

Новые подходы к проблеме поиска внеземных цивилизаций

А. В. Архипов

Радиоастрономический институт НАН Украины
310002, Харьков, ул. Краснознаменная, 4

Статья поступила в редакцию 13 апреля 1998 г.

Сделан обзор результатов автора по разработке новых стратегий поиска внеземного разума (SETI), которые не зависят от коммуникабельности внеземных цивилизаций. Их применение привело к выделению радиоисточников, интересных также для астрофизики. Обоснована необходимость археологической разведки Луны. Показано, что на Земле возможны находки внеземных артефактов (искусственных предметов), даже если не было визитов внеземных цивилизаций в Солнечную систему. Эти новые подходы могут значительно увеличить эффективность SETI и вывести его из кризиса.

Оглянуто результати автора з розробки нових стратегій пошуку позаземного розуму (SETI), які не залежать від комунікабельності позаземних цивілізацій. Їх застосування призвело до виділення радіоджерел, цікавих також для астрофізики. Обґрунтовано необхідність археологічної розвідки Місяця. Доведено, що на Землі можливі знахідки позаземних артефактів (предметів штучного походження), навіть якщо не було візитів позаземних цивілізацій до Сонячної системи. Ці нові підходи спроможні значно підвищити ефективність SETI та вивести його з кризи.

Введение

Актуальность поиска внеземного разума (Search for Extraterrestrial Intelligence – SETI) несомненна, поскольку эта тема уже стала элементом массовой культуры, объектом международного права и курируется 51-ой комиссией МАС. За 38 лет было выполнено свыше 60 экспериментов по SETI, но значимые результаты так и не были получены. Одной из главных причин современного кризиса SETI является чрезмерная популярность классического подхода к проблеме, основанного на устаревших постулатах Коккони-Моррисона [1]:

- единственным средством SETI являются электромагнитные волны;
- внеземные цивилизации (ВЦ) специально посылают нам сигналы;
- эти сигналы узкополосны и повторяются;
- источник сигналов должен быть точечным и практически совпадать по координатам со звездой типа желтый карлик.

Таким поискам свойственны существенные недостатки:

- а) охвачена незначительная доля времени существования Галактики – 38 лет, что позволяет исследовать лишь $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ -часть поискового объема четырехмерного пространства-времени;
- б) игнорируются случайно-перехваченные, повторяющиеся сигналы;
- в) не учитывается возможность широкополосного излучения многочисленных передатчиков и плазмы, контролируемой внеземной цивилизацией (ВЦ);
- г) как правило, поиски относятся лишь к желтым карликам, хотя разумная жизнь способна

создавать искусственную среду обитания для колонизации окрестностей звезд и других типов.

Несмотря на эти недостатки, ведущие современные проекты SETI (Феникс, МЕТА, ВЕТА, SERENDIP) основаны именно на постулатах Коккони-Моррисона. Этот парадокс объясняется не столько научной необходимостью, сколько иными причинами, а именно:

- удобством использования уже существующего радиоастрономического и астрономического оборудования;
- простотой организации SETI-наблюдений параллельно с традиционными радиоспектроскопическими исследованиями межзвездной среды, космических мазеров и поисками оптических вспышек релятивистских объектов;
- заинтересованностью спонсоров (Hewlett-Packard Corporation, Microsoft Corporation, исследовательских учреждений, военных) в создании, испытаниях и рекламе многоканальных спектроанализаторов и процессоров, используемых в классических SETI-экспериментах.

Хотя за последние десятилетия SETI демонстрирует тенденцию расширения поискового диапазона электромагнитного спектра и числа типов исследованных объектов [2], большинство экспериментов фактически остается классическим благодаря ориентации на поиск узкополосных связанных сигналов.

Апологетика классического подхода настолько сильна, что в результате неудач традиционных поисков сигналов ВЦ под сомнение были поставлены не модельные послылки, а существование самих ВЦ. Однако априори невозможно выбрать оптимальную стратегию SETI, так как этот выбор зависит от модели ВЦ, которая пока не открыта.

