

A composite image featuring a large, reddish-orange planet (Mars) in the center. Above it, a bright blue comet with a long tail streaks across the dark sky. To the right of Mars, several Mars rovers and landers are visible, including the Curiosity rover. In the top left corner, there are white geometric shapes resembling arrows pointing right.

▼ *Комета,
пролетающая
близко к Марсу
Фото: NASA/JPL-
Caltech, nasa.gov*

ЗЕМЛЯ 2.0

По запросу «терраформирование Марса» в Интернете найдутся десятки форумов и статей, где пользователи всерьез обсуждают, что можно сбросить на нашего космического соседа две ядерные бомбы, а потом паковать вещички и переезжать. Люди, которые подчас не способны переделать плинтус, считают, что переделать целую планету – задача простая. Между тем, мы, во-первых, до сих пор на Марс не высаживались, во-вторых, у нас нет полного понимания его климата и состава грунта, в-третьих, мы не построили там ничего, даже горку из камней, которые так тщательно обследуют все американские марсоходы. Между нами и этой планетой все еще сотни невозможностей.

Впервые о возможности терраформирования задумались, как это часто бывает в освоении космоса, писатели-фантасты. Термин «терраформирование» (от лат. terra – земля и forma – вид) играючи [употребил](#) американец Джек Уильямсон в своей повести «Орбита столкновения», опубликованной в 1942 году: «Дрейк [был](#) молодым космическим инженером, которого наняли, чтобы терраформировать этот маленький камень, всего 2 км в ширину». Кстати говоря, маленькие камни мы терраформировать не можем, для этого подходит

не всякое небесное тело. Идеальная для «передельвания» планета должна находиться в земной зоне своей звезды, обладать похожим на Землю химическим составом и твердой поверхностью. Мы не сможем адаптировать для проживания газовые гиганты, например, или планету, в которую постоянно попадают астероиды. Но если бы нам посчастливилось найти что-нибудь с твердой поверхностью, магнитосферой, следами воды, без убийственной радиации и невозможных температур и еще достаточно близко к нам – вот это бы подошло. Такая планета есть – мы посвятили ей этот номер.

МЫ НЕ СМОЖЕМ АДАПТИРОВАТЬ ДЛЯ ПРОЖИВАНИЯ ГАЗОВЫЕ ГИГАНТЫ, НАПРИМЕР, ИЛИ ПЛАНЕТУ, В КОТОРУЮ ПОСТОЯННО **ПОПАДАЮТ АСТЕРОИДЫ**

ПЛАНЕТА И ФОНАРЬ

На Марсе очень холодно и опасно, и, если мы всерьез хотим там жить, нужно что-то делать с погодой и радиацией. Проекты первых городов на планете предполагают защитные купола или строительство подземного царства, но в принципе – и это ключевое слово в данном вопросе – земляне могли бы поменять климат на Марсе. Нам нужно сделать его чуть теплее. Самый простой способ для этого – искусственно вызвать на планете парниковый эффект. Он повысит температуру нижних слоев атмосферы из-за выбросов определенных газов.

В 1993 году исследователи Роберт Зубрин и Крис Маккей (Robert Zubrin, Chris McKay) [написали](#) статью «Технологические требования для терраформирования Марса», в которой предложили установить на марсианской орбите зеркала для нагревания планеты и повышения там температуры. Наверняка многие на уроках физики в школе ставили опыт с зеркалом: на него попадает луч солнца, и «солнечный зайчик», если его

зафиксировать, нагревает поверхность. Зачем нам что-то греть? Ученые исходили из предположения, что углекислый газ, достаточный для образования атмосферы от 300 до 600 мбар, может все еще существовать на Марсе в летучей форме, адсорбированной в реголите или вымороженной на южном полюсе, то есть в грунте или во льду. Для испарения этого капризного CO₂ необходимо направить на южную полярную шапку орбитальное зеркало диаметром около 100 км. Казалось бы, что может быть проще, отправим хоть завтра! Но если построить такое зеркало из алюминизированной термопластиковой пленки, весить оно будет примерно 200 тыс. тонн. При производстве в космосе из материалов астероидов или марсианских спутников для необходимого количества алюминия потребуется около 120 МВт энергии. В принципе (опять важное слово), нужную энергию можно обеспечить ядерными энергоблоками. Мы, правда, еще не очень умеем применять их в космосе.

