

УДК 629.78

ПРОГНОЗЫ ЦИОЛКОВСКОГО ОСУЩЕСТВИТЬ НЕВОЗМОЖНО

© Б.З. Винокуров, Е.Б. Винокуров

Vinokurov B.Z., Vinokurov E.B. Tsiolkovsky's forecasts are unrealisable. The search strategy of extraterrestrial civilisations is based on three postulates: all that is not restricted by the laws of physics can be realised; every civilisation will inevitably reach a level of development when the unlimited speed of power regeneration is possible; once appeared, reasonable life will spread in the Universe. The analysis of natural, power and economic resources of the Earth shows the unrealisable character of such a decision. On the basis of the evolution principle, this conclusion is applicable to any other civilisation, if only they exist in the Universe.

Вся стратегия поиска Внеземных Цивилизаций (В. Ц.) основывается на признании трех постулатов:

1. Все, что не запрещено физическими законами, может быть осуществлено.

2. Цивилизация неминуемо достигнет уровня, при котором возможна неограниченная скорость воспроизводства энергии.

3. Раз возникнув, разумная жизнь неминуемо распространится во Вселенной.

В соответствии с этим, академик Н.С. Кардашев предлагает такую классификацию возможных В. Ц.:

I. Цивилизации, вышедшие на уровень энергопотребления в масштабах своей планеты, то есть потребляющие 10^{17} Вт.

II. Цивилизации, вышедшие на уровень энергопотребления в масштабах своей звезды, то есть на уровень потребления 10^{26} Вт.

III. Достигшие уровня потребления в масштабе всей Галактики: 10^{37} Вт.

На Земле воспроизводство энергии в настоящее время составляет 10^{13} Вт, распределенное при том весьма неравномерно: 80 % ее приходится на 1 миллиард населения технически развитых стран, остальные 5 миллиардов довольствуются остатком. В США потребление приближается к 10^5 Вт/человек, тогда как в Нигерии оно менее 100 Вт/человек. Уже одно это показывает, что к физическим законам, обуславливающим энергопотребление, необходимо присоединить и социальные, а возможно и политические, и, уж конечно, экономические соображения.

Нам известна только одна цивилизация - земная, весьма далекая от уровня цивилизации даже I рода, но, в соответствии с принципом эволюции, любая В. Ц. должна была пройти через состояние, аналогичное земному.

Рассмотрим возможности превращения существующей в настоящее время нашей цивилизации в цивилизацию высшего уровня.

Каковы истоки декларации об обязательной экспансии человечества в мировое пространство? Не следует смешивать научный поиск, который сопровождается посылкой автоматических, а затем и населенных, но немногочисленных, станций на небесные тела, с прагматической необходимостью расселения избыточного населения Земли, а именно этот аспект и является

главным в идее экспансии. Осуществимо ли это? За 25 лет, с 1965 по 1990 год, население Земли увеличилось на 2 миллиарда человек, к 2015 году оно составит 8 миллиардов, а к середине XXI столетия, возможно, достигнет предельной величины в 10 - 15 миллиардов.

Таким образом, уже в ближайшие десятилетия возникнет необходимость весь прирост населения, в 10^8 человек в год, отправлять в космос. Пока что запуск одного килограмма обходится в 10 тысяч долларов, что составит для 100 миллионов человек 10^{14} долларов. Весь совокупный продукт, производимый человечеством за год, меньше этой величины.

Быстро увеличить энергопроизводство не представляется возможным, пока что проектируется удвоение его к 2015 году.

Расселение потребует запуска миллионов ракет в год, такой нагрузки природа не выдержит! Остается одно: в ближайшие 50 лет человечество, для того чтобы выжить, обязано выработать механизм стабилизации населения, а это полностью снимает проблему расселения.

Человечество останется на Земле, и только на Земле! Немногие научные станции могут быть размещены на Луне и Марсе, возможно, на некоторых астероидах, остальные планеты для нас недоступны: слишком высокие температуры на их твердой поверхности.