Конечно, классический подход имеет право на существование, но не на гегемонию. Об опасности этой гегемонии наглядно свидетельствует судьба классического "Микроволнового обзора высоко-го разрешения" (HRMS) НАСА, осуществлявшегося с целью поиска разумной жизни вне Земли. Рекламная переоценка значения поисков радиосигналов и отсутствие значимых результатов привели к неадекватной реакции Конгресса США, прекратившего в 1993 г. финансирование амбициозного проекта. Это оказало негативное воздействие и на другие эксперименты.

Поэтому для вывода SETI из кризиса важное значение имеют разработка и применение новых стратегий поиска [3]. Целью этого обзора является систематическое изложение результатов многолетних исследований автора по данной теме.

Поиск техногенного радиодинамика ВЦ

Имеет смысл искать не только отдельные узкополосные каналы радиосвязи ВЦ, но и утечку широкополосного интегрального радиоизлучения множества излучателей [4]. Такое излучение может сопровождать информационные и производственные процессы, обеспечивающие существование цивилизации. Условие обнаружимости этой утечки (т. е. поток ~ 1 Ян с дистанции 20 пк в диапазоне максимального техногенного радиоизлучения Земли 100–1000 МГц) приводит к оценке полной мощности ВЦ на уровне $\sim 3\%$ мощности Солнца, если коэффициент трансформации энергии в радиоизлучение, как у цивилизаций Земли, равен $3 \cdot 10^{-6}$. Согласно экологическому критерию В. С. Троицкого, такие мощные процессы могли бы осуществляться только вне населенной планетной системы.

Отсюда следует модель ВЦ, достаточно мощной для обнаружения, как *радиоисточник наблюдаемый на разных частотах и заметно смещенный относительно близкого желтого карлика.*

Выполнен поиск таких объектов среди 12141 радиоисточника обзора Молонгло (408 МГц) и 4050 звезд с блеском $V < 6,25^m$ [5]. Выявлено, что число ассоциаций радиоисточников с желтыми карликами (спектры F8V–K0V) на порядок превышает число случайных проекций. Такими ассоциациями являются пары: Molonglo 0328-415 и HD 21899; Molonglo 1132-325 и HD 100623; Molonglo 1948+102 и HD 187691; Molonglo 1949+115 и HD 187923. Поскольку желтые карлики из использованного звездного каталога достаточно близки (< 50 пк), вероятность случайных проекций таких звезд не далее углового смещения R от радиоисточников может быть оценена по биномиальному распределению. Вероятность числа случайных проекций (не меньшего наблюдаемого при данном R) оказывается достаточно малой при различных максимальных смещениях:

0,0003 при $R=130''$ (не менее 4 проекций);

0,002 при $R=120''$ (не менее 3 проекций);

0,009 при $R=90''$ (не менее 2 проекций).

Это свидетельствует в пользу реальности ассоциаций радиоисточников с желтыми карликами. Отсутствие отождествлений вышеупомянутых радиоисточников с объектами известных типов делает их интересными не только для SETI, но также для астрофизики.

Следует подчеркнуть, что в отличие от рассмотренного Н. С. Кардашевым [6] случая широкополосных сигналов межзвездных коммуникаций ВЦ интегральное радиоизлучение множества излучателей должно быть неполяризованным, квазипостоянным по потоку и может исходить от протяженного источника.

Выделенные радиоисточники как кандидаты в следы деятельности ВЦ привлекли внимание экспериментаторов. Однако наблюдения этих объектов проводились в рамках классического SETI с целью поиска мощных узкополосных сигналов, а не континуума радиоспектра с высоким разрешением по времени, что было наиболее важно. Например, группа Ф. Р. Коломба [7] специально исследовала их, но при пороге чувствительности аппаратуры ~ 7800 Ян, что в $\sim 10^4$ раз больше плотности потоков излучения от обсуждаемых радиоисточников. Поэтому отрицательный результат не вызывает удивления. Более интересно предложение И. Алмара и И. Фейша исследовать тонкую структуру этих радиоисточников с помощью космического радиоинтерферометра [8].

