский И.С.* Возможна ли связь с разумными существами других планет? // *Природа*, 1960. № 7. С. 21- 30
9. *Кардашев Н.С.* Передача информации внеземными цивилизациями // *астрон. журн.*, 1964. Т. 41. С. 282-287.

10. Внеземные цивилизации. Тр. Совещания, Бюракан, 20-23 мая 1964. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1965. – 152 с.
11. Extraterrestrial civilizations: Proc of the First All-Union conf. on extraterrestrial civilizations and interstellar communication (Byurakan, USSR, May 20-23, 1964)/ ed. G.M.Tovmasyan // NASA Sci and Techn. Inform. Facility Trans.: N 6730330 through N 67-30342.
12. Программа СЕТИ // Астрон. журн., 1974. Т. 51. С. 1125-1132.
13. *Троицкий В.С., Стародубцев А.М. и др.* Опыт поиска монохроматического радиоизлучения от звезд в окрестностях Солнца на частоте 927 МГц // Астрон. журн. 1971. Т. 48. С. 645-647.
14. *Sholomitskii G.B.* Variability of the radiSOURCE CTA 102 // IAU Inform/ Variable Stars. 1965/ N 83.
15. Внеземные цивилизации: Проблемы межзвездной связи / Л.М.Гиндилис, С.А.Каплан, Н.С.Кардашев и др.; под редакцией С.А.Каплана. М.: Наука, 1969. – 439 с.
16. Extraterrestrial civilizations: Problems of interstellar communication^ Transl. from russ. / Ed. С.А.Каплан. Wash (d.C.); Jerusalem: Isr. Program for Sci. Transl., 1971. – 265 p.
17. *Gindilis L.M., Kaplan S.A., Kardashev N.S. et all.* Mimosesmske' civilizace: Problemmy mezihvezdneho spojeni / Red. S.A. Kaplan/ Praha: Academia, 1972. – 311 p.
18. *Troitsky V.S.* Scanning of sporadic radiation from technical activity of extraterrestrial civilizations // Proc. 24 th IAF Congr., Baku, USSR, Oct. 7-12. 1973.
19. *Троицкий В.С., Стародубцев А.М., Бондарь Л.Т. и др.* Поиск спорадического радиоизлучения из Космоса на сантиметровых и дециметровых волнах // Изв. Вузов. Радиофизика. 1973. Т. 16. С. 323-341.
20. *Троицкий В.С., Бондарь Л.Н., Стаодубцев А.М. и др.* Спорадическое радиоизлучение околоземной среды на сантиметровых и дециметровых волнах // Докл. АН СССР, 1973. Т. 212. N 3. С. 607-610.
21. *Троицкий В.С., Бондарь Л.Н., Стародубцев А.М.* Поиски спорадического радиоизлучения из Космоса // УФН, 1974. Т. 113. Вып. 4. С. 719-723.
22. *Бондарь Л.Н., Стрешнева К.М., Троицкий В.С.* Спорадическое радиоизлучение фона, солнечная активность и полярные сияния // Астрон. вестник, 1975. Т. 9. N 4. С. 210-217.
23. *Gindilis L.M., Kardashev N.S., Mirovsky V.G. et all.* Search for signals from extraterrestrial civilizations by the method of synchronous dispersion reception // Acta astronaut., 1979. Vol. 6. P. 95-104.
24. *Кардашев Н.С., Согласнов В.А., Савельева Н.А. и др.* Поиск моноимпульсных сигналов от астрономических объектов // Астрон. журн., 1977. Т. 54. N 1. С. 3-17.
25. *Голей М.* Когерентность разумных сигналов // Межзвездная связь. М.: Мир, 1965. С. 212-219.
26. *Слыш В.И.* Радиоастрономические критерии искусственных радиоисточников // Внеземные цивилизации. Ереван, 1965. С. 61-67.
27. *Гудзенко Л.И., Пановкин Б.Н.* К вопросу о приеме сигналов внеземных цивилизаций // Там же. С. 68-71.
28. *Сифоров В.И.* Некоторые вопросы поиска и анализа радиоизлучений от других цивилизаций // Там же. С. 121-128.
29. *Пащенко М.И., Рудницкий Г.М., Слыш В.И., Флит Р.* Измерение одномерной функции распределения сигнала галактических источников ОН // Астрон. цирк., 1971. N 6. С. 1-3.
30. *Пащенко М.И., Рудницкий Г.М., Слыш В.И.* Исследование плотности вероятности сигнала межзвездных радиолиний гидроксила // Изв. вузов. Радиофизика, 1973. Т.16. С. 1344-1349.
31. *Лехт Е.Е., Рудницкий Г.М., Франкелен О. и др.* Исследование статистических свойств мазерных источников ОН // Письма в Астрон. журн., 1975. N 2. С. 29-32.
32. *Кардашев Н.С.* Последние исследования СЕТИ в СССР. Препринт ИКИ АН СССР. N 279. М., 1976. 26 с.
33. *Кардашев Н.С.* Астрофизический аспект проблемы поиска сигналов внеземных цивилизаций // Внеземные цивилизации. М.: Наука, 1969. С.25-101.
34. *Kardashev N.S.* Optimal wavelength region for СЕТИ: 1,5 mm // Nature, 1979. Vol. 278. P. 28-30.
35. *Троицкий В.С.* Научные основания проблемы существования и поиска внеземных цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М: Наука, 1986. С. 5-20.

