

Ярослав Загоруй

ДОЛГИЙ ПУТЬ К МАРСУ

«И на Марсе будут яблони цвести»

Эта, казалось бы, избитая и банальная песня советских времен сегодня приобрела свою актуальность. За последние годы Марс стал нам настолько близок, что новости с этой планеты мы воспринимаем так, как будто дело происходит в какой-то Сахаре или Антарктике

В последний день марта этого года шесть человек добровольно заперлись в комплексе из нескольких тесных, герметичных модулей, занимающем площадь размером со школьный спортзал на территории Института медико-биологических проблем РАН. Они будут питаться обезвоженной пищей, дышать рециркулированным воздухом и будут общаться исключительно друг с другом. Такой образ жизни они будут вести 520 дней.

Однако это не очередное реалити-шоу, а серьезнейший российско-европейский научный эксперимент «Марс-500», призванный имитировать пилотируемый полет на Красную планету. А 520 дней — это как раз столько времени, сколько необходимо, чтобы долететь на Марс, высадиться там и вернуться на Землю.

«Это, на самом деле, как настоящий полет, только без невесомости и опасности для жизни, — рассказал газете The New York Times Сергей Рязанский, космонавт-стажер, возглавивший «экипаж». — Находясь в комплексе, мы практически не будем получать информацию извне, так что это эксперимент в области сенсорной депривации (психическое состояние, при котором люди испытывают недостаточное удовлетворение своих потребностей — Авт.)».

Если эксперимент пройдет удачно, то через 20 лет космонавты полетят на Марс. О таком человечество еще недавно могло только мечтать. Так что если вы все еще черпаете познания о космосе из многотомника «Детская энциклопедия» 1970-х годов и прочих популярных в советские времена «талмудов» — можете смело сдать их в утиль. Как минимум наполовину информация в них устарела.

И дело даже не в фундаментальных положениях по поводу образования Вселенной (например, сейчас довольно популярна гипотеза о том, что она образовалась вследствие сжатия предыдущей Вселенной). Мы узнали о том, что вода в твердом виде есть на Марсе, Европе, Ганимиде, Каллисто (спутники Юпитера), Энцеладе (спутник Сатурна) и на многих астероидах. Кроме того, есть все

предпосылки утверждать, что на первых двух космических телах она есть в жидком виде. А это вполне может означать наличие жизни.

Ряд интернет-ресурсов предоставляют прогноз погоды на Марсе, а Google разработал сервис Google Mars — аналог популярного сервиса для нашей планеты. Когда в прошлом году марсоход «Феникс» колесил просторами Красной планеты, информация об этом сыпалась как из рога изобилия. Мы воспринимали это как должное — никаких тебе сенсаций, хотя еще 50 лет назад человечество могло представить подобное только в самых смелых фантазиях.

ПОЛЯРНАЯ ПЛАНЕТА

Вплоть до первого пролета у Марса космического аппарата «Маринер-4» в 1965 году многие астрономы полагали, что на его поверхности есть жидкая вода, которая предусматривает наличие белковых молекул — жизни. Это мнение было основано на наблюдениях за периодическими изменениями в светлых и темных участках, особенно в полярных широтах, которые были похожи на континенты и моря.

Темные борозды на поверхности Марса истолковывались некоторыми наблюдателями как ирригационные каналы для жидкой воды. Позже было доказано, что этих борозд-то и нет вовсе — это оптическая иллюзия.

Еще в 1672 году голландский астроном Христиан Гюйгенс обнаружил на южном полюсе Марса белое пятно — южную полярную шапку. Правда, предположение о том, что белое пятно на полюсе планеты представляет собой «ледяную шапку», сделал французский астроном Джакомо Миральди в далеком 1704 г.

А за 6 лет до этого Гюйгенс в своей работе Cosmotheros предположил о том, что жизнь на других планетах существует, и определил условия, необходимые для ее зарождения. Это была одна из первых публикаций о внеземной жизни.



Символично, но первый в истории человечества снимок инопланетной жидкости сделал космический зонд НАСА «Гюйгенс» на спутнике Сатурна — Титане.

Дальнейшие наблюдения за Красной планетой показали, что полярных шапок у нее две, причем они изменяются в зависимости от времени года. Они разрастаются и уменьшаются, создавая сезонные явления в атмосфере и на поверхности Марса.

По данным с искусственного спутника «Марс Экспресс» толщина шапок может составлять от 1 м до 3,7 км. Аппарат «Марс Одиссей» обнаружил на южной полярной шапке планеты действующие гейзеры. Считается, что струи углекислого газа с весенним потеплением вырываются вверх на большую высоту, унося с собой пыль и песок.