Поиск радиоизлучения искусственных магнитосфер

До сих пор было принято искать космические сооружения ВЦ только по их тепловому излучению в инфракрасном диапазоне спектра. Но Р. А. Фрейтас [9] обратил внимание на то, что в гигантских сооружениях (типа сферы Дайсона вокруг звезды) по цепям астрономических размеров могут течь сверхмощные электрические токи. Магнитные поля этих токов, в принципе, обнаружимы по эффекту Зеемана в оптическом спектре звезды. Критерием искусственности такого поля, по Р. А. Фрейтасу, могла бы быть его аномально высокая магнитная индукция ($\sim 10^5$ Гс вместо типичных для солнцеподобных звезд значений $\sim 10^3$ – 10^4 Гс). Но для создания столь протяженного и сильного поля требовалось бы сжечь в термоядерных реакциях массу порядка массы Юпитера, что представляется нереальным. Поэтому данный подход считался бесперспективным.

Однако средствами декаметрового радиоастрономии обнаружимы в десятки тысяч раз более слабые магнитные поля (всего ~ 5 Гс) [10]. Хотя декаметровый диапазон считается совершенно непригодным для поиска излучений ВЦ (из-за высокого уровня фонового радиоизлучения Галактики и обилия земных помех), именно он выглядит особенно привлекательным для поиска ВЦ

по утечке в межзвездное пространство естественного низкочастотного радиоизлучения скоплений искусственных магнитосфер, защищающих обитаемые орбитальные станции от звездного ветра.

Действительно, обитаемые конструкции в космическом пространстве должны быть защищены от ионизирующих излучений центральной звезды. Наиболее простым решением проблемы является создание искусственной магнитосферы вокруг космической станции, например, путем циркуляции электрического тока по сверхпроводящему соленоиду. Взаимодействие межпланетной плазмы с искусственной магнитосферой должно приводить к генерации нетеплового радиоизлучения. Такое низкочастотное радиоизлучение магнитосфер Земли, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна хорошо известно и обычно интерпретируется электронно-циклотронной мазерной неустойчивостью [11]. Поскольку частота генерируемого излучения близка к циклотронной частоте электронов, декаметровому диапазону соответствуют поля в 1-11 Гс, что соизмеримо с магнитными полями планет-гигантов. И если уже поставлен вопрос о поиске низкочастотного радиоизлучения магнитосфер внесолнечных планет [11], логично рассмотреть и случай искусственных магнитосфер, которые могут быть достаточно многочисленными, чтобы обеспечить обнаружимый поток интегрального излучения.

Для демонстрации принципиальной обнаружимости ВЦ таким способом будем считать, что параметры излучающей плазмы и магнитного поля искусственной магнитосферы идентичны тем, которые реализованы в магнитосфере Юпитера. Под такой искусственной магнитосферой можно подразумевать и совокупность множества малых магнитосфер, интегральные размеры и излучение которых соответствуют юпитерианским. Поскольку основным источником энергии декаметрового радиоизлучения Юпитера является солнечный ветер, взаимодействующий с магнитосферой [11], солнцеподобная звезда может питать энергией до $N_{\max} = 4(R_0/R_m)^2 \sim 6 \cdot 10^4$ магнитосфер типа юпитерианской, перекрывающих весь поток звездного ветра (где $R_m \sim 5 \cdot 10^6$ км – характерный радиус магнитопаузы Юпитера [12]). Тогда поток излучения от множества магнитосфер облака космических станций ВЦ ($F_{\text{вц}}$) будет

$$F_{\text{вц}} \leq F_0 N_{\max} (R_0/R_{\text{вц}})^2, \quad (1)$$

где F_0 – плотность потока декаметрового радиоизлучения Юпитера, наблюдаемая на Земле; R_0 – расстояние от Юпитера до Земли; $R_{\text{вц}}$ – расстояние от Земли до ВЦ.

