

Научно-исследовательская работа

Астрономия

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ДРЕЙКА,
ЕГО РАЗВИТИЕ И ОЦЕНКА**

Выполнил

Котчуров Степан Дмитриевич,

учащийся 7 класса, МАУ ДО «ДПШ»,

г. Челябинск

Папулова Наталика Владимировна,

научный руководитель,

педагог дополнительного образования

МАУ ДО «ДПШ»,

г. Челябинск

Содержание	Стр.
Введение	1
1. Уравнение Дрейка	2
1.1. Количество звезд, образующихся в год в нашей Галактике	3
1.2. Доля звезд, обладающих планетами	4
1.3. Среднее количество планет и спутников с подходящими условиями для зарождения цивилизации	4
1.4. Вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями	6
1.5. Вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь. Отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь. Время жизни такой цивилизации.	7
2. Развитие уравнения Дрейка	10
2.1. «Археологическая форма» уравнения Дрейка	10
2.2. Дункан Форган «Численная модель гипотезы о внеземной жизни и разуме»	11
2.3. Адам Франк и Вудруф Салливан «Как часто в истории Вселенной эволюция приводила к появлению существ с развитыми технологиями?»	12
3. Радиоволны для связи	13
Заключение	15
Список литературы	16
Приложение А	18
Приложение Б	21
Приложение В	25

Введение

В ноябре 1961 года несколько ученых - участников конференции, проходившей в Грин-Бэнке, штат Вирджиния, США, обсуждали статью, написанную физиками Филипом Моррисоном и Джузеппе Коккони. Они спорили, могут ли ученые обнаружить радиосигналы, посылаемые внеземными цивилизациями. Если где-то во Вселенной существует хоть одна внеземная цивилизация, ищущая контакт с землянами, она, вероятно, посылает нам радиосигналы, и нам лишь нужно их поймать, рассуждали они. Как результат спора была сформулирована задача: оценить вероятное число внеземных цивилизаций, готовых вступить в контакт с земной цивилизацией. Уже на следующий день ответ в виде формулы предложил американский радиоастроном Фрэнк Дональд Дрейк. Но с тех пор прошло много лет. Появились новые теории, техника шагнула вперед, началась космическая эра человечества. Что же мы сейчас можем уточнить в формуле Дрейка, ведь почти все члены, входящие в нее, вероятностные.

Актуальность выбранной темы напрямую связана с интересом человека к вопросам возникновения жизни и ее продолжительности, в частности, на Земле.

Цель работы: рассмотреть уравнение Дрейка с учетом современных научных данных.

Для этого поставлены следующие задачи:

- проанализировать актуальные данные для уточнения членов уравнения,
- обобщить методы сбора данной информации.

Объект исследования: уравнение Дрейка.

Предмет исследования: изменение оценки факторов, влияющих на определение числа внеземных цивилизаций в Галактике, способных вступить в контакт.

Гипотеза: современные научные данные позволяют точно рассчитать число внеземных цивилизаций в Галактике, способных вступить в контакт.

1. Уравнение Дрейка

Так выглядело уравнение, предложенное американским радиоастрономом Фрэнком Дональдом Дрейком (Рисунок А.1),

$N=R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$, где

N — количество разумных цивилизаций, готовых вступить в контакт;

R — количество звезд, образующихся в год в нашей галактике;

f_p — доля звезд, обладающих планетами;

n_e — среднее количество планет и спутников с подходящими условиями для зарождения цивилизации;

f_l — вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями;

f_i — вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь;

f_c — отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь;

L — время жизни такой цивилизации; время, в течение которого цивилизация существует, способна вступить в контакт и хочет вступить в контакт.

Уравнение Дрейка (формула Дрейка) — формула, предназначенная для определения числа внеземных цивилизаций в Галактике, с которыми у человечества есть шанс вступить в контакт.

Дрейк использовал для семи параметров оценки следующие значения: 10 звёзд образуется в год ($R = 10$); половина звезд имеет планеты ($f_p = 0,5$); в среднем 2 планеты в системе пригодны для жизни ($n_e = 2$); если жизнь возможна, она обязательно возникнет ($f_l = 1$); с вероятностью 1% она разовьется до разумной ($f_i = 0,01$); 1% цивилизаций может и хочет установить контакт ($f_c = 0,01$); такая цивилизация, в среднем, существует 10000 лет ($L = 10000$).

В итоге им было получено: $N = 10 * 0,5 * 2 * 1 * 0,01 * 0,01 * 10000 = 10$ (разумных цивилизаций, готовых вступить в контакт).

Некоторые параметры известны сейчас более точно, но большинство - пока еще приблизительны.

Разные ученые по-разному оценивают число цивилизаций в Галактике: от одной до миллиарда. На момент конференции в Грин-Бэнке единственным относительно известным числом было число ежегодно образующихся звезд R . Что касается других чисел, то к планетам земного типа (не) даже в нашей Солнечной системе можно было отнести от одного (только Земля) до пяти (Венера, Земля, Марс и по одному из крупных спутников Юпитера и Сатурна) космических объектов планетарного типа. При оптимистичных прогнозах получалось, что в Галактике существуют миллионы технологически развитых цивилизаций (N).

Попробуем уточнить все значения, используя последние научные данные.

1.1. Количество звезд, образующихся в год в нашей Галактике

Для начала процесса образования звёзд из межзвёздных газопылевых туманностей в галактиках требуется наличие в космосе вещества, которое находится по разным причинам в состоянии гравитационной неустойчивости. Например, запустить такой процесс могут близкие от облака взрывы сверхновых, близость к массивным звёздам с интенсивным излучением и наличие внешних магнитных полей, таких, как магнитное поле Млечного Пути. Звездообразование носит характер «локальных вспышек» (Рисунок А.2). Время «вспышки» непродолжительно, порядка нескольких миллионов лет, масштаб — до сотен парсек [26]. Суммарную массу возникающих звёзд в один год называют темпом звездообразования.

Однако само постоянство скорости звездообразования в галактическом диске в последнее время подвергается сомнению.