Рассмотрим подробнее тезис о неограниченной скорости воспроизводства энергии.

Источником тепла, обеспечивающего существование жизни на Земле, является энергия Солнца. Приходящая на Землю мощность составляет 10^{17} Вт ($1,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$). Переизлучаясь в космическое пространство, она обеспечивает тепловой баланс на Земле, которому соответствует температура 280 К.

Человечество, используя ископаемые энергоносители, энергию атома и Солнца (в виде гидроэнергии), воспроизводит энергию мощностью в 10^{13} Вт. Эта энергия, в конечном счете, также излучается в космос, не создавая заметного нагревания Земли (парниковый эффект обусловлен иными причинами). Но если производимую мощность увеличить в 100 раз (10^{15} Вт), то есть довести до 1 % всей доставляемой Солнцем энергии, температура возрастет на 3-4 К, что приведет к необратимому уничтожению полярных льдов и, тем самым, к поднятию уровня мирового океана на 50 -

75 метров. Затопленными окажутся все приморские города и наиболее густо заселенные устья рек. Потери, связанные с подобной глобальной катастрофой, многократно перекроют те проблематичные выгоды, которые могут быть получены от увеличения энергопроизводства. Не решает вопроса и вынос энергопроизводителей за пределы планеты - потреблять энергию мы будем на Земле. Даже осуществив управляемый термоядерный синтез, а запасы дейтерия действительно безграничны, мы не можем превысить порог в 10^{15} Вт.

Можно, конечно, представить себе фабрики, работающие на Луне и Марсе, готовую продукцию которых (не энергию!) мы перевезем затем на Землю, но мы уже оценили стоимость подобного проекта, неприемлемую для Земли.

Существует возможность производства энергии без дополнительного нагревания Земли: непосредственное использование солнечной энергии. Но при всей своей экологической привлекательности она обладает существенным недостатком: слишком мала ее объемная плотность в окрестностях Земли (10^{-5} Дж·м⁻³, тогда как для бензина - 10^{10} Дж·м⁻³). Собирать солнечную энергию придется с большой площади, создавая при этом громоздкие конструкции.

Современные солнечные батареи при КПД = 15 %, дают 200 Вт с одного квадратного метра при массе такого элемента в 1 кг. Стоимость производства элементов пока составляет 100 долл./Вт. Даже при столетнем удешевлении в будущем, стоимость проекта равна 10^{15} долларов - строительство растянется на столетия, если не на тысячелетия. Даже покрыв всю сушу, что бессмысленно, мы получим всего 10^{16} Вт, то есть 10 % энергии, посылаемой солнцем.

Выйти в космос и создать "сферу Дайсона", то есть соорудить десятки тысяч планет, обращающихся вокруг Солнца, земляне не в состоянии. Но и создав ее, мы не могли бы превысить уровень 10^{16} Вт для каждой из планет, а так как при этом население многократно увеличится, душевое потребление останется все на том же уровне $\sim 10^5$ Вт/человек, что явно недостаточно для выхода в состояние цивилизации I рода.

Но и выйдя на уровень такой цивилизации, земляне не в состоянии освоить далекий космос. Расстояния между звездами столь велики, что посещение их планетных систем возможно лишь при достижении субсветовой скорости ($\beta > 0,999$), ибо только в этом случае, используя релятивистский эффект замедления времени, можно достичь объекта за время жизни космонавта. Проекты с замораживанием или превращением существа в кристаллическую форму оставим на совести фантастов. Для человечества такой исследователь будет практически потерян, ибо возвратиться он может лишь по прошествии сотен и даже тысяч лет, и все только за тем, чтобы сообщить о бесплодности своих поисков, так как сам поиск носил случайный характер. Выказан проект построения телескопа с диаметром зеркала в один световой год, что позволило бы подробно изучать окрестности любой звезды в ближайших галактиках - для Земли такой проект лишен малейшей реальности.