Средний интегральный спектр декаметрового радиоизлучения Юпитера имеет максимум около 10 МГц ($F_0 \approx 3 \cdot 10^6$ Ян при $R_0 = 4,04$ а.е. [13]). На этой частоте порог чувствительности крупнейшей декаметровой антенны УТР-2 в случае регистрации полной мощности на уровне трехкратного превышения сигнала над шумом равен $F_{\min} = 3k_e T_\phi / A_e (\tau \cdot \Delta f)^{1/2} = 1,3$ Ян, где $k_e = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; $T_\phi = 4 \cdot 10^5$ К – температура галактического радиопфона на частоте 10 МГц [14]; $A_e = 4 \cdot 10^4$ м² – эффективная площадь УТР-2 на частоте 10 МГц при приеме излучения из зенита [15]; $\tau = 1000$ с – постоянная времени накопления сигнала; $\Delta f = 10^6$ Гц – принимаемая полоса частот.

Тогда, полагая $F_{\text{вц}} = F_{\min}$, из (1) получаем радиус действия метода поиска ВЦ: $R_{\text{вц}} < 7,3$ пк, что позволяет охватить ~200 звезд. Заметим, что при тех же значениях параметров обнаружение радиоизлучения Юпитера возможно лишь на дистанциях не более 0,03 пк. Это различие может использоваться в качестве предварительного критерия искусственности излучения.

Существуют доводы в пользу возможности более мощного излучения ВЦ, чем оценено выше.

1. Мощность звездного ветра (а соответственно и мощность радиоизлучения магнитосфер) может на порядки превосходить мощность солнечного ветра. Об этом свидетельствует обнаружение непрерывного микроволнового радиоизлучения четырех звезд солнечного типа (G0V – G5V), демонстрирующих на частоте 8,5 ГГц в ~3000 раз большие потоки радиоизлучения, чем Солнце на тех же дистанциях [16]. В рентгеновском диапазоне светимости этих звезд в сотни раз выше солнечной, что также говорит о повышенной плотности релятивистских электронов в их коронах. Важно то, что этими особенностями обладает и одиночная звезда HD 225239 солнечного типа G2V, чей возраст превышает солнечный и оценен в $\sim 10^{10}$ лет.

2. Искусственные магнитосферы могут трансформировать в низкочастотное радиоизлучение не только энергию звездного ветра, но и энергетические отходы технической деятельности ВЦ. Например, пучки плазменных выбросов реактивных двигателей и реакторов, ионизация отходов функционирования космической колонии и техногенные электрические поля способны существенно повысить концентрацию неравновесных электронов, генерирующих декаметровое излучение магнитосферы.

Поэтому полученный выше предел обнаружимости ВЦ является оценкой снизу.

Следовательно, имеет смысл искать ВЦ и как слабые дискретные источники декаметрового радиоизлучения, практически совпадающие по направлению с ближайшими звездами.

Такой поиск был выполнен [17] по результатам Граковского обзора неба на УТР-2 (10+25 МГц) [18-21] и каталогу ближайших звезд [22]. Поскольку спектры циклотронно-мазерного излучения магнитосфер имеют четкую высокочастотную границу, близкую к максимальной циклотронной частоте электронов, рассматривались только такие источники обзора, которые не были отождествлены с источниками более высокочастотных обзоров (т. е. на частотах ≥ 178 МГц). Отбрасывались также радиоисточники, отождествленные с внегалактическими объектами.

В результате было обнаружено, что положение неотождествленного источника GR 0752-01 [19, с. 88] всего на $0,33^\circ$ отличается от положения одиночной звезды №9245 (или HD 64606) [22, с. 44], находящейся на удалении 19 пк от Солнца и имеющей спектр G8V. В работе [19] критерием отождествления радиоисточников принято совпадение координат не хуже $0,65^\circ$ (вероятность отождествления 0,99). Поэтому смещение GR 0752-01 на $0,33^\circ$ от звезды формально отвечает критерию их отождествления. Поток и спектральный индекс радиоизлучения от GR 0752-01 на 16,7 МГц равны 52 ± 5 Ян и $1,16 \pm 0,41$ [19, с. 88], что на частотах наблюдения (12,6-25 МГц) соответствует мощности радиоизлучения с дистанции 19 пк порядка $2,5 \cdot 10^{19}$ Вт ($\sim 3\%$ мощности солнечного ветра [23]).

Однако координаты GR 0752-01 измерены недостаточно точно, чтобы исключить возможность случайной проекции радиоисточника на звезду. Необходимо уточнение координат, например, с помощью декаметрового радиointерферометра УРАН (РИ НАН Украины).