В 2003 г. мир облетела сенсация: новые исследования полярных шапок Марса орбитальными зондами «Марс Глобал Сервейор» и «Марс Одиссей» показали, что те почти целиком состоят из замерзшей воды, а замерзшей углекислоты там совсем немного.

После того как исследовательский зонд в 1996 г. выявил, что атмосфера Марса на 95% состоит из углекислого газа, у астрономов существовало мнение о том, что полярные шапки Марса состоят из «сухого льда». По мнению Энди Ингерсолла и Шейна Бирна из Калифорнийского технологического института (США), новые данные эту теорию опровергли.

Снимки, сделанные марсианскими зондами, показали, что процесс таяния и замерзания льда происходит в полном соответствии с его «водяной» природой. То есть на южной полярной шапке Марса слишком тепло, чтобы там находилась замерзшая углекислота.

В январе этого года эти предположения подтвердил космический аппарат Mars Reconnaissance Orbiter. Он передал на Землю данные, согласно которым находящиеся на северном полюсе Марса обширные отложения льда на более чем 95% состоят из чистой воды. На южном полюсе шапка представляет собой смесь из замерзшей воды и углекислого газа.

По оценке ученых, полярные шапки Марса содержат весьма внушительные запасы воды — 2-3 млн. куб. км. Это примерно в сотню раз больше, чем, скажем, объем всех вместе взятых Великих озер в Северной Америке (или объем озера Байкал, которое примерно равно этим озерам). Структурой своей они напоминают льды, скрывающиеся на Земле Гренландию или Антарктиду: слой за слоем идет лед с некоторым количеством пыли.

Таким образом, ученые уже не отрицают, что на Марсе есть твердая вода, потенциально пригодная для зарождения жизни. Но вот есть ли там вода в жидком виде?

СПОРНЫЕ КАПЛИ

18 февраля 2009 года американский научный журнал New Scientist опубликовал сенсационную статью — на поверхности Марса или неглубоко под ней обнаружили жидкую воду.

Дело в том, что сразу после посадки зонда «Феникс» (см. таблицу) на Красную планету ученые обнаружили на «ногах» зонда непонятные образования, которые со временем увеличивались в размерах. Так возникла гипотеза о том, что эти образования представляют собой капли грязной воды с



Компьютерная модель северного полюса Марса

повышенным содержанием солей, в частности, перхлоратов, которые «Фениксу» позже удалось обнаружить на Марсе.

Группа ученых во главе с Найлтоном Ренно из Мичиганского университета (США) установила, что проводимые над смесями воды и солей опыты позволили определить, что некоторые из смесей способны оставаться жидкими в марсианских условиях (в частности, когда температура воздуха ниже -70°C).

По их мнению, причиной роста формаций является то, что соляная смесь интенсивно поглощала водяные пары, исходящие от поверхности Красной планеты днем. На ночь капли, вероятно, замерзали.

Похожие результаты за пару дней до того сообщила группа ученых во главе с Винсентом Чевриром из Арканзасского университета. Их интересовал вопрос появления на Марсе новых оврагов, формирование которых, как считалось ранее, завершилось много лет назад. Ученые установили, что вероятной причиной может быть смесь воды и сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$, которая способна находиться в жидкой форме в некоторых регионах планеты.

Однако часть ученых, принимающих участие в проекте «Феникс», не согласилась с доводами коллег в пользу наличия в районе посадки аппарата жидкой воды. Так, Майкл Хечт, основной конструктор микроскопического и химического модуля МЕСА, с помощью которого были найдены марсианские соли, предположил, что странные образования возникли при переходе водяного льда из твердого состояния сразу в газообразное.

Он и его единомышленники утверждают, что температура в зоне посадки «Феникс» недостаточна для того, чтобы даже концентрированный перхлоратный рассол находился в жидком состоянии.

В ПОИСКАХ ЖИЗНИ

Первые натурные наблюдения Марса (т.е. непосредственно на орбите Красной планеты) привели к выводу об отсутствии высших форм жизни (животных и высших растений) на Марсе. Никаких признаков каналов, оазисов и скопленной растительности на самых детальных снимках увидеть не удалось. Воду определили только в атмосфере в парообразном состоянии и очень низкой концентрации.

Ученые долго дискутировали о возможности жизни на Марсе, ссылаясь на близость и схожесть этой планеты с Землей. До сих пор остается открытым вопрос существования жизни на Красной планете сейчас или в далеком прошлом.