Как часто в нашей галактике образуются новые звезды, занимало исследователей многие годы. Алюминий-26 - это элемент, который испускает

гамма-излучение за счет распада (Рисунок А.3), позволяя астрономам определять свое местоположение в нашей Галактике. Этот элемент известен своей относительно короткой продолжительностью жизни, которая затухает примерно через 720 тысяч лет, по сравнению со временем жизни массивных звезд. Это означает, что ученые могут использовать карты гамма-излучения галактики, наблюдаемые космическими телескопами, с точки зрения звездообразования (Рисунок А.4). Данные карт помогли выяснить, что ежегодно в галактике рождается 7 новых звезд и примерно два раза за сто лет крупная звезда взрывается, образуя сверхновую [20].

1.2. Доля звезд, обладающих планетами

На сегодняшний момент учёные обладают знанием о существовании 200-400 миллиардов звезд в нашей Галактике.

В последние годы исследователям стало ясно, что планетные системы могут формироваться только у звезд второго и более поколений, вещество которых содержит заметную долю тяжелых элементов.

Устойчивые планетные орбиты должны быть у одиночных звезд поздних спектральных классов с малой скоростью вращения; такие звезды составляют очень малую долю населения Галактики [21].

Согласно последним исследованиям, как минимум 30 % звёзд солнечного типа имеют планеты, а учитывая то, что обнаруживаются только крупные планеты, эту оценку можно считать заниженной. Инфракрасные исследования пылевых дисков вокруг молодых звёзд предполагают, что 20-60 % звёзд солнечного типа могут сформировать планеты, подобные Земле [20].

1.3. Среднее количество планет и спутников с подходящими условиями для зарождения цивилизации

На сентябрь 2019 года достоверно подтверждено существование 4118 экзопланет в 3063 планетных системах, из которых в 669 имеется более одной планеты. Следует отметить, что количество «надёжных кандидатов» в экзопланеты значительно больше. Так, по проекту «Кеплер» на март 2019 года

числилось ещё 2423 «надёжных кандидатов», однако для получения ими статуса подтверждённых планет требуется их повторная регистрация с помощью наземных телескопов. Примерно 1.5-2 процента звезд типа Солнца имеют планеты типа Земли в зоне обитания [23].

Общее количество экзопланет в галактике Млечный Путь в настоящее время оценивается не менее чем в 100 миллиардов, из которых примерно от 5 до 20 миллиардов, возможно, являются «землеподобными». Можно предположить, что жизнь на них может быть аналогичной земным экстремофилам (бактериям и колониям, встречающимся на Земле в экстремальных условиях - озерах с серной кислотой, пещерах с предельным значением CO_2 , на глубине в 10000 метров).

В настоящее время большая часть из найденных планет, слишком массивные и вращаются по орбитам очень близко к своим звездам (такие планеты называются "горячий Юпитер"), но, если улучшить методы обнаружения, будут найдены планеты другого размера и с более подходящими орбитами.

Эти данные появились благодаря исследованию экзопланет с помощью космического телескопа НАСА «Кеплер» (Рисунок А.5) и других средств наблюдения. Ученые рассматривают зону обитаемости как способ ограничения списка планет-кандидатов в поисках признаков жизни на них в будущем [23].

Американский астроном Джеффри Марси отмечает, что большинство обнаруженных планет имеют сильно эксцентричные орбиты [20], либо проходят слишком близко к звезде. Известны, однако, системы, имеющие звезду солнечного типа и планеты с благоприятными орбитами (HD 70642, HD 154345, или Глизе 849). У этих звезд могут быть планеты земного типа в пригодной для жизни области, которые пока не обнаружены вследствие малого размера. Также утверждается, что для возникновения жизни не

требуется солнцеподобная звезда или планета, похожая на Землю — Глизе 581 d также может быть обитаема [20] (Таблица А.2).

Даже для планеты в обитаемой зоне возникновение жизни может быть неосуществимым из-за отсутствия некоторых химических элементов. Кроме того, существует гипотеза уникальной Земли, утверждающая, что сочетание всех необходимых факторов крайне маловероятно, и, возможно, Земля — уникальна. Тогда n_e считается крайне малой величиной [20].

Этим пунктом заканчивается новая численная оценка членов уравнения Дрейка. Вероятностный характер остальных членов остается неизменным.

1.4. Вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями.

Самым широким определением понятия жизнь является определение ее как активной формы существования материи. Существуют теории, доказывающие, что жизнь может принимать отличные от земной формы. Однако, основной подход, использующийся в астробиологии при построении стратегий поиска жизни на других планетах, состоит из двух этапов:

1) Изучение возникновения жизни на Земле:

- данные о геологической жизни планеты, о вулканизме, тектонике и магнитном поле;
- данные об истории климата и того, что регулирует его;
- представления об устройстве жизни, о ДНК, клетках и границах выживания живых организмов;
- данные о происхождении живых организмов и их эволюции.

2) Сравнение данных о жизни на Земле с астрономическими наблюдениями и теориями, и целенаправленный поиск:

- поиск жизнепригодных экзопланет;
- построение теорий образования сложных молекул, из которых впоследствии могла зародиться жизнь;

- изучение Солнечной системы и соотнесение полученных данных с данными об экстрасолнечных системах.

В 2002 г. Чарльз Лайнвивер и Тамара Дэвис оценили f_l как > 0.13 для планет с более чем миллиардом лет истории на основе Земной статистики. Лайнвивер также определил, что около 10 % звёзд в галактике пригодны для жизни с точки зрения наличия тяжёлых элементов, удаления от сверхновых и достаточно стабильных по строению [24].

1.5. Вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь. Отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь. Время жизни такой цивилизации.

В уравнение введены факторы предположительного числа планет земного типа, но нет оценки, когда на планетах, подобных Земле, развиваются высшие формы жизни. Существует мнение, что по причине преклонного возраста Млечного Пути интеллект мог присутствовать на планетах и два, и четыре с половиной миллиарда лет назад, и, возможно, уже угас. Это оставляет очень узкое окно для обнаружения радиосигналов.