Перехват радиоизлучения зонда

До сих пор радиоастрономические поиски разведывательных зондов ВЦ оставались классическими, ориентируясь на прием повторяющихся связанных сигналов, специально адресованных нам. Однако более вероятной стратегией поведения разведывательного зонда представляется *скрытое* наблюдение за Землей и постоянная передача собранной информации его хозяевам по межзвездному коммуникационному каналу.

Поэтому не исключен случайный перехват неповторяющегося сигнала узкого коммуникационного или радарного радиолуча разведывательного зонда. В этой связи разумно рассмотреть условия успеха поисков такого рода. Получена формула оценки времени наблюдений, необходимого для обнаружения зонда таким способом с вероятностью W_n [24]:

$$t_s = \frac{\tau_p D_e \ln(1 - W_n)}{N_p \ln(1 - D_p^{-1})}, \quad (2)$$

где D_p, D_e – коэффициенты направленного действия антенны соответственно зонда и поисковой системы; $\tau_p \sim 2 (r_p/V_{\perp})(\pi/D_p)^{1/2}$ – характерное время изменения ориентации радиолуча зонда (r_p – расстояние до зонда; V_{\perp} – тангенциальная составляющая геоцентрической скорости зонда); N_p – число зондов ВЦ в зоне поиска.

При принятых параметрах модели ($W_n=0,9$; $N_p=1$; $D_p=10^6$) время поисков имеет приемлемые значения ($t_s \leq 18,7 D_e$ лет) только в случае удаления зонда на расстояние не более 20 радиусов Земли и только при использовании поисковых систем с $D_e \rightarrow 1$. А поиски межпланетных или межзвездных зондов требуют нереально большого времени или нереально большого их числа.

Эти оценки имеют смысл в связи с проектом "Argus" международной организации SETI League, в ходе которого осуществляется классический поиск сигналов ВЦ, но с помощью большого числа небольших радиотелескопов для одновременного мониторинга всего неба [25]. Однако в случае перехвата сигнал следует ожидать не в направлении на какую-нибудь звезду (классический подход), а в антинаправлении. Демонстрацией возможности такого события является предполагаемый сигнал ВЦ, принятый Р. Х. Греем [26] с антинаправления на звезду ρ^1 Спс (G8V; 14 пк). Интересно, что позднее именно у этой звезды было заподозрено существование планеты с массой порядка Юпитера [27].

Археология Луны

Так как за время существования Земли ~ 150 звезд пролетали практически через Солнечную систему (ближе облака Оорта), визиты ВЦ были возможны даже без дискуссии об осуществимости межзвездных полетов. Земля неизбежно привлекла бы внимание исследователей как уникальный объект с кислородной атмосферой – индикатором наличия биосферы. Занимая стратегическое положение в околоземном пространстве, Луна способна играть роль аттрактора и аккумулятора артефактов не только с Земли. Таким образом, Луна является индикатором древних визитов ВЦ в Солнечную систему. И состояние этого индикатора важно выяснить *независимо от результата* [28, 29].

Для этого впервые было рассмотрено движение небольших предметов (1+10 см) на поверхности Луны под действием многочисленных ударов микрометеороидов [30]. Полученные формулы (для оценки времени нахождения предмета на поверхности, его горизонтального перемещения до консервации в грунте, вероятности сохранности предмета при возникновении кратеров) позволили сформулировать основные принципы лунной археологии [31].

Показано, что наблюдения бликоподобных явлений на Луне противоречат скорости разрушения

и заплытения там гипотетических природных зеркальных поверхностей, а также возрасту кратеров, где наблюдались такие феномены [28, 30-32]. С другой стороны, зеркальные поверхности характерны для космической техники, но обсуждаемые "зеркальные отражения" наблюдались в сотнях километрах от мест посадок земных аппаратов. Поэтому бликоподобные феномены в комбинации с наличием оптимальных условий для размещения поста ВЦ для наблюдений за Землей позволяют выбрать перспективные районы для археологической разведки: кратеры Аристарх, Геродот, Гасенди, Малалерт, Стевин, Фурнерий, Море Спокойствия [32].