Кроме наличия полярных шапок, к середине XIX века астрономы знали, что Марс имел некоторые другие сходства с Землей, например, продолжительное марсианского дня была почти та же, что и земного. Они также знали, что наклон оси вращения этой планеты также похож на земной, а это значит, что и смена сезонов на Красной планете происходит примерно так же, как и у нас.

В связи с этими наблюдениями появились предположения, что более темные особенности альбедо были водой, и более яркие — землей. Отсюда вывод — на Марсе возможно существование определенных форм жизни.

В 1854 году Уильям Хьюэлл, член совета «Тринити колледжа» при Кембриджском университете и известный в то время популяризатор науки, предполагал, что на Марсе есть моря, грунт подобный земному и, возможно, жизнь.

В 1895 году американский астроном Персиваль Лоуэлл издал книгу о Марсе, согласно которой каналы на планете были построены древней цивилизацией. Под вдохновением книги через два года Герберт Уэллс написал свой знаменитый роман «Война миров».

И это притом, что в 1894 году другой американский астроном Уильям Кэмпбелл провел спектроскопический анализ марсианской атмосферы и обнаружил, что ни вода, ни кислород там не присутствуют. Через 15 лет ученые окончательно развенчали теорию о присутствии на Марсе каналов.

В 1965 году фотографии, сделанные «Маринером-4» — первым аппаратом, успешно достигшем Марса, показали сухой Марс без рек, океанов и каких-либо признаков жизни. Та поверхность планеты, которую удалось запечатлеть, оказалась усеянной кратерами, с отсутствием какой-либо тектонической деятельности в течение последних 4 млрд. лет.

Также было обнаружено отсутствие у Марса магнитного поля, которое могло бы защитить планету от потенциально опасных для жизни космических лучей. Также было измерено атмосферное давление на Марсе — 0,6 кПа (по сравнению с 101,3 кПа на Земле), что означает невозможность существования на планете жидкой воды. После полученных «Маринером-4» данных было принято решение искать на Марсе одноклеточные организмы, так как для многоклеточных окружающая среда была слишком резка.

И тогда все надежды были положены на миссию аппаратов «Викинг». Они содержали научные приборы для исследований как на участке спуска в атмосфере Марса, так и после посадки на поверхность планеты.

МИССИЯ «ВИКИНГ»

Они примарсианились на Красной планете в 1976 году и провели по четыре биологических эксперимента каждый на поверхности Марса. Приборы «Викинга-1», спустившегося на Марс в районе экватора, передали панорамные снимки поверхности планеты, которые показали, что район посадки имеет довольно ровный рельеф и представляет собой песчаную пустыню с большим количеством камней, наполовину занесенных слоем тонкой пыли.



Фотографии поверхности Марса, снятые аппаратами миссии «Викинг»

«Викинг-2» сел примерно в 7400 км от своего «близнеца» ближе к Северному полюсу. Там картина оказалась почти такой же, как и в районе экватора. Иными словами, камеры Viking запечатлели то же самое, что и Mariner 4.

Жизнь на Марсе аппараты искали следующим образом. Оба аппарата взяли образцы почвы в качестве проб для анализа на наличие жизни. Результаты оказались довольно неожиданными — выявлена относительно высокая химическая активность грунта, однако однозначных следов жизнедеятельности микроорганизмов обнаружить не удалось. Иными словами, вначале эксперимент показывал наличие жизни, однако в итоге ученые были разочарованы.

Эксперимент по газообмену показал пятнадцатикратное превышение выделения кислорода по сравнению с ожидаемым результатом. Однако, как известно, земные формы жизни затрачивают определенное время на рост и воспроизведение, и потому это явление, вероятнее всего, объясняется чисто химическими реакциями в веществе богатой железом почвы.

Во втором эксперименте часть образца грунта загружалась в резервуар с питательным бульоном, который содержал радиоактивный изотоп углерода. Анализатор детектировал выделявшиеся газы и обнаружил увеличение двуокси углерода, почти такое же, как при анализе биологически активных образцов земной почвы. Но вскоре и в этом приборе уровень упал почти до нуля.

В третьем эксперименте регистрировалось поглощение изотопа углерода ^{14}C предполагаемыми органическими соединениями.

ями марсианского грунта. Изотоп атома ^{12}C в марсианском углекислом газе заменялся на радиоактивный ^{14}C , грунт освещался светом, подобным солнечному. В земных условиях микроорганизмы хорошо усваивают углекислый газ. Затем проба грунта нагревалась, чтобы обнаружить усвоенный радиоактивный углерод ^{14}C . На Марсе этот эксперимент дал неоднозначный результат: углерод то усваивался, то нет.