Оценим возможности полета к одной из звезд Местной системы, отстоящей от нас на 12 световых лет. Будем рассматривать скорости не более чем на 1 % отличающиеся от световой, только при таких скоростях можно получить приемлемый выигрыш во времени.

Достичь таких скоростей можно лишь при условии, что скорость истечения продуктов сгорания будет сравнима со световой, или равна ей, то есть ракета должна быть фотонной. В реакторе ее происходит аннигиляция частиц вещества и антивещества (сейчас получаемого единичными атомами). Возникающие при реакции гамма-кванты параболическим зеркалом отбрасываются назад, сила светового давления на зеркало и образует силу тяги. Наиболее важным этапом в движении ракеты является ее разгон до субсветовой скорости. Положим, что ускорение ракеты g постоянно и равно $g_0 = 9,81$ м/с² - естественное значение для человека и предполагаемых гуманоидов. Впрочем, изменение ускорения в несколько раз существенно не изменит окончательных результатов.

Параметром, определяющим движение, служит

$\beta = \frac{v}{c}$. При инерциальном движении $\beta = \text{const}$, в нашем случае $\beta = \beta(t)$; $\beta = \beta(T)$, где X, T - координаты и время лабораторного, неподвижного (земного) наблюдателя, x, t - движущегося (космонавта).

Введем параметр $\theta(t) = \ln \sqrt{\frac{1+\beta(t)}{1-\beta(t)}}$, тогда, используя преобразование специальной теории относительности, $\theta(t) = \frac{g_0}{c} t$, где t - время разгона ракеты до значения $v = c\beta(t)$ по часам космонавта.

По случайному совпадению, $\frac{c}{g_0} = 3,057 \cdot 10^7$ секунд, тогда как один год составляет $3,156 \cdot 10^7$ секунд, поэтому можно считать, что θ равно числу лет, по часам космонавта, необходимых для разгона ракеты (при постоянном $g = g_0$) до скорости $v(t) = c\beta(t)$. Тогда, соответственно, $\frac{c^2}{g_0}(\gamma - 1)$ - число световых лет, пройденных ракетой при разгоне до конечной скорости.

$$v(T) = \frac{g_0 T}{\sqrt{1 + (\frac{g_0 T}{c})^2}}; T = \frac{v(T)}{g_0} \gamma; X(T) = \frac{c^2}{g_0} (\gamma - 1).$$

Расход горючего, потребного для разгона ракеты, задается формулой:

$$\frac{M_{\text{нач}}}{M_{\text{конечн}}} = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$$

Положим $\beta = 0,99$. При свободном полете это приводит к релятивистскому выигрышу во времени $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0,99^2}} = 7$, то есть перелет на расстояние, для

которого свету потребуется 12 лет (по часам неподвижного наблюдателя), для космонавта составит 1,7 года (по его часам). Но необходимо еще разогнать ра-

кету, для чего потребуется θ лет: $\theta = \ln \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$; $\theta = 2,65$. Для неподвижного наблюдателя пройдет

$T_{\text{лет}} = \frac{\beta c}{g_0} \gamma = 7$ - семь лет. Расстояние, пройденное при этом космонавтом (для неподвижного наблюдателя), составит $X = \frac{c^2}{g_0} (\gamma - 1) = 6$ - шесть световых лет (половина пути).

Включив тормозящий импульс g_0 , космонавт еще через 2,65 года, по своим часам, остановится у цели, затратив на полет 5,3 года. Для лабораторного наблюдателя время полета составит 14 лет.

Таким образом, весь полет туда и обратно для космонавта займет 10,6 года, для земного наблюдателя - 28 лет. $\frac{M_{\text{нач}}}{M_{\text{конечн}}} = 14$.

Полученные результаты, если остановиться только на них, имеют вполне приемлемые величины.