Если скорость образования звезд в галактике можно установить, то время жизни высокоразвитой цивилизации может только предполагаться на основе опыта человечества - на единичном случае, и делать исходя из него однозначные выводы нельзя.

Сегодня ученые знают, что есть места в Солнечной системе, где может быть жизнь. И, хотя после 1961 года было открыто немало планетных систем вокруг ранее известных звезд, все они выглядят мало похожими на нашу Солнечную систему, потому что большинство планет там обращаются по вытянутым эллиптическим орбитам с большим эксцентриситетом, а значит, годовой перепад температур на них неприемлем с точки зрения развития белковой жизни.

Мы проанализировали системы со звездами такого же спектрального класса, что и Солнце по доступным данным (Таблица Б.1). В итоге мы отобрали 1080 экзопланет в таких системах, и у нас получилось 100 землеподобных тел и, соответственно, 980 планет-гигантов. Всего 5 из них находятся в зоне жизни, да и то у трех – сильно вытянуты орбиты.

На протяжении последующих десятилетий астрономы не раз делали попытки критически переосмыслить в свете современных научных знаний уравнение Дрейка. Подставив все имеющиеся оценки величин в правой части формулы, они получили значение N , приблизительно равное 0,003. То есть три из тысячи (или примерно одна из трехсот) звездных систем имеют в своем составе технологически развитую, желающую общаться с нами цивилизацию. Это означает, что межзвездные сигналы со стороны внеземного разума появились в нашей Галактике лишь в последнюю 1/300 часть срока ее существования.

Один из самых интересных коэффициентов уравнения Дрейка — это L , или время, за которое цивилизация будет пытаться выйти на связь с другими мирами. Человек не может знать, сколько способна просуществовать технологически развитая цивилизация. Если предположить, что инопланетная цивилизация всего одна, и существует на протяжении миллиардов лет или вообще вечность, то этого будет достаточно, чтобы приравнять в уравнении N и L .

Когда говорят о продолжительности жизни цивилизации, также возникает вопрос о внешних катаклизмах: удары или столкновения с объектами из космоса (хотя можно надеяться на то, что цивилизация, достигшая порога способности к контактам, развила также умение защищаться от таких угроз). Падение крупного тела на звезду неизбежно вызовет вспышку губительного для всего живого жесткого излучения, а столкновение даже небольшого кометного ядра с планетой — ее глобальную катастрофу. Межзвездные скитальцы движутся со скоростью 100-150 км/с и практически недоступны ни

для обнаружения на подлете, ни для мер по предотвращению столкновения техническими средствами. Уровень астероидно-кометной опасности до сих пор не известен для человека. Столкновения с разрушительными для существования цивилизации последствиями (Чиксулубское падение, приведшее к гибели 95% живой массы на Земле) могут иметь место каждые 100-300 млн. лет.

Пока цивилизация находится на уровне развития, не достаточном для выработки средств защиты от хаосогенного воздействия космоса, она остается чрезвычайно уязвимой. Видимо, в областях Галактики с высокой плотностью звезд частота падений скитальцев на обитаемые планеты может оказаться слишком высокой, чтобы эволюция успела создать более развитые формы, способные выживать в катастрофах. К примеру, наша цивилизация в данный момент не защищена от воздействия космических скитальцев.

Если уровень развития цивилизации позволяет ей противостоять разрушениям в результате хаосогенного воздействия космоса, то цивилизация будет существовать и развиваться, увеличивая способность преодолевать негативные влияния среды все более возрастающих масштабов. Можно определить цивилизации I типа как цивилизации, чей уровень развития позволяет преодолевать хаосогенные воздействия планетарных масштабов.

Можно предположить, что внеземные цивилизации, которые способны себя проявить, следует искать возле звезд второго поколения с малой скоростью вращения и массой порядка солнечной. Возраст звезд с обитаемыми планетами должен быть порядка 4.5 млрд. лет, и они должны находиться в областях Галактики с малой плотностью звезд. Возможно, что отсутствие наблюдаемых внеземных цивилизаций в Галактике обусловлено и губительными столкновениями обитаемых планет с межзвездными скитальцами.

Обобщая данные представленных исследований, мы составили таблицу «современных» параметров уравнения Дрейка в сравнении с первоначальными данными (Таблица Б.2).

Применяя максимальные значения из таблицы в формуле, получаем:
 $N=7 \times 0,6 \times 0,005 \times 0,13 \times 0,01 \times 0,01 \times 10000 = 0,00273$.

2. Динамическое развитие уравнения Дрейка

Некоторые ученые считают, что уравнение Дрейка не принимает во внимание такие факторы, как возраст Галактики или наличие физико-химических параметров, таких как наличие металлов, необходимых для зарождения жизни и формирования планет.

Отмечается [16], что уравнение Дрейка не учитывает изменение со временем входящих в уравнение параметров. Динамические обобщения уравнения предлагались Дж. Крейфелдтом, Л. М. Гиндилисом и А. Д. Пановым. Динамические обобщения переходят в классическое уравнение Дрейка при следующих предположениях:

скорость образования звёзд не зависит от времени,
звёзды имеют бесконечное время жизни,
время формирования цивилизации пренебрежимо мало в сравнении с возрастом Галактики.

Эти предположения достаточно грубые и могут существенно влиять на результат уравнения.

2.1. «Археологическая форма» уравнения Дрейка

Как долго может длиться цикл жизни цивилизации? На этот вопрос очень трудно ответить, поэтому исследователи задают альтернативный вопрос: «Являемся ли мы единственными разумными существами, когда-либо населявшими Вселенную?».

Насколько вероятно возникновение высокоразвитых форм жизни на планете? Ученые вместо этого попытались определить вероятность

существования Вселенной, в которой человечество абсолютно одиноко. Учитывая количество известных на сегодняшний день звезд, они пришли к выводу, что такая вероятность составляет приблизительно 1×10^{-22} . В нашей галактике под названием Млечный Путь эта вероятность возрастает до 1 к 60 миллиардам.