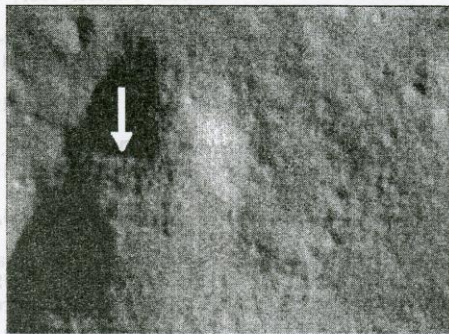


Рис. 1. Пример лунной формации, перспективной для SETI: сложный, прямоугольный, руиноподобный объект на вершине холма (снимок LHD6749R.318 АМС "Clementine"; размеры образования: 800x800 м)

Кроме того, для выбора таких районов был выполнен поиск необычных форм лунного рельефа по материалам съемки полярных областей Луны камерой HIRES космической станции "Clementine" (выборка из 15 тысяч изображений) [29, 33]. Автоматический компьютерный поиск при использовании фрактального и прямоугольного тестов позволил выявить в малоисследованном диапазоне размеров (10+5000 м) формации неописанных ранее типов: редкие, замкнутые, регулярные скопления прямоугольных валов и депрессий (рис. 1). Эти находки интересны не только с точки зрения геологии Луны. Сходные структуры заурядны в практике воздушной археологии Земли и при проектировании подповерхностных сооружений лунной базы. Поэтому если ставить задачу археологической разведки Луны, то осуществлять такую разведку разумно в районах формаций, демонстрирующих внешнее сходство с искусственными сооружениями Земли.

Эта стратегия не зависит от коммуникабельности ВЦ и способна охватить до 4 млрд. лет вместо 40 лет классического SETI. Ее разработка весьма

актуальна в свете планов NASA, ESA и NASDA по исследованию и колонизации Луны.

Поиск чужих артефактов на Земле

Существует стратегия, которая вовсе не зависит от коммуникабельности и визитов ВЦ в Солнечную систему. Речь идет о поиске космического мусора, который способен спонтанно просачиваться в межзвездное пространство и случайно выпадать на поверхность Земли. Для иллюстрации этой возможности вычислены методами сфер действия и Монте-Карло вероятность Ω (рис. 2), и

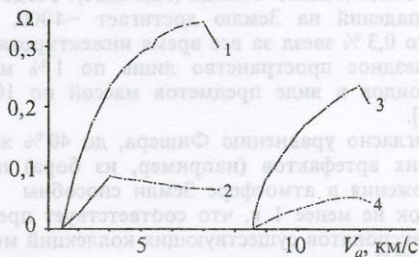


Рис. 2. Зависимость доли межпланетных артефактов, покидающих систему Солнце-Юпитер, от начальной скорости космического мусора относительно инжектора – пояса астероидов (граничные кривые: 1 – инжекция в орбитальную плоскость; 2 – инжекция во все направления) или Земли (кривые: 3 – плоская инжекция, 4 – трехмерная инжекция). Начальные орбитальные скорости предметов были ниже параболической скорости

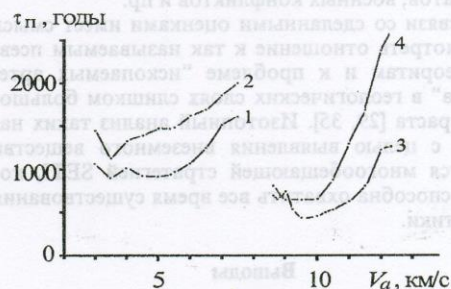


Рис. 3. Характерное время просачивания космического мусора в межзвездное пространство согласно аппроксимации $N=N_0[1-\exp(-t/\tau_n)]$, где N – число артефактов, разогнанных до гиперболических скоростей в момент времени t ; N_0 – максимальное число артефактов, выбрасываемых из системы. Обозначения кривых те же, что и на рис. 2

характерное время $\tau_{\text{г}}$, (рис. 3) гравитационного выброса космического мусора из системы Солнце-Юпитер в двух предельных случаях:

а) инъекция мусора осуществляется только в плоскости орбиты Юпитера из пояса астероидов ($a=2,7$ а. е.) или с орбиты Земли ($a=1,0$ а. е.);

б) инъекция осуществляется во всех направлениях с равной вероятностью.