Также «Викинги» провели эксперимент по обнаружению органических веществ (не обязательно в живой форме), который дал, в целом, отрицательный результат.

Основной вывод, который можно сделать по результатам этих экспериментов: либо количество микроорганизмов в местах посадок «Викингов» ничтожно мало, либо их нет вообще. В целом же, негативная интерпретация результатов экспериментов «Викингов» привела к приостановке всех программ по поиску жизни на Марсе.

Однако в 2003 году в мире снова заговорили о «Викингах» и о том, что в 1976 году жизнь на Марсе была найдена. Бывший участник этой миссии Джил Левин заявил, что у него есть достаточно доказательств, чтобы это подтвердить.

Дело в том, что Джил Левин, один из трех организаторов экспериментов по поиску жизни, никогда не отказывался от идеи, что в марсианской почве «Викинг» обнаружил живые микроорганизмы. По его словам, инструменты для анализа присутствия органической жизни, находившиеся на борту «Викингов», оказались очень нечувствительными, и для распознавания жизни им потребовались бы миллионы микроорганизмов.

Через четыре года версию Левина подтвердил другой ученый. Йооп Хоуткоопер из Гиссенского университета (Германия) представил на Европейском планетологическом конгрессе в Потсдаме результаты своего исследования, из которых следует, что проанализированные около 30 лет назад зондом НАСА «Викинг» осадочные породы Марса могут содержать жизнь.

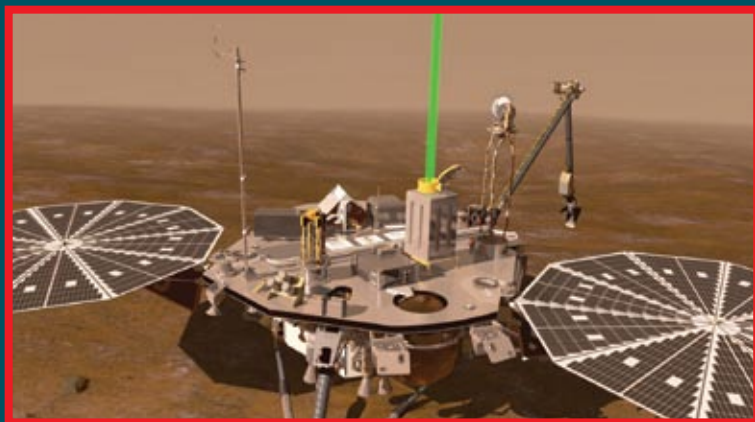
По мнению ученого, сухая и замерзшая поверхность Красной планеты может быть пристанищем для микробов, клетки которых заполнены смесью перекиси водорода и воды. К такому выводу он пришел после нового анализа данных эксперимента «Викингов» по газообмену. Йооп Хоуткоопер уверен, что пероксид водорода в живых клетках может позволять им выжить при низких температурах, действуя как антифриз и не позволяя внутренней части клетки кристаллизоваться.

«ФЕНИКС»: НА МАРСЕ ЕСТЬ ВОДА

Но дискуссии дискуссиями, а поиск жизни на Марсе решили продолжить. Особые надежды возлагались на космический аппарат «Феникс». Его миссия должна была ответить на три вопроса: пригодны ли полярные районы Марса для жизни, тает ли там периодически лед и как менялись погодные условия в зоне приземления в исторический период. Но главная задача аппарата — поиск воды на Красной планете, а значит и жизни.

«Феникс» стартовал 4 августа 2007 года с мыса Канаверал, а 25 мая 2008 года успешно «приземлился» в марсианской Арктике (это первый аппарат, который сел в полярном регионе Красной планеты). Благодаря этому зонду ученые окончательно убедились, что жизни на Марсе нет, но когда-то была и в перспективе может быть.

По словам заведующего аналитической лабораторией Ин-



Аппарат «Феникс»

ститута космических исследований НАН Украины и НКАУ Алексея Парновского, на Марсе неплохие температурные условия для существования человека. Кроме того, там есть атмосфера и слабое магнитное поле. С Парновским согласна доцент Университета Торонто Сабина Стенли, изучающая Красную планету. Она считает, что жизнь на Марсе исчезла 4 млрд. лет назад вследствие гигантского столкновения с другим космическим телом.

Сейчас можно говорить уже, что вода найдена. Возле полюсов в 30-километровом кратере есть замерзшее озеро, толщиной несколько десятков метров. Под марсианской корой есть вечная мерзлота.