36. Гиндилис Л.М. // Применение импульсов с компенсирующими задержками в качестве позывных СЕТИ // Известия вузов. Радиофизика. 1973. Т. 16. 1448-14-51. См. также: Проблема СЕТИ. М.: Мир, 1975. С. 235-253.
37. Гиндилис Л.М., Стрельницкий В.С. Новые "магические" частоты для SETI // Астрон. циркуляр, 1991 № 1547. С. 35-36; Gindilis L.M., Davydov V.P., Strelnitski V.S. New "Magic" Frequencies for SETI // Third Decennial US-USSR Conference on SETI, 1993, Santa Cruz, California, August 5-9, 1991 /Edited by G.Seth Shostak. Astronomical Society of the Pacific. San Francisco. P. 161-163.
38. Маковецкий П.В. О структуре позывных внеземных цивилизаций // Астрон. журн., 1976. Т. 53. № 1. С. 222-224.
39. Маковецкий П.В. Новая Лебеда - синхросигнал для внеземных цивилизаций? // Астрон. журн., 1977. Т. 54. № 2. С. 449-451.
40. Маковецкий П.В. Эффективность привязки позывных внеземных цивилизаций к естественным явлениям // Изв. вузов. Радиофизика, 1978. Т. 21. № 1. С. 139-141.
41. Маковецкий П.В. Радиосвязная стратегия поиска внеземных цивилизаций // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981. С. 97-121.
42. Петрович Н.Т. Межзвездная связь с помощью относительных методов передачи сигналов // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 152-161.
43. Архипов А.В. О вероятных местах расположения внеземных цивилизаций. Препринт ИРФЭ АН УССР № 303. Харьков, 1986. 14 с.
44. Сучкин Г.Л., Токарев Ю.В., Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лагранжевы точки в проблеме поиска внеземных цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 138-144.
45. Троицкий В.С. Программа поиска внеземных цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 227-230.
46. Гиндилис Л.М. Строящаяся радиоастрономическая обсерватория // Земля и Вселенная, 1990. N 3. С. 27-32.
47. Гиндилис Л.М. Миллиметровый радиотелескоп РТ-70 // Земля и Вселенная, 1990. № 4. С. 26-31.
48. Буюкис В.И., Гвамичава А.С., Гориков Л.А. и др. Неограниченно наращиваемый космический радиотелескоп // Космические исследования, 1978. Т. 16. Вып. 5. С. 767-776.
49. Царевский Г.С. Космическая радиоастрономия как инструмент СЕТИ // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986 С. 183-187.
50. Шварцман В.Ф. Эксперимент МАНИЯ. Астрофизические задачи, математические методы, инженерный комплекс, результаты первых наблюдений // Сообщ. САО АН СССР, 1977. № 19. С. 5-38.
51. Бескин Г.М., Евсеев О.А., Мансуров В.Н. и др. Поиск сверхбыстрой оптической переменности у рентгеновских источников типа Т Тау по программе эксперимента МАНИЯ в 1973-74 гг // Сообщ. САО АН СССР, 1977. № 20. С. 18-29.
52. Евсеев О.А., Мансуров В.Н. Нестеренко Н.М. и др. Поиск сверхбыстрой переменности у объектов с континуальным оптическим спектром по программе эксперимента МАНИЯ // Там же. С. 30-38.
53. Шварцман В.Ф. Эксперимент МАНИЯ и возможности поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне // Проблема поиска внеземных цивилизаций М.: Наука, 1986. С. 122-125.
54. Кардашев Н.С. Астрофизический аспект проблемы поиска сигналов внеземных цивилизаций // Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи / под ред. С.А.Каплана. М.: Наука, 1969. С. 25-101.
55. Каплан С.А., Кардашев Н.С. Астроинженерная деятельность и возможности ее обнаружения // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981. С. 45-55; Кардашев Н.С. Стратегия и будущие проекты СЕТИ // Там же. С.29-45.
56. Slyph V.I. A Search in Infrared to Microwave Astroengineering Activity // The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments. Proc. Of the 112 th Symp. Of the IAU/ ed/ M.D. Papagiannis. Dordrecht etc., 1985. P. 315-319.
57. Ребане К.К. Сигнализация между цивилизациями и охрана среды обитания // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 30-35.
58. Кардашев Н.С. О неизбежности и возможных формах сверхцивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 25-30.