Авторы придумали для результата своих исследований рабочее название – «археологическая форма» уравнения Дрейка. В их уравнении для получения результата перемножаются переменные величины N_{ast} и f_{bt} . Переменная N_{ast} означает «число пригодных для обитания планет в определенном объеме пространства», а f_{bt} – «вероятность возникновения разумных форм жизни на одной из этих планет».

Ученые заявляют, что 1×10^{-22} – это крайне малая вероятность того, что человечество является уникальной разумной цивилизацией во Вселенной. В то же время, сочетание колоссальных расстояний с фактором длительности цикла жизни цивилизаций может означать, что мы никогда не сможем вступить в контакт с инопланетянами.

Наша цивилизация насчитывает приблизительно 10 тысяч лет. Весьма высока вероятность того, что другие цивилизации исчезли в течение 13 миллиардов лет существования нашей Вселенной.

2.2. Дункан Форган «Численная модель гипотезы о внеземной жизни и разуме»

Ещё одну оценку числу цивилизаций в нашей галактике дал шотландский ученый Дункан Форган в своей статье «Численная модель гипотезы о внеземной жизни и разуме». Собрав и обобщив имеющиеся на сегодня данные о количестве и распределении звезд нашей галактики по массе и светимости, информацию о наличии, числе и положении планет, Форган построил компьютерную модель, на основе которой и делал затем выводы.

Форган использовал для всех последних переменных в уравнении Дрейка три общепринятые на сегодня гипотезы.

Первый вариант — панспермия, идея о том, что «споры жизни» довольно легко переносятся с одного небесного тела на другое. В этом случае уточненное уравнение Дрейка дало цифру в 37965 высокоразвитых цивилизаций в пределах нашей галактики.

Второй расчет базировался на гипотезе «уникальной Земли», сторонники которой считают, что условия, позволяющие жизни появиться, развиваться и сохраниться, - чрезвычайно редки во Вселенной. Нужна достаточно богатая металлами долгоживущая звезда на достаточном удалении от центра галактики и других опасных источников излучения, нужна стабильная планетная система и округлая орбита твердой планеты в пределах «обитаемой зоны». Использование этой гипотезы привело Форгана к цифре 361.

Третий вариант Дункан Форган представляет в виде следующей гипотезы: жизнь легко эволюционирует на многих планетах, однако эволюция в направлении разума и продвинутой цивилизации является наиболее сложной. Цивилизации, становление которых происходит слишком быстро, более склонны к самоуничтожению, в то время как те, которые проходят долгий путь становления имеют большую вероятность выжить в фазе взросления.

2.3. Адам Франк и Вудруф Салливан «Как часто в истории Вселенной эволюция приводила к появлению существ с развитыми технологиями?»

Астрономы Адам Франк и Вудруф Салливан из Рочестерского и Вашингтонского университетов в мае 2016 года опубликовали статью в журнале *Astrobiologist*, где обратились к уравнению Дрейка, опираясь на последние успехи в изучении космоса и экзопланет.

По словам ученых, в уравнении Дрейка существуют три неопределенности, не позволяющие сделать точные оценки количества внеземных цивилизаций, готовых вступить в контакт. Долгое время исследователи не знали, сколько во Вселенной планет, потенциально подходящих для зарождения жизни, как часто на них может развиваться

разумная жизнь и как долго в среднем существует цивилизация, прежде чем исчезнуть.

Благодаря недавним наблюдениям ученые могут частично избавиться от первой неопределенности: множество работ посвящено обнаружению и исследованию экзопланет, потенциально подходящих для жизни. Для оценки среднего времени существования цивилизации у ученых нет данных, кроме истории нашего вида. Вместо вероятности развития разумной жизни где-то во Вселенной авторы работы предложили рассчитывать «пессимистичную» вероятность того, что человеческая цивилизация — единственная. Если реальные цифры окажутся больше «пессимистичного уровня», то, вероятнее всего, во Вселенной существуют другие технологически развитые виды.

Ученые установили нижнюю границу вероятности того, что во Вселенной развилась хотя бы одна разумная цивилизация. По их мнению, если вероятность развития разумной жизни на планете, находящейся в обитаемой зоне своей звезды, больше $2,5 \cdot 10^{-24}$, то человеческая цивилизация — не единственная. Также авторы работы вывели упрощенный вид уравнения Дрейка, отражающий «количество технологически развитых видов, возникших когда-либо за историю существования наблюдаемой Вселенной». Оно содержит всего два множителя — количество обитаемых планет в определенном секторе Вселенной и вероятность возникновения жизни на одной из них.

3. Радиоволны для связи

С момента изобретения радио на Земле возникла идея общения с инопланетными цивилизациями при помощи сигналов.

Исследователи конца XIX – начала XX века в основном изучали наших ближайших соседей Венеру и Марс. О том, что им удалось поймать инопланетные сообщения, в разное время заявляли и Никола Тесла, и Гульельмо Маркони.

Радиоволны различных диапазонов по-разному проходят через земную атмосферу (Рисунок В.1). Радио-окно - диапазон частот электромагнитной радиации, которую пропускает атмосфера Земли. Длины волны в радио-окне - приблизительно от одного сантиметра до одиннадцатиметровых волн. Для космической связи оптимален диапазон от 1,5 до 30 сантиметров. За пределами этого окна радиосигнал заметно ослабляется в атмосфере или даже может от нее отразиться. На более коротких волнах потери энергии растут за счет поглощения молекулами воды и кислорода в тропосфере, а на более длинных волнах прохождению сигнала все сильнее мешает ионосфера, которая для волн длиннее 10—30 метров становится непреодолимой преградой. Поглощение радиоволн также вызывается дождем и туманом, но, конечно, не в такой мере, как в оптическом диапазоне. Энергия электромагнитных волн падает как квадрат пройденного ими расстояния. Это значит, что сигнал с Марса будет в сотни тысяч раз слабее, чем такой же сигнал, переданный с Луны, а с Плутона — еще в тысячу раз слабее. Значит, передатчики должны быть очень мощными. Крайне высокие частоты (КВЧ-миллиметровый диапазон) $\nu = 3 \text{ ГГц} — 30 \text{ ГГц}$ ($\lambda = 0,1—0,01 \text{ м}$) отражаются практически всеми препятствиями, свободно проникают через ионосферу. За счет своих свойств используются в космической связи.