Кроме того, на Марсе есть множество геологических образований, напоминающих водную эрозию, в частности, высохшие русла рек. Согласно одной из гипотез, эти русла могли сформироваться в результате кратковременных катастрофических событий и не являются доказательством длительного существования речной системы. Однако последние данные свидетельствуют о том, что реки текли в течение геологически значимых промежутков времени.

В частности, обнаружены инвертированные русла (то есть когда русло приподнято над окружающей местностью). На Земле подобные образования формируются благодаря длительному накоплению плотных донных отложений с последующим высыханием и выветриванием окружающих пород. Кроме того, есть свидетельства смещения русел в дельте реки при постепенном поднятии поверхности.

Данные марсоходов НАСА «Спирит» и «Оппортьюнити» также свидетельствуют о наличии воды в прошлом (найжены минералы, которые могли образоваться только в результате длительного воздействия воды).

Кроме этого, ученые подтвердили, что в прошлом на Марсе шли дожди, и получили доказательства того, что на поверхности планеты могли существовать водоемы. А орбитальный

зонд Mars Reconnaissance Orbiter обнаружил на поверхности Марса «природный водопровод» (систему трещин и разломов, которая в прошлом подпитывала поверхностные воды из подземных).

Американским ученым из Университета Калифорнии в Санта Круз удалось установить, что марсианские долины появились в результате длительного воздействия дождей. Для своей работы они использовали сложную компьютерную модель атмосферных процессов на Марсе. В итоге получалась топографическая карта заданного участка поверхности планеты. Всего ученые провели более 70 симуляций. При помощи статистических методов полученные результаты сравнивались с высокоточными топографическими данными об этом же участке, собранными беспилотными аппаратами НАСА.

Симуляции показали, что долины образовались в результате воздействия именно дождей. По словам исследователей, климат на Марсе того времени напоминал климат некоторых районов Земли: имелись долгие периоды засухи, прерываемые краткими сезонами дождей. В эти сезоны вода удерживалась на поверхности, покрывая Марс сетью небольших речек. По словам ученых, этот период на Красной планете продолжался более 10 тысяч лет.

Одновременно это открытие опровергло гипотезу о том, что катастрофа (например, падение метеорита) вызвала резкое «увлажнение» марсианского климата, обернувшееся наводнением, которое длилось несколько сотен лет.

С другой стороны, в некоторых регионах планеты жизнь таки может существовать. Конечно, не в форме высших растений и животных, но даже мелкие микробы, живущие на другой планете — это уже сенсация.

Например, проанализировав данные, полученные аппаратом Mars Reconnaissance Orbiter для марсианского региона под названием Аравийская Земля, ученые обнаружили в одном из кратеров две насыпи с расходящимися от них расщелинами. Эти структуры внешне напоминают гидротермальные источники в Дальхаузи (Австралия) при взгляде на них сверху.

Как известно, горячие источники являются потенциальной нишей для существования живых организмов. В прошлом, когда Марс был существенно более теплым и влажным, чем сейчас, источники могли подпитываться за счет подземных вод. Кроме того, ученые полагают, что найденные в кратере Гусева марсоходом «Спирит» залежи кремния могут быть следами гидротермальных источников.

ТАКОЙ ПОЛЕЗНЫЙ CO₂

Если даже жизнь на Марсе найти не удастся, ученые соглашаются, что эта планета очень удобна для так называемого терраформирования — т.е. изменения климата и атмосферы планеты, чтобы она стала пригодной к жизни. Подходящей для терраформирования может



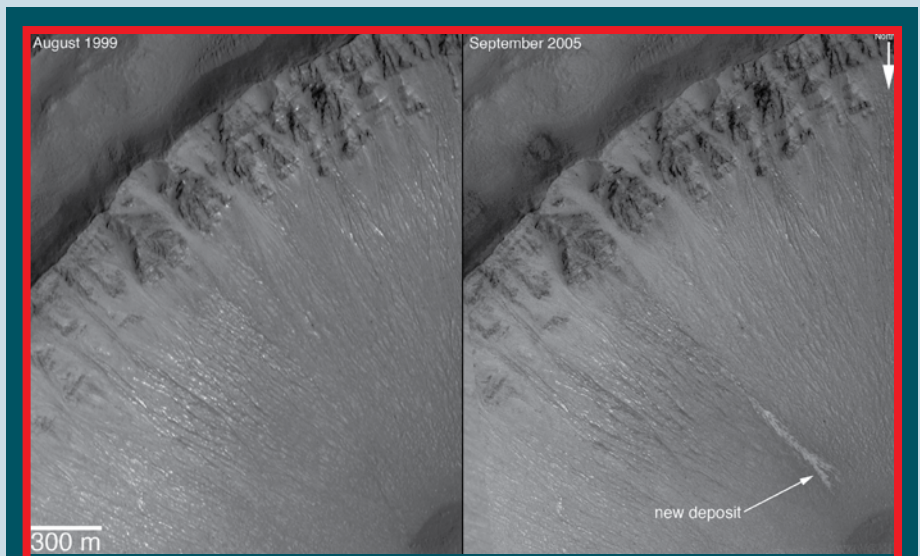
Фотографии замерзшего озера на дне кратера, переданные миссией Mars Global Surveyor в 2004 г.