59. Kardashev N.S. // The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments. Dordrecht etc., 1985. P.497-504.
60. Захожай В.А., Ружмайкина Т.В. Звезды для поиска планетных систем // Астрон. вестн., 1986. № 2. С. 128-133.
61. Сурдин В.Г. Шаровые скопления как объекты SETI // Астрон. цирк., 1985. № 1357. С. 3-6.
62. Миронов А.В., Кардашев Н.С. и др. 100 звезд и ВЦ: где Они? // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61.С. 62-78.
63. Панов А.Д., Рудницкий Г.М., Филиппова Л.Н. Доклад на 42-й научной ассамблее КОСПАР, Москва, 2-10 августа 2014.
64. Шкловский И.С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной // Вопросы философии. 1976, № 9. С.80-93
65. Кардашев Н.С. О стратегии поиска внеземных цивилизаций // Вопросы философии. 1977. № 12. С. 43-54.
66. Маковецкий П.В., Петрович Н.Т., Троицкий В.С. Проблема внеземных цивилизаций – проблема поиска // Вопросы философии. 1979. № 4. С. 47-59.
67. Лем С. Одиноки ли мы в Космосе. Шкловский И.С.. Отвечаю Лемму. // Знание–сила, 1977, № 7. С. 40-42.
68. Марочник Л.С., Мухин Л.М. Галактический пояс жизни // Препринт ИКИ АН СССР N 761. М., 1983. Они же // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 41-46.
69. Гиндилис Л.М. К методологии оценки числа цивилизаций в Галактике // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука. 1981. С. 126-148.
70. Панов А.Д. Динамические обобщения формулы Дрейка: линейная и нелинейная теории // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 111-127
71. Троицкий В.С. К вопросу о населенности Галактики // Астрон. журн., 1981.Т.58. С. 1121-1130.
72. Троицкий В.С. Научные основания проблемы существования и поиска внеземных цивилизаций // Проблемы поиска жизни во Вселенной. М.: Наука 1986. С. 5-20.
73. Гиндилис Л.М. Множественность обитаемых миров. Методологические аспекты // Вселенная, астрономия, философия. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 90-102.
74. Кардашев Н.С. О неизбежности и возможных формах сверхцивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 25-30.
75. Kardashev N.S. On the inevitability and the possible structure of supercivilizations // The Search for extraterrestrial life: Recent developments. Ed. M.D.Papagiannis. Dordrecht etc., 1985. P. 497-504.
76. Лесков Л.В. Модели эволюции космических цивилизаций // Земля и Вселенная. 1983. № 5. С. 59-53. Он же. О системном подходе к проблеме космических цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 123-129.
77. Лесков Л.В. Космические цивилизации: проблемы эволюции. М.: Знание, 1985. 55 с.
78. Пановкин Б.Н. Внеземные цивилизации - проблемы и суждения //Природа, 1971. N 7. С. 56-61.
79. Пановкин Б.Н. Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями // Философские проблемы астрофизики XX века. М.: Наука, 1976. С. 240-265.
80. Гиндилис Л.М. Космические цивилизации. М.: Знание, 1973.
81. Казютинский В.В. Эпистемологические основания обмена смысловой информацией между космическими цивилизациями //Древняя астрономия: небо и человек. Тезисы докладов международной научно-методической конференции. М., 1997, С. 24-26.
82. Крейн И.М. Принципиальные моменты контакта человека с внеземными цивилизациями // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука. 1981. С. 172-185.
83. Крейн И.М. Контакт "разумных" систем //Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1986. С. 104-110.
84. Чукреева О.А. Об одном уровне построения языков-посредников // Там же. С. 110-115.
85. Сухотин Б.В. Методы дешифровки сообщений // Внеземные цивилизации. М.: Наука, 1969. С. 222-352.
86. Рубцов В.В., Урсул А.Д. Проблема внеземных цивилизаций. Философско-методологические аспекты. Кишинев: Штиинца, 1987. С. 335, глава IV: Коммуникативный аспект контакта цивилизаций. С. 143-165.