Сейчас, основываясь на данных многочисленных космических исследований, можно утверждать, что в пределах Солнечной системы разговаривать нам не с кем, а за ее пределами — возможно.

Раньше большая часть исследований по поиску инопланетных сигналов проводилась в радиодиапазоне 1200–3000 МГц. Ученые исходили из того, что любая технологически развитая цивилизация (достигнувшая уровня земной) будет в состоянии как отправить, так и принять подобный сигнал.

Сегодня для обычного общения в космосе используются радиоволны. Однако, сейчас уже внедряются технологии оптической (лазерной) коммуникации, но они все еще находятся на стадии разработки.

Ученые признают, что сейчас Земля не располагает достаточно чувствительной аппаратурой для проведения подобных исследований. Надежды возлагаются на американский телескоп нового поколения James Webb, который может прийти на смену Hubble в 2018 году (Рисунок В.2).

Заключение

В данной работе нами был проанализирован ряд источников, описывающих на основе современных данных параметры, учитываемые Ф.Д. Дрейком при составлении уравнения. Чем больше появляется новых данных об окружающем мире, тем больше встает новых вопросов и расширяется видение проблемы. По доступным данным мы проанализировали системы со звездами такого же спектрального класса, что и Солнце, составили таблицу «современных» параметров уравнения Дрейка в сравнении с первоначальными данными. К сожалению, на сегодняшний день не собрано достаточного количества информации для определения точного числа внеземных цивилизаций, а также существуют противоположные мнения относительно возможности и необходимости обнаружения таковых. Наша гипотеза опровергнута.

Уравнение Дрейка подлежит дальнейшему тщательному изучению. Учёные всего мира подходят очень серьёзно к вопросу существования внеземного интеллекта, потому что это имеет большое значение для разработки фундаментальных проблем, связанных с освоением космоса и выяснением происхождения и сущности жизни во Вселенной.

Список литературы

Книги

1. Проблема SETI (Связь с внеземными цивилизациями) [Текст] – Мир, Москва, 1975.
2. Л. М. Гиндилис. SETI: Поиск внеземного разума [Текст] – Физматлит, Москва, 2004.
3. Л. М. Гиндилис. К методике оценки числа цивилизаций в Галактике [Текст] – Проблемы поиска внеземных цивилизаций, С.126–148. Наука, Москва, 1981.
4. В. Г. Сурдин. Рождение звезд [Текст] – УРСС, Москва, 2001.
5. Л. М. Гиндилис. Астросоциологический парадокс в проблеме SETI [Текст] – Астрономия и современная картина мира, С.203. ИФРАН, Москва, 1997.
6. Шкловский И. С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть [Текст] – М., 1984, 3 изд.
7. Физика космоса. Маленькая энциклопедия [Текст] – М., 1986, 2 изд.
8. Л.Хоккинг, С.Хоккинг. Джордж и тайны Вселенной [Текст] – М.:Розовый жираф, 2014.
9. Л.Хоккинг, С.Хоккинг. Джордж и сокровища Вселенной [Текст] – М.:Розовый жираф, 2013.

10. Л.Хоккинг, С.Хоккинг. Джордж и Большой взрыв [Текст] – М.:Розовый жираф, 2016.

Журналы

11. В. С. Троицкий. К вопросу о населенности Галактики [текст]: / *Астрономический журнал*, Т.58(5), С.1121–1130, 1981.

12. А. Д. Панов. Динамические обобщения формулы Дрейка: линейная и нелинейная теории [текст]: / *Астрофизический бюллетень. НИИЯФ МГУ*, г. Москва, 2006.

13. С. Попов. Поиски внеземного разума в начале 21 века: взгляд скептика [текст]: / *Наука и жизнь: науч.-попул. журн.* 2006, №4.

14. Сколько звёзд во Вселенной [текст]: / *Наука и жизнь: науч.-попул. журн.* 1999, №8.

15. Г.Николаев. Жизнь во Вселенной и поиск ее следов. По материалам журнала "Der Spiegel" [текст]: / *Наука и жизнь: науч.-попул. журн.* 1999, №12.

16. А. Зайцев. Межзвездные радиопослания [текст]: / *Наука и жизнь: науч.-попул. журн.* 2006, №4.

17. Л. Ксанфомалити. Планетные системы звезд [текст]: / *Наука и жизнь: науч.-попул. журн.* 2006, №11.

18. Ф. А. Цицин. Космос и разумные существа [текст]: / *Природа: науч.-попул. журн.* 1965, №11.

Электронные ресурсы

19. Алюминий-26 [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org>

20. Формула Дрейка [электронный ресурс]: <https://dic.academic.ru/>

21. А.В.Багров. Естественнонаучный базис проблемы SETI: космогонические аспекты. Том 60-61. Бюллетень САО. 2007г. [электронный ресурс]: <https://www.sao.ru>

22. [электронный ресурс]: <http://www.astronet.ru>
23. [электронный ресурс]: <http://xray.sai.msu.ru>
24. Жизнь во Вселенной [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org>
25. Звёздная эволюция [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org>
26. Звёздообразование [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/>
27. Список ближайших экзопланет земного типа [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/>