При полете к звезде и возвращении на Землю космонавт четыре раза включал двигатель для разгона и последующего торможения, так что для всего полета

$$\frac{M_{\text{нач}}}{M_{\text{конечн}}} = 14^4 = 4 \cdot 10^4.$$

Если положить массу возвращаемой на Землю оболочки ракеты, равной 100 тоннам, то на старте $M_{\text{нач}} = 4 \cdot 10^6$ тонн, из них $2 \cdot 10^6$ тонн вещества и столько же антивещества. Превращение вещества в антивещество потребует затрат энергии $\epsilon = m \cdot c^2$, $\epsilon = 10^{26}$ Дж. Современному человечеству для производства такого объема энергии потребуется миллион лет!

При диаметре 100 м высота ракеты составит 500 м. Сила тяги на старте $F = M_{\text{нач}} \cdot g_0 = 4 \cdot 10^{10}$ Н, при площади отражающего зеркала в 1 кв. км давление составит $p = 4 \cdot 10^4$ Па. Давление излучения равно объемной плотности энергии потока: $p = w$; $w = \sigma' T_{\text{изл.}}^4$, где $\sigma' = 7,6 \cdot 10^{-16}$ Дж·м⁻³·К⁻⁴, откуда $T_{\text{изл.}} = 85 \cdot 10^3$ К.

Построить твердое зеркало, выдерживающее такую температуру, невозможно. Для изготовления магнитной защиты потребуется дополнительная энергия, да и нет никаких предположений на этот счет.

Мощность излучения зеркала, то есть реактора, в котором происходит реакция, $\Phi = SE$, где $E = \sigma T_{\text{изл.}}^4$.

$$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}; \Phi = 10^{18} \text{ Вт}$$

(в десять раз превышает мощность солнечного излучения, падающего на Землю).

Если представить реактор в виде шара диаметром в 50 м, то и тогда мощность излучения, производимая

каждым кубическим метром, составит 10^{10} кВт·м⁻³ (в центре Солнца производится 1 кВт·м⁻³). Нигде во Вселенной подобные процессы не происходят, разве что при вспышке Сверхновой.

Итак, малосодержательный перелет даже к ближайшим звездам сопряжен со столь большими материальными затратами и техническими трудностями, что осуществлен быть не может.

Непреодолимое ограничение на межзвездные перелеты вносит наличие в мировом пространстве диффузной материи, средняя плотность которой составляет 1 атом·см⁻³. За одну секунду с ракетой столкнется 10^{18} атомов, что равноценно источнику радиации интенсивностью в сотни миллионов кюри, тогда как санитарные нормы допускают 10 Ки·км⁻²! Можно попытаться "разметать" этот газ мощным световым потоком, посылаемым вперед, но совершенно неясно, как это скажется на общей тяге.

Следует отметить еще одно, возможно не принципиальное, но также затрудняющее полет явление - абберацию света. В обычных условиях постоянная абберации равна 20", но в ультрарелятивистском варианте пользуются формулой:

$$\text{tg} \frac{\alpha'}{2} = \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

при $\beta = 0,99$ вся передняя половина небосвода стянется в кружок радиусом 8° с центром в апексе движения. Как можно осуществить ориентацию в пространстве при таких условиях?

Итак, далекие перелеты едва ли осуществимы, ибо требуют слишком высоких затрат (скорее всего непреодолимых физически) при незначительной научной и практической отдаче. Может быть, потому и молчит космос? Даже если и есть иные цивилизации, они или не в состоянии послать мощный сигнал, как мы, земляне, или, став старше и мудрее, осознали бесперспективность такого действия, требующего к тому же значительных материальных затрат. В любом случае, практически мы одиноки во Вселенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1973.
2. Межзвездная связь. М.: Мир, 1965.
3. Проблема поиска жизни во Вселенной. М.: Наука, 1986.

Поступила в редакцию 14 сентября 1998 г.