Всю эту авантюру с зеркалами проверить можно. Советский Союз работал над подобным проектом на Земле. Цель была проще – не распространить тропический климат на всю планету, а добавить освещения. В октябре 1992 года с космодрома Байконур уже Россия [запустила](#) в рамках проекта «Знамя» солнечный парус двухметровой ширины на борту «Прогресса М-15». Экипаж станции «Мир» установил на «Прогрессе» агрегат развертывания отражателя, и в феврале 1993 года отражатель успешно развернулся рядом со станцией. Яркое пятно шириной 5 км прошло Европу от юга Франции до запада России со скоростью 8 км/с. По светимости его можно было сравнить с полной Луной. Несмотря на облачную погоду, из Германии и Франции сообщали о видимых вспышках. Советские ученые разрабатывали «Знамя», чтобы иметь возможность точечного освещения городов за полярным кругом во время полярной ночи. В России до сих пор [работает](#) консорциум «Космическая регата», который проводит опыты с солнечными отражателями для освещения труднодоступных районов нефте- и газодобычи.

ПЛАНЕТА-ЛЕДЫШКА

Следующая идея, «бомбардировка астероидами», звучит как название для нового фильма о вселенной Мстителей. [Работали](#) над ней уже знакомые нам Зубрин и Маккей. Дело в том, что при столкновении с астероидом высвобождается энергия в достаточном количестве, чтобы начали таять ледники, а планету окутали парниковые газы. Астероиды предполагается «перевозить» из дальних концов Солнечной системы. Ракета, которая смогла бы гипотетически толкнуть далекий астероид



▼ Бомбардировка Марса астероидами. Пока – только на картинке. Иллюстрация: David A. Hardy, astroart.org



▼ План по терраформированию Марса с помощью гигантских орбитальных зеркал extbigfuture.com

на траекторию столкновения с Марсом, должна иметь скорость 300 м/с. Двигатель хорошо бы сконструировать так, чтобы ракета использовала летучий материал астероида в качестве топлива. При самом удачном раскладе этот чудо-механизм сможет «дотолкать» астероид до Марса за 10 лет. Зубрин и Маккей считают, что четырех ударов будет достаточно. Резюмируем: нужно четыре «камушка» с другого конца галактики, ракеты с двигателями нового типа, точные расчеты и после всего этого через пару миллионов лет повторить операцию.

Если вы сейчас спрашиваете: «Почему кто-то считает, что это хорошая идея?» – то вот ответ. Вероятно, в далеком-далеком прошлом, примерно 3,5 млрд лет назад, на Марсе была вода. Но никто из ученых не может точно сказать, как она могла там оказаться и куда потом делась. Тимоти Паркер (Timothy Parker) из Лаборатории реактивного движения NASA в Пасадене в 2016 году изучил данные о распределении сульфатов марсианского «дна», полученные марсоходом Opportunity, и [высказал](#) гипотезу: «Марс никогда не был планетой-океаном – он слишком далек от Солнца, и его атмосфера всегда была слишком неплотной для существования воды на его поверхности. На самом деле он был планетой-ледышкой». Но на эту ледышку в эпоху «поздней тяжелой бомбардировки» попадали астероиды – они-то и «подтопили» лед в некоторых местах. Паркер считает, что количество сульфатов и характер их залегания свидетельствуют об очень мелком, в десятку метров, океане. А изостатический отскок, рельеф после оледенения, на Марсе говорит об обратном. Так что, может, и не было там океана – так, лужа растеклась в кратерах после бомбардировки из космоса. Можем повторить.