Приложение А

Рисунок А.1 Френк Дрейк, американский астроном

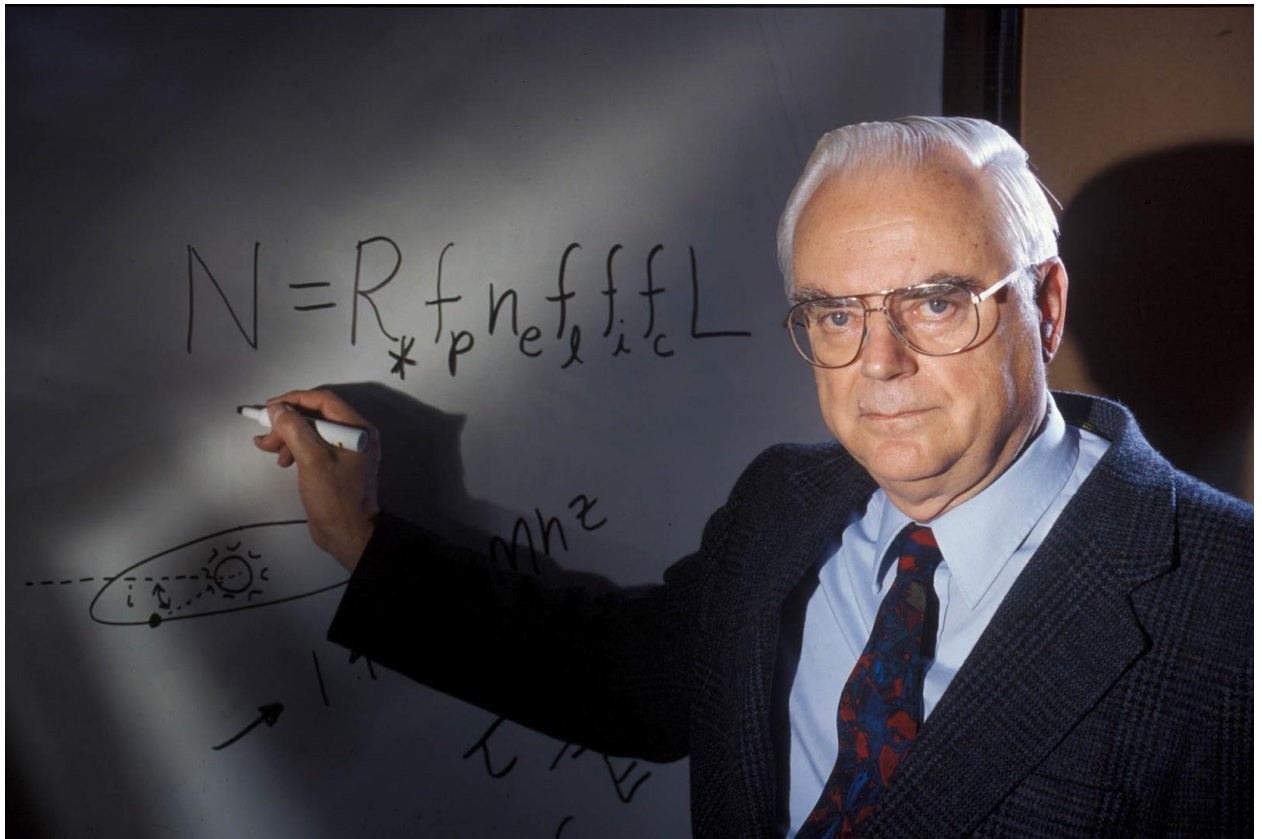


Рисунок А.2 Звздообразование в Туманности Орёл «Столпы Творения»
— один из самых известных снимков, полученных телескопом.