быть обитаемая планета, биологически сопоставимая планета (в состоянии, подобном земному миллиарды лет назад) или легко терраформируемая планета.

Последнее означает, что сделать из нее Землю можно с минимальными затратами. Например, планету с температурой, превышающей оптимум для биосферы Земного типа, можно охладить путем распыления пыли в верхних слоях атмосферы (это существенно повысит количество отраженных солнечных лучей). А планету с недостаточно высокой температурой, наоборот, нагреть путем осуществления направленных ядерных ударов в залежи гидратов, что привело бы к выбросу в атмосферу парниковых газов.

Но главное условие для этого процесса — наличие на планете воды в жидком или твердом состоянии. В противном случае ее нужно будет доставлять ледяным метеоритом, что принесет дополнительные затраты.

Из изученных астрономами планет наиболее похожим на Землю и, соответственно, первым кандидатом на терраформирование является именно Марс. В настоящее время открытые и достоверно установленные объемы воды на Красной пла-



Следы образования замерзшей воды, зафиксированные в одном из кратеров Марса

нете составляют около 4,7 млн км³, и сосредоточены преимущественно в так называемой криосфере — приповерхностном слое вечной мерзлоты мощностью в десятки и сотни метров.

В основном, такие отложения водного льда расположены в крупных равнинных бассейнах, а массивы льда толщиной до 4 км сосредоточены в полярных шапках. Существуют предположения, что под полярными шапками могут существовать огромные озера жидкой и соленой воды. Исходя из собранных научных данных, существующие в настоящее время запасы воды (в форме льда) во всем объеме криолитосферы Марса предположительно составляют 7,7•10²² кг (77 млн. км³).

То есть, информация о планете, полученная за последние 10 лет, позволяет изменить марсианский климат. Ученые утверждают, что если найти метод, который бы позволил поднять огромное количество льда, растопить и разложить на водород и кислород, чтобы появилась жизнь, планету можно заселить.

Но из-за больших запасов воды возникает другая проблема. Поскольку полярные шапки Марса состоят в основном из воды, получается, что запасов углекислого газа на планете недостаточно для поддержания существующего давления атмосферы. Даже если весь CO₂ на полярных шапках испарится, давление атмосферы повысится только на 2-3%. То есть углекислого газа на Марсе не хватит для полноценного парникового эффекта, чтобы растопить водяные льды и оросить планету в процессе ее терраформирования.

Следовательно, углекислый газ, из-за избытка которого так страдает Земля, кровь из носу нужен для Марса. Благо, в деле производства CO₂ человечество преуспело.

Кроме того, хоть Красная планета и имеет магнитное поле, оно слабее земного примерно в 800 раз. Вместе с разреженной атмосферой это увеличивает количество достигающего его поверхности ионизирующего излучения. Средняя доза радиации на планете составляет примерно 220 миллирад в день (средняя годовая доза на Земле составляет 300 миллирад). Следовательно, будущих жителей планеты нужно как-то от этой радиации защитить.

Американский ученый Роберт Зубрин, автор книги The Case of Mars, бывший инженер аэрокосмической фирмы и заодно основатель «Марсианского общества», утверждает, что терраформирование Красной планеты можно провести всего за 1000 лет. Это, конечно, не рекорд — британский писатель и астроном Пол Берч предлагает терраформировать Венеру за одно столетие — но намного быстрее, чем давали прежние оценки ученых (от 20 до 100 тысяч лет). Роберт Зубрин, понимая всю сложность процесса, предложил многоступенчатый план превращения Марса в планету, пригодную для жизни человека, а его на первый взгляд фантастические идеи

опубликовал известный научный журнал Popular Science еще в 2007 году.

Учитывая уровень технического прогресса человечества, Роберт Зубрин предлагает приступить к процессу в 2150 году и закончить его в 3150 году. По земным меркам — невероятно много, но по меркам эволюции планет, когда большие изменения происходят за миллионы или миллиарды лет — это одно мгновение. Основная идея терраформирования по Зубрину не нова: нагрев планеты за счет парниковых газов.