87. *Закиров У.Н.* Механика релятивистских космических полетов. М.: Наука, 1984.
88. *Маров М.Я., Закиров У.Н.* О проекте полета космического зонда к планетной системе звезды // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С. 215-220.
89. *Сурдин.* Запуск галактического зонда с использованием кратного пертурбационного маневра // Астрон. вестник, 1985. Т. 19. № 4. С. 354-358.
90. *Астрономия, методология, мировоззрение.* М.: Наука, 1979.
91. *Шварцман В.Ф.* Поиск внеземных цивилизаций – проблема астрофизики или культуры в целом? // Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986. С.230-236.
92. *Бурсов Н.Н., Мингалиев М.Г., Филиппова Л.Н.* Мониторинг в континууме семи звезд по программе SETI на РАТАН-600 // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 212-216; Филиппова Л.Н. НКЦ SETI: радиопоиски внеземных цивилизаций // Вестник SETI, 2012. № 23/40. С. 21-35.
93. *Рудницкий Г.М.* Поиск узкополосных сигналов от ближайших звезд на радиотелескопе РТ-22 в Пушино // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 260-262.
94. *Чуприков А.А., Филиппова Л.Н.* Наблюдение SETI-объектов на радиоинтерферометрической сети АКЦ ФИАН // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 208-211.
95. *Петрович Н.Т.* Радиоволны - возможный мост в другие цивилизации // Электросвязь, 1995. N 2. С. 13-17.
96. *Петрович Н.Т.* Проблема радиоконтакта с внеземными цивилизациями (проблема SETI) // Зарубежная радиоэлектроника, 1995. N 2-3. с. 3-28.
97. *Petrovich N.T.* A SETI correspondent helps us to discover their signals, lost in the noise of our receivers // Astrophysics and Space Science, 1997. 252. P. 59-66.
99. *Бескин Г.М., Борисов Н.В., Комарова В.Н.* Методы и результаты поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне // Информационный бюллетень НКЦ SETI, 1998. № 12. С. 2-11.
100. *Бескин М., де-Бур В., Карпов С., Плохотченко В., Бондарь М.* Поиск оптических сигналов ВЦ в САО – прошлое, настоящее, будущее // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 217-225.
101. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Лазерный переход $^2P_{1/2} - ^2P_{3/2}$ атомарного йода и проблема поиска сигналов внеземных цивилизаций // Квантовая электроника, 2007. Т. 37. № 7. С. 685-690.
102. *Kutaev Yu.F., Mankevich S.K., Nosach O. Yu., Orlov E.P.* Laser transition in atomic iodine for passive and active SETI // Acta Astronautica, 2010. 67. P. 1384-1390.
103. *Зайцев А.Л.* Радиовещание для внеземных цивилизаций // Информационный бюллетень SETI, 1999. № 15. С. 31-47. http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_Call.
104. *Гиндилис Л.М., Гурьянов С.Е., Зайцев А.Л. и др.* СЧигнал отправлен: 1-е детское радиопослание внеземным цивилизациям. Московский открытый проект «Здравствуй, Галактика» // Вестник SETI, 2002. № 3/20. С. 4-11. http://en.wikipedia.org/wiki/Teen_Age_Message.
105. *Зайцев А.Л., Браастад Р.* Синтез и передача межзвездного радиопослания “Cosmic Call 2003” // Вестник SETI, 2003. № 5/22–6/23. С. 4-11. <http://www.cplire.ru/html/ra&sr/irm/CosmicCall-2003/index.html>.
106. *Kiss Jemima/ Be do tries to contact Earth-like planet.* Guardian .co.uk, Tuesday 29 July 2008. http://en.wikipedia.org/wiki/A_Message_From_Earth.
107. *One-Dimensional Radio Message for "Blind" Aliens.* Arecibo Proposal No. Zaitsev000704074140 on 2000 Jul 04.
108. *Зайцев А.Л.* Передача и поиски разумных сигналов во Вселенной // Вестник SETI, 2004. № 7/24. С. 22-31.
109. *Гиндилис Л.М.* Опасно ли посылать сигналы внеземным цивилизациям? // Труды института прикладной астрономии РАН, 2011. Выпуск 22. С. 3-9.
110. *Итоговый меморандум* // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007, №60-61. С. 5-6.
111. *Timofeev M.Yu., Kardashev N.S., Promyslov V.G.* A Search of the IRAS Database for Evidence of Dyson Spheres // Acta Astronautica, 2000. Vol. 46. No. 10-12. P. 655-659.
112. *Троицкий В.С.* Внеземные цивилизации и опыт // Астрономия и современная картина мира. М.: ИФРАН, 1996. С. 232-246.
113. *Панов А.Д.* Масштабная инвариантность социально биологической эволюции и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., 2007,

№60-61. С. 46-55. *Он же*. Панспермия и механизмы возникновения жизни во Вселенной // Земля и Вселенная, 2014. № 1. С. 75-82.