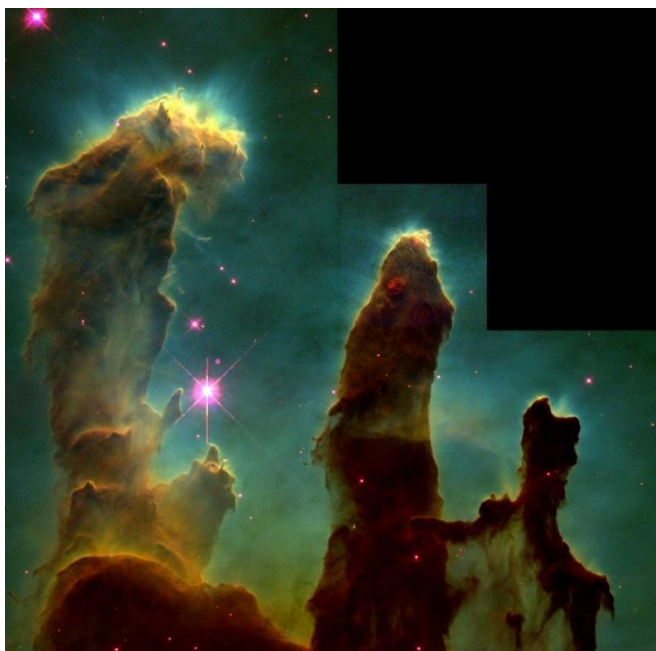


Рисунок А.3 Распад Алюминия-26

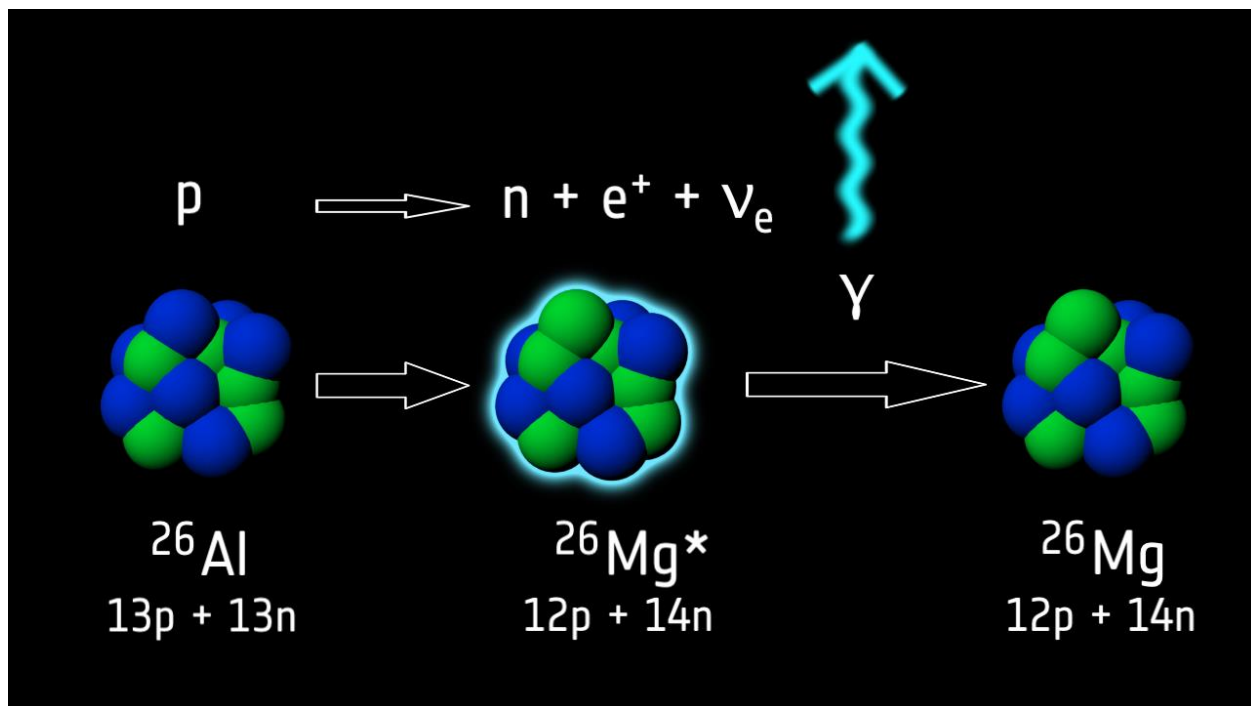


Рисунок А.4 Распределение AL-26 на Млечном пути.

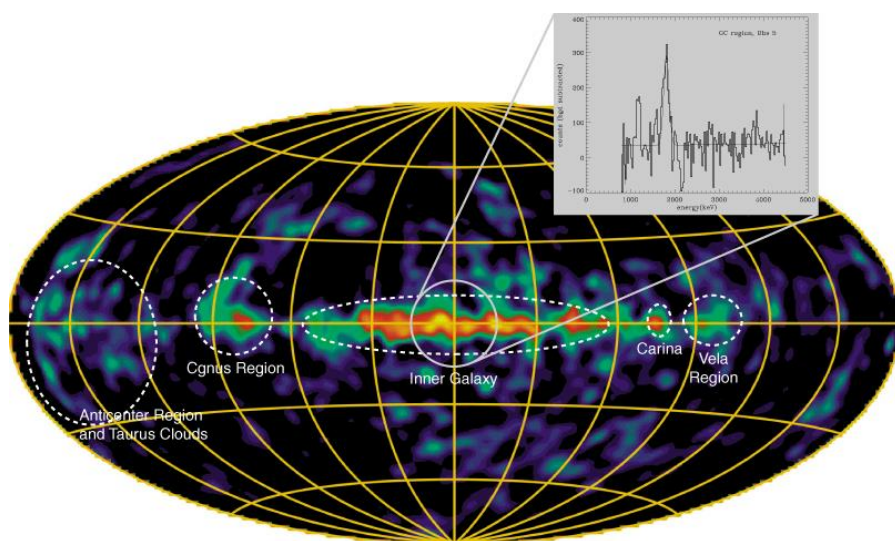
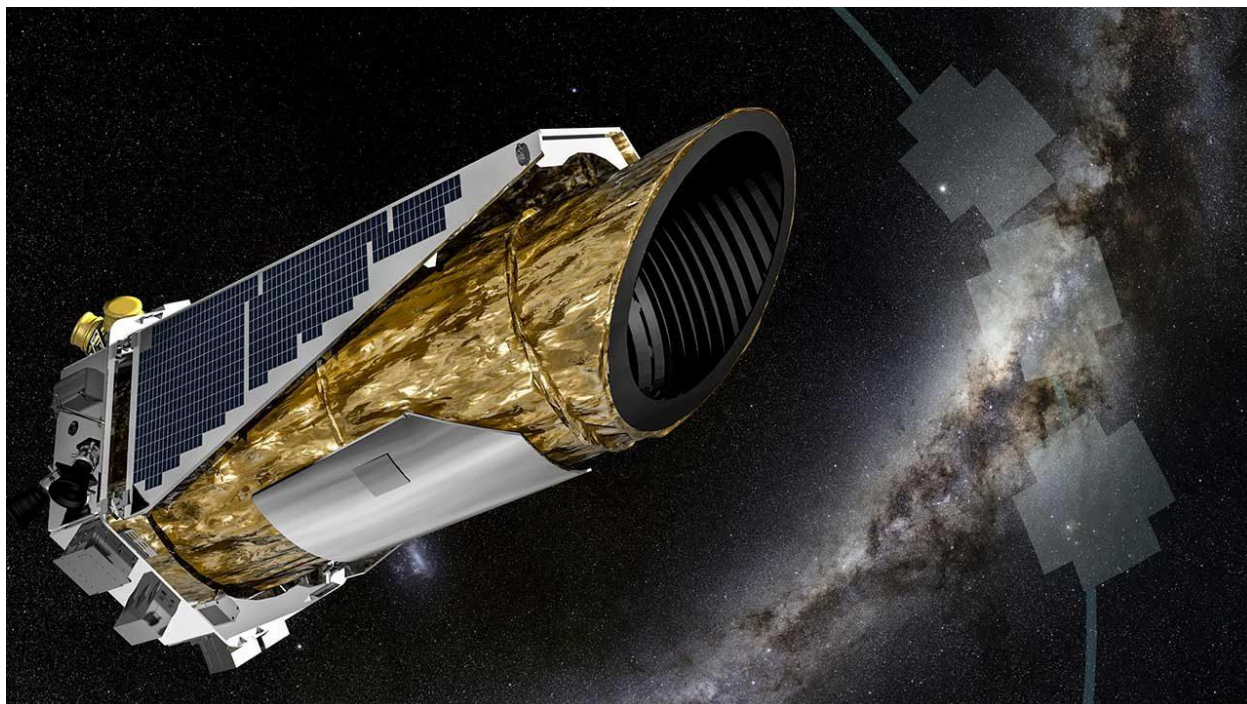


Рисунок А.5 Телескоп «Кеплер»