▲ Покрытый льдом кратер на марсианской поверхности, который выглядит как коток. Фото: ESA/DLR/FU Berlin, esa.int

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, ДОСТАТОЧНЫЙ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ **от 300 до 600 мбар**, МОЖЕТ ВСЕ ЕЩЕ СУЩЕСТВОВАТЬ НА МАРСЕ

I ПЛАНЕТА-СПА

Вообще, у человечества есть план, который звучит не так, словно его придумал Джордж Лукас в промежутке между съемками «Звездных войн». Краткое название – «Фторсодержащие газы (CFC, PFC)». Теоретически они могли бы «нагреть» Марс даже быстрее, чем CO_2 , – их потенциал глобального потепления (ПГП) выше в 23 000 раз. На Земле мы боремся с чрезмерной их концентрацией, потому что не хотим жить в сауне, но холодному Марсу паровая теплица не помешала бы. Дело за малым – [нагрузить](#) ракеты сжатыми газами и разбить их о поверхность. Правда, потребуется некоторое постоянство. Этот эксперимент довольно продолжительный: климат должен будет измениться

через 50 лет, в течение которых нам нужно будет «обстреливать» планету. Хватит каких-то 39 млн тонн хлорофторуглерода (CFC). Пока производство таких соединений не было запрещено Монреальским протоколом (из-за того, что хлорофторуглероды разрушают озоновый слой), на Земле вырабатывали треть этого количества за 20 лет. Ничего страшного, попробуем то же самое, только с аммиаком. Он тоже поможет с парниковым эффектом и нагреет планету. В нужных для терраформирования количествах аммиак, ученым так кажется, есть на карликовых планетах в темном угле Солнечной системы за Нептуном. Вот если бы мы могли эти планетки взять и сбросить на Марс, то... вполне

ТЕРРАФОРМИРОВАНИЕ МАРСИАНСКОЙ АТМОСФЕРЫ

Одна из задач терраформирования Марса – повышение его атмосферного давления, которое сейчас составляет менее 1% земного.

Марсианские полярные шапки, минералы и почва могут стать источниками углекислого газа и воды для уплотнения атмосферы.

Обработка всех источников, доступных на Марсе, может увеличить давление только до 7-процентного уровня от земного, что все еще очень мало.



Клатраты
0,5 %



Полярные шапки
0,6 %



Минералы
1,2 %



Адсорбированный CO₂
4,0 %



Комбинированные
источники
6,9 %



Землеподобие
100 %

● Темные круги показывают процент парниковых газов, необходимых для создания «земной» атмосферы.

▲ Иллюстрация: NASA Goddard Space Flight Center, nasa.gov

КЛИМАТ ДОЛЖЕН БУДЕТ ИЗМЕНИТЬСЯ ЧЕРЕЗ 50 лет, В ТЕЧЕНИЕ КОТОРЫХ НАМ НУЖНО БУДЕТ «ОБСТРЕЛИВАТЬ» ПЛАНЕТУ

возможно, что через несколько часов там аммиак распался бы на азот и водород, и потепление, вызванное им, на этом бы закончилось. Прогнозировать сложно.

Илон Маск в 2015 году в эфире телевизионного шоу [предложил](#) бомбить Марс ядерными боеголовками, сбросив их на полюсы. Глава SpaceX по своему обыкновению в подробности [не вдавался](#), но цель тут такая же, как у всех, – растопить ледяные шапки. В июле 2018 года исследователи Брюс Якоски (Bruce Jakosky) и Кристофер Эдвардс (Christopher Edwards) из Колорадского университета разочаровали всех, [опубликовав](#) в журнале Nature Astronomy результаты исследования, из которого ясно, что с терраформированием Марса придется повременить. Они анализировали информацию орбитальных аппаратов – Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), Mars Odyssey и MAVEN. «Наше исследование показывает, что на Марсе осталось недостаточное количество запасов углекислого газа,

необходимого для начала парникового эффекта в атмосфере», – [говорит](#) Якоски. Это не значит, что терраформирование невозможно вообще, но, скорее всего, нам придется придумывать для него новый метод.

У всех нынешних идей есть одна небольшая проблема, которая, скорее всего, неизбежно встанет перед нами, когда мы технологически дойдем до возможности терраформирования чего-либо. Если хоть на секунду представить, что на Марсе есть жизнь – даже самая примитивная, даже в виде бактерий, даже если их там три штуки на всю планету, – мы убьем ее. А при самом неблагоприятном варианте – поджарим планету и превратим ее в Венеру. Так что в ближайшее время единственная возможность заняться терраформированием Марса для нас – теоретические расчеты и настольная игра. Есть такая, называется «Покорение Марса» (Terraforming Mars). Там мы его и оттерраформируем. ■