Вначале инженер предлагает построить огромное зеркало диаметром 125 км на орбите Марса. Оно будет направлять на Красную планету дополнительный свет, начав повышение его

Год	Миссия	Страна	Основные результаты
1964	Mariner 4	США	Передал на Землю 21 фотографию планеты. На снимках Марс предстал безжизненным телом с поверхностью, усеянной кратерами. Выяснилось, что темные области не являются впадинами, покрытыми, согласно одной из гипотез, растительностью, но сама планета покрыта кратерами. Атмосфера Марса по плотности не превышает 1 % земной и состоит в основном из углекислого газа. Была уточнена масса планеты.
1969	Mariner 6 и 7	США	Передали на Землю в сумме 198 фотографий планеты, охватив 20% ее поверхности. Доказали, что на Марсе нет каналов, ошибочно наблюдаемых астрономами в XIX веке. Также аппараты изучили атмосферу планеты.
1971	Марс-2 и 3	СССР	Измерена температура северной полярной шапки (ниже -110 °С), определены протяженность, состав и температура атмосферы, а также температура поверхности. Получены данные о высоте пылевых облаков и слабом магнитном поле, а также цветные изображения Марса. Впервые сделаны попытки спустить на Красную планету зонд. Посадочный модуль «Марс 2» при посадке разбился, а «Марс 3» передал только 20 секунд полезной информации.
1971	Mariner 9	США	Стал первым искусственным спутником Красной планеты. Передал на Землю 7329 фотографий Марса с высоким разрешением, а также снимки его спутников - Фобоса и Деймоса. Фото позволили узнать о планете много нового, в частности, увидеть гигантские потухшие вулканы, множество крупных и мелких каньонов и долин, напоминающих высохшие русла. Выяснилось, что марсианские кратеры отличаются от лунных своими выбросами, свидетельствующими о наличии подповерхностного льда, а также следами водной эрозии и ветровой активности.
1973	Марс 5 и 6	СССР	Передали на Землю данные о химическом составе, давлении и температуре атмосферы.
1975	Viking 1 и 2	США	Одна из наиболее удачных планетных миссий в истории человечества. Первое успешное примарсианивание на планету. «Викинги» впервые передали с поверхности Марса цветные фотографии высокого качества - пустынная местность с красноватой почвой, усеянная камнями. Зонды определили основные элементы в марсианской почве: кремний, железо, кальций, алюминий и титан. Пытались обнаружить наличие жизни на планете (см. статью), сняли знаменитое «Лицо на Марсе» в области Кидания. Также они обнаружили геологические образования русла высохших рек (см. статью).
1996	Mars Global Surveyor	США	Доказал, что на поверхность Марса периодически выбрасывается вода, и что под марсианским грунтом может быть вода в жидком виде. Он также впервые сделал снимки Земли с Марса и других искусственных спутников Красной планеты, выяснил скорость появления новых метеоритных кратеров, сфотографировал около 98% поверхности планеты и многое другое.
1996	Mars Pathfinder	США	Поскольку основной целью программы была отработка технических решений, таких как схема дешевой посадки, особых сенсаций аппарат не принес. Разве что доставил на планету первый автоматический марсоход, который успешно исследовал химический состав поверхности и метеорологические условия.

2001	Mars Odyssey	США	Аппарату удалось получить данные, свидетельствующие о крупных запасах воды на Марсе. По-видимому, в некоторых областях на глубине порядка 45 см залегают породы, состоящая из замёрзшей воды на 70% по объёму.
2003	Mars Express	ЕС	Искусственный спутник Марса сумел восстановить структуры атмосферы с высокой точностью от поверхности до высот 100-150 км и ее температурного профиля до 50-55 км. Впервые одновременно измерены содержания и построены карты распределения водяного пара и озона в атмосфере, также обнаружен водяной лёд в южной полярной шапке в конце марсианского лета. Полученные Mars Express данные не подтверждают наличия запасов углекислого газа на Марсе, достаточных для преобразования климата планеты. Зато он обнаружил в атмосфере Марса метан, что может свидетельствовать о наличии жизни на планете.
2003	Spirit и Opportunity	США	Наиболее известные марсоходы, которые до сих пор колесят по Красной планете. За пять лет работы на Марсе аппараты передали на Землю более 250 тыс. фотографий. Аппараты обнаружили выход весьма чистой кремниевой породы, оставшейся от древнего горячего источника. Это стало основным доказательством того, что миллиарды лет назад Марс был пригоден для существования живых существ: на нем была вода и достаточно мощная атмосфера.
2005	Mars Reconnaissance Orbiter	США	За время работы аппарат получил большое количество высококачественных фотографий поверхности планеты. Около 1% территории было картографировано с разрешением всего в несколько метров, около 40% - несколько десятков метров. Аппарату удалось обнаружить на Красной планете значительные запасы льда. Он также определил дату исчезновения жидкой воды с поверхности планеты. Оказалось, период присутствия открытой воды на Марсе продолжался как минимум на миллиард лет дольше, чем считалось ранее. Это свидетельствует о существовании на Марсе жизни в прошлом, следы которой можно будет обнаружить.
2007	Phoenix Mars Lander	США	Искал жизнь на северном полюсе планеты. Одно из самых громких открытий – обнаружение воды в марсианском грунте. Правда, она загрязнена перхлоратами. Еще одно достижение, правда, пока спорное – Phoenix обнаружил на Марсе жидкую воду (см. статью). Жизни на Красной планете пока не обнаружено.