Таким образом, рассмотренный механизм способен обеспечить спонтанную утечку в межзвездную среду значительной доли межпланетных артефактов за относительно небольшое время.

Для оценки частоты падений артефактов на Землю принято, что межзвездные артефакты движутся в случайных направлениях со скоростью равной среднеквадратичной скорости близких звезд относительно Солнца (32,5 км/с). Тогда число падений на Землю достигает ~4000, если только 0,3% звезд за все время инжектировали в межзвездное пространство лишь по 1% массы астероидов в виде предметов массой по 100 г. [29,34].

Согласно уравнению Фишера, до 40% жаростойких артефактов (например, из бора) после торможения в атмосфере Земли способны дать остаток не менее 1 г, что соответствует пределу масс экспонатов существующих коллекций метеоритов [35].

Конечно, параметры рассмотренной модели произвольны, но *возможны*. Поэтому находки внеземных артефактов на Земле возможны, даже если визитов ВЦ в Солнечную систему никогда не было. Вероятность находок на Земле чужих артефактов повышается, если в Солнечной системе космический мусор инжектировался космическими аппаратами не только с Земли [29]. Как свидетельствует практика деятельности в космическом пространстве, загрязнение космоса неизбежно хотя бы из-за реактивного движения, аварий, спонтанных взрывов и столкновений космических аппаратов, военных конфликтов и пр.

В связи со сделанными оценками имеет смысл пересмотреть отношение к так называемым псевдометеоритам и к проблеме "ископаемых артефактов" в геологических слоях слишком большого возраста [29, 35]. Изотопный анализ таких находок с целью выявления внеземного вещества является многообещающей стратегией SETI, которая способна охватить все время существования Галактики.

Выводы

Существуют перспективные альтернативы классическому SETI. Новые стратегии поиска, обладают следующими преимуществами:

- не зависят от коммуникабельности ВЦ;
- охватывают несоизмеримо больший интервал времени чем классическое SETI (поиски артефактов ВЦ на Луне и Земле);

- дают обнадеживающие предварительные результаты;

- относительно дешевы и могут осуществляться уже существующими средствами и на основе результатов других экспериментов (например, по материалам орбитального картирования Луны, или в ходе рутинного сбора метеоритов).

Применение предложенных стратегий способно вывести SETI из кризиса.

Автор выражает глубокую благодарность академику НАН Украины Л. Н. Литвиненко за инициирование и поддержку этих исследований.