Приложение Б

Таблица Б.1 Список ближайших экзопланет земного типа

Имя	M M _⊕)	R	Темпе р. поверх	ε	Жизнепригодность	Звезда	Рассто яние от Солнц а (с.л.)
Альфа Центавра В b	1,13		+1200 °C	0	Предполагаемая температура поверхности: 1200 °C	Альфа Центавра В	4,37
Gliese 876 d	6,8	4,032 R _⊕	От +157° C до 377°C	0,2 1	Предполагаемая температура поверхности: 157-377°C	Gliese 876	15
Gliese 581 e	≥ 1,7			0	Из-за слишком высокой температуры скорее всего не имеет атмосферы	Gliese 581	20
Gliese 581 c	≥5, 6	1,5-2 R _⊕	до +100 °C	0	Сомнительна. Скорее всего находится вне обитаемой зоны	Gliese 581	20
Gliese 667 Cc	5.24	1,76 R _⊕	+27 °C		Возможная мезопланет а	Gliese 667C	22
61 Девы b	≥5, 1	1,6 R _⊕	+781° C	0,1 2	Слишком высокая температура из-за близости к звезде	61 Девы	28

HD 85512 b	$\geq 3,6$	1.39 R_{\oplus}	+78 °C	0.1 1	Возможная термопланета. Считалась наиболее жизнепригодной экзопланетой до открытия Глизе 667 Cc.	HD 85512	36
55 Cancri e	8,6	2 R_{\oplus}	От +2400 °C до +1100 °C	0,1 7	Слишком высокая температура из-за близости к звезде	55 Cancri	40
HD 40307 b	$\geq 4,2$	8 R_{\oplus}	+4700 °C	0	Слишком высокая температура из-за близости к звезде	HD 40307	42
HD 40307 c	$\geq 6,8$	8 R_{\oplus}	+4700 °C	0	Слишком высокая температура из-за близости к звезде	HD 40307	42
HD 40307 d	$\geq 9,2$	8 R_{\oplus}	+4700 °C	0	Слишком высокая температура из-за близости к звезде	HD 40307	42

Таблица Б.2 Сравнительный анализ параметров Уравнения Дрейка

$N=R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$		
параметр	по Дрейку	современная оценка
R количество звезд, образующихся в год	10	7
f_p доля звезд, обладающих планетами	0.5	0.2-0.6
n_e количество планет и спутников с подходящими условиями для зарождения цивилизации	2	0.005
f_l вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями	1	0.13
f_i вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь	0.01	0.01
f_c отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь	0.01	0.01

Л время, в течение которого цивилизация существует, способна вступить в контакт и хочет вступить в контакт	10000	70-10000
--	-------	----------

Приложение В

Рисунок В.1 Радиоизлучение

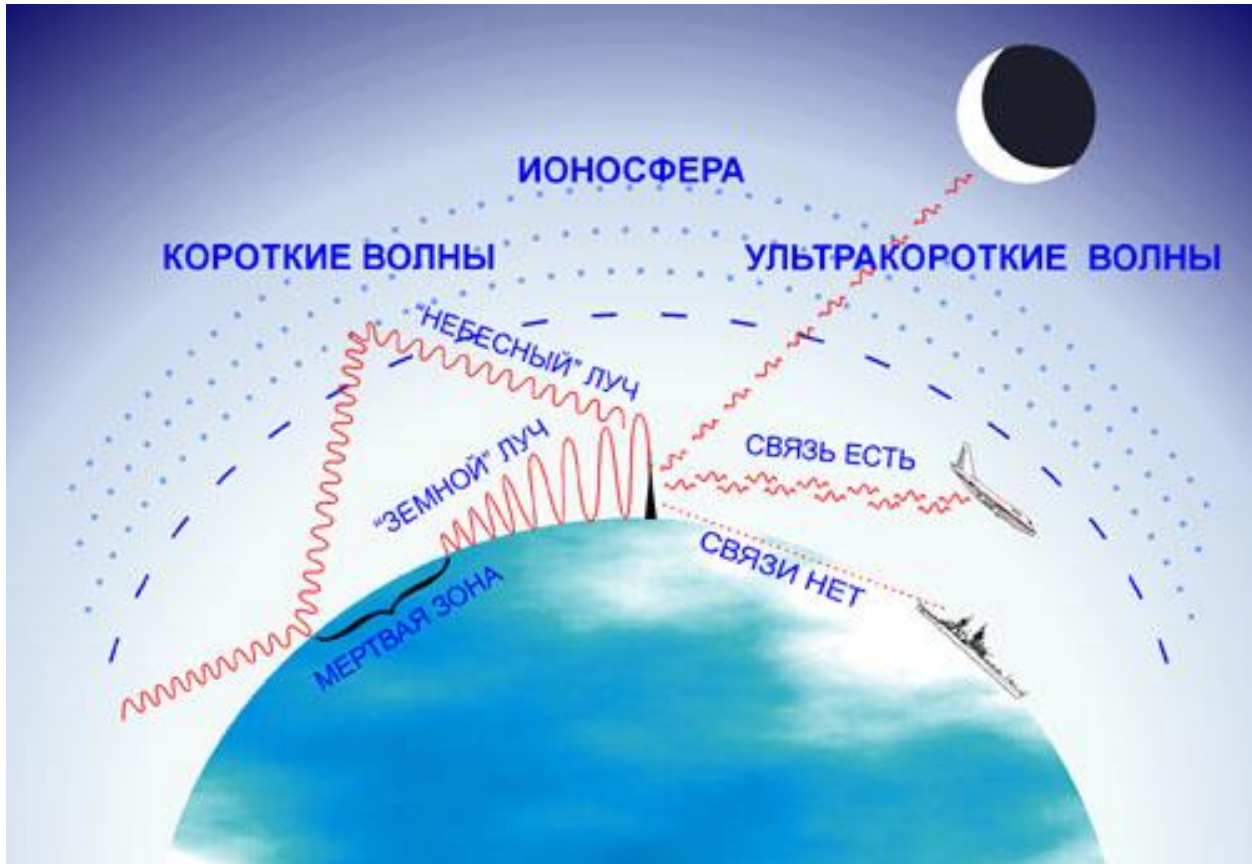


Рисунок В.2 Телескопы «Хаббл» и «Вебб»