температуры и растопление льда. Разумеется, сейчас представить себе, как можно построить такую «машину» — попросту нереально. Однако было ли реально лет 50 назад то, что по другим планетам и спутникам будут колесить земные аппараты?

После того, как Марс немного прогреется и на нем начнутся новые климатические процессы, надо будет доставить туда аммиак — хороший парниковый газ. Зубрин в своей статье указывал на необходимость сбросить на планету несколько ледяных комет, чтобы поставить воду, но за прошедшее время ученые получили данные, что воды на Марсе и так хватает.

Аммиак же доставить можно астероидами. К тому же, сила удара высвобождает воду из марсианских льдов. По расчетам Зубрина, для повышения температуры планеты на 3°C нужно сбросить на Марс 40 астероидов диаметром 2,5 км каждый. А на это уйдет несколько десятков лет и, заодно, ядерных боеголовок (для коррекции орбит небесных скал). К этому моменту человечество вполне уже приступит к постройке на Марсе пер-

вых постоянных поселений. Они потянут за собой промышленность, будет развиваться энергетика, и тут-то можно будет вплотную заняться еще одним пунктом программы — постройкой заводов по выбросу парниковых газов.

Они должны использовать местное марсианское сырье и солнечную энергию (или ядерную), чтобы круглосуточно поставлять в атмосферу сотни тысяч тонн тетрафторметана (CF₄). Зубрин хочет повторить на Марсе земной опыт, где парниковые газы являются побочными продуктами производства. На Марсе же они будут основным продуктом (как на Земле есть, например, заводы по производству CO₂).

По расчетам Роберта Зубрина, за полвека несколько таких заводов поспособствуют поднятию марсианской температуры на целых 10 градусов! Ну а потом заработают экосистемы Марса. Нагрев планеты приведет к освобождению из почвы дополнительных газов, которые повысят температуру Марса еще на 10 градусов в течение 20 лет. Затем растают льды, появятся облака.

Далее полет фантазий Зубрина зашкаливает. После всех этих процедур (учтите, что по плану Зубрина в это время на Марсе уже живут люди под куполом временных поселений), в 2250 году давление атмосферы будет составлять одну пятую земного (а в глубине планеты, например, в кратерах, и того выше). Это позволит «марсианам» ходить по планете без скафандров, но с кислородными масками. Мелочь, но приятно.

И вот тогда нужно будет разводить сады и сельскохозяйственные культуры. Украинские ученые из Института молекулярной биологии и генетики НАН Украины в прошлом году вырастили бархатцы в лунном грунте, точнее, его аналоге — перемолотом минерале анортозите. Правда, им пришлось добавить в него некоторые бактерии и периодически поливать. В общем, успех налицо.

В том числе и используя этот опыт, можно засаживать планету. А когда температура на экваторе там вырастет до 32°C, на Марсе появились бы открытые водоемы, и можно было бы начать высадку земных растений на планете. Но первыми к насыщению атмосферы кислородом приступили бы какие-нибудь лишайники и фотосинтезирующие бактерии.

Далее ситуация следующая. Поскольку углекислого газа в атмосфере Марса образовалось достаточно (во многом благодаря заводам), то его как раз и будут поглощать растения, выделяя кислород. Содержание CO₂ в атмосфере к 2250 году упадет в разы (с нынешних 95%).

Однако если первая стадия, по сути, закончится за 100 лет, окончательно Марс терраформируется еще за 900. Причем этот процесс сам по себе не закончится — необходимо будет активно культивировать растения в марсианских городах и селах, контролируя изменения в атмосфере. Тогда Марс завершит все преобразовывающие процессы и станет Землей.