Литература

1. G. Cocconi and Ph. Morrison. Nature. 1959, **184**, No. 4690, pp. 844-846.
2. А. В. Архипов. Вісн. АН України. 1991, №11, с. 20-28.
3. А. В. Архипов. The Observatory. 1993, **113**, No. 1117, pp. 306-307.
4. А. В. Архипов. Астрономический циркуляр. 1987, №1494, с. 6-8.
5. А. В. Архипов. In: Bioastronomy – The Next Steps. Ed. G. Marx. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988, pp. 337-342.
6. Н. С. Кардашев. Астрономический журнал. 1964, **41**, №2, с. 282-287.
7. F. R. Colomb, E. Hurrell, J. C. Olalde, G. A. Lemarchand. In: Third Decennial US-USSR Conference on SETI, Ed.: G. S. Shostak (ASP Conference Series, V. 47). San Francisco: ASP, 1993, pp. 279-288.
8. I. Almar, I. Fejes. In: 45th IAF Congress. Abstracts. Jerusalem, IAF, 1994 (Перевод см.: Бюллетень НКЦ SETI. 1995, №6, с. 25-26).
9. R. A. Freitas. J. Brit. Interplanet. Soc. 1985, **38**, No. 3, pp. 106-112.
10. L. N. Litvinenko, A. V. Arkhipov. In: Third Decennial US-USSR Conference on SETI. Ed.: G. S. Shostak. San Francisco, ASP, 1993, pp. 19-24.
11. A. Lecacheux. In: Bioastronomy. The Search for Extraterrestrial Life – The Exploration Broadens. Eds.: J. Heidmann and M. J. Klein. Berlin, Springer-Verlag, 1991, pp. 21-30.
12. F. L. Scarf et al. Vistas in Astronomy. 1982, **25**, No. 3, pp. 263-314.
13. T. D. Carr, M. D. Desch, J. K. Alexander. In: Physics of the Jovian magnetosphere. Ed. A. J. Dessler. Cambridge, Cambridge University Press, 1983, pp. 226-284.
14. Ю. С. Коробков. Известия вузов. Радиофизика. 1964, **7**, № 5, с. 982-984.
15. С. Я. Брауде и др. Препринт ИРЭ АН Украины. Харьков, 1976, № 61, 56 с.
16. M. Güdel, J. H. Schmitt, A. O. Benz. Science. 1994, **265**, No. 5174, pp. 933-935.
17. А. В. Архипов. В сб.: Международная конференция "100-летие начала использования электромагнитных волн для передачи сообщений и зарождения радиотехники". Тезисы докладов. Часть II. Москва, Радиотехника, 1995, с. 204-205.
18. S. Ya. Braude et al. Astrophysics and Space Science. 1978, **54**, No. 1, pp. 37-128.
19. S. Ya. Braude et al. Astrophysics and Space Science. 1979, **64**, No. 1, pp. 73-126.
20. С. Я. Брауде и др. Препринт ИРЭ АН Украины. Харьков, 1980, № 147, 52 с.

21. С. Я. Брауде и др. Препринт ИРЭ АН Украины. Харьков, 1984, № 252, 43 с.
22. R. Woolley et al. Royal Observatory Annals. No. 5. Herstmonceux, Royal Greenwich Observatory, 1970, 227 p.
23. М. А. Лившиц. В сб.: Физика космоса. Под ред. С. Б. Пикельнера. Москва, Сов. энциклопедия, 1976, с. 555-558.
24. A. V. Arkhipov. In: Bioastronomy. The Search for Extraterrestrial Life – The Exploration Broadens. Eds.: J. Heidmann and M. J. Klein. Berlin, Springer-Verlag, 1991, pp. 244-246.
25. Ph. Chien. Popular Mechanics. 1996, No. 6, pp. 62-63.
26. R. H. Gray. Sky and Telescope. 1985, 69, No. 4, pp. 354-356.
27. R. P. Butler et al. The Astrophysical Journal. 1997, 474, No. 2, Pt. 2, pp. L115-L118.
28. A. V. Arkhipov, F. G. Graham. In: SETI in the Optical Spectrum II, Ed. S. A. Kingsley, G. A. Lemarchand. SPIE Proceedings. V. 2704. Washington, SPIE, 1996, pp. 150-154.
29. A. V. Arkhipov. J. Brit. Interplanet. Soc. 1998, 51, pp. 181-184.
30. А. В. Архипов. Астрономический вестник. 1994, 28, № 4-5, с. 211-214.
31. A. V. Arkhipov. Spaceflight. 1995, 37, No. 6, p. 214.
32. А. В. Архипов. Препринт РИ АН Украины. Харьков, 1994, №70, 48 с.
33. A. V. Arkhipov. Meta Research Bulletin. 1997, 6, No. 3, pp. 33-35.
34. A. V. Arkhipov. The Observatory. 1996, 116, No. 1132, pp. 175-176.
35. A. V. Arkhipov. Astrophysics and Space Science. 1997, 252, No.1, pp. 67-71.

New Approaches to Problem of Search of Extraterrestrial Intelligence

A. V. Arkhipov

The author's results on elaboration of new radio-astronomical strategies of search of extraterrestrial intelligence (SETI) are reviewed. They do not depend on the ETI communicability. Their using leads to the selection of radio sources, which are interesting for astrophysics too. The necessity of an archaeological reconnaissance of the Moon is justified. It is shown that finding of extraterrestrial artefacts (artificial subjects) is possible on the Earth, even if visits of extraterrestrials to the Solar system were not realised. These new approaches could increase the SETI efficiency and overcome its crisis.