114. *Лефевр В.* Космический субъект. М., 1996. 184 с.

115. *Лефевр В.А., Ефремов Ю.Н.* Космический разум и черные дыры: от гипотезы к научной фантастике // Земля и Вселенная, 2000. N 5. С. 69–83.

116. *Kardashev N.S.* Cosmology and Civilizations // *Astrophysics and Space Science*, 1997. Vol. 252. P 25-40. см. также *Кардашев Н.С.* Космология и проблемы SETI // Земля и Вселенная, 2002, № 4. С. 9-17.

117. *Кардашев Н.С.* Скрытая масса и поиск внеземных цивилизаций. Препринт ФИАН N 65. Москва, 1999.

118. *Линунов В.М.* Научно открываемый Бог // Земля и Вселенная, 1995. N 1. С. 37-47.

119. *Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н.* Естествознание. М., 1996. С. 80–164.

120. *Гиндилис Л.М.* Астросоциологический парадокс в проблеме SETI // *Астрономия и современная картина мира*. М.: ИФРАН, 1996. С.203-231.

121. *Gindilis L., Rudnitskii G.* On the Astrosociological Paradox in SETI // *Third Decennial US-USSR Conference on SETI*, 1993, Santa Cruz, California, August 5-9, 1991 /Edited by G.Seth Shostak. Astronomical Society of the Pacific. San Francisco. P. 403-414.

122. *Язев А.С.* Почему же все-таки молчит космос? // Земля и Вселенная, 1998. № 1. С. 65- 71.

123. *Гиндилис Л.М.* SETI в вопросах и задачах // *Квант*. 1972. № 11. С. 24-28.

124. *Перов Н.И.* Проблема поиска внеземных цивилизаций в Метагалактике. Примеры и задачи. Учебное пособие. Ярославль, 1998.

125. *Филиппова Л.Н.* Педагогическая программа SETI в дополнительном образовании школьников // Три ключа. Педагогический сборник. 2000. Выпуск 4. С. 101-107.

126. *Левитан Е.П., Филиппова Л.Н.* К обучению астрономии через педагогику SETI // Земля и Вселенная, 2000. N 6. С. 73-82.

127. *Феодулова И.А.* Педагогика SETI // Три ключа, 2001. Выпуск 5. С. 91-98.

128. *Тенякова О.М.* Представление студентов о проблеме внеземных цивилизаций // *Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв.*, 2007, №60-61. С. 264-270.

129. *Дмитриева Н.В.* Детский центр SETI: вчера, сегодня, завтра // *Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв.*, 2007, №60-61. С. 271-273.

130. *Левитан Е.П.* Педагогика SETI как один из путей формирования интереса учащихся к астрономии // *Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв.*, 2007, №60-61. С. 280-281.

131. *Здравствуй, Галактика!* Под редакцией Л.М.Гиндилиса. М.: «Новая Струна», 2008–476 с

132. *Гиндилис Л.М.* Радиоастрономия и поиск внеземных цивилизаций // *Труды ГАИШ*. 1986. Т. 58. С. 87-118.

133. *Гиндилис Л.М.* Советская радиоастрономия и поиски внеземных цивилизаций // *Развитие радиоастрономии в СССР*. М.: Наука, 1988. С. 154-176.

134. *Гиндилис Л.М.* SETI: Поиск Внеземного Разума. М.: Физматлит, 2004. Глава 7. SETI в СССР и России. С. 570-614.

135. *Архипов А.В.* О вероятных местах расположения внеземных цивилизаций // *препринт ИРФЭ Ан УССР*. № 303. Харьков, 1986.

136. *Архипов А.В.* Астроинженерный аспект SETI и переменность звезд // *Вестник SETI*, 2007. № 14/31. С. 4-19.

137. *Архипов А.В.* Спутник ISWASP-J161732.90+242119.0: аномальная экзопланета или астроинженерная конструкция? // *Вестник SETI*, 2012. № 22/39. С. 5-8.

138. *Leonid N. Litvinenko and Aleksei V. Arkhipov.* Bioastronomy in the Ukraine // *Third Decennial US-USSR Conference on SETI*. Santa Cruz, California, August 5-9, 1991 /Edited by G.Seth Shostak. Astronomical Society of the Pacific. San Francisco, 1993. p. 19-24.