

МАРСИАНСКАЯ ПОГОДА

Атмосфера Марса намного тоньше, чем у Земли, однако на планете существует сложный климат и крайне изменчивая погода. Там поднимаются колоссальные пылевые бури, которые способны покрывать всю Красную планету.

Атмосфера Марса почти на 96 % состоит из углекислого газа, к тому же она настолько разрежена, что не превышает и процента от уровня давления земной атмосферы.

Атмосфера Марса, хоть и тонкая, способна все-таки ограждать его от самых худших перепадов температуры, которая варьирует от +25 °С в разгар лета на экваторе до -125 °С в суровую зиму на полюсах. Учитывая, что ось планеты наклонена примерно под тем же углом, что и земная, а один период вращения длится 24 часа 37 минут, на Марсе происходит очень похожий на земной цикл смены но-

чи и дня и сезонов года, поэтому климат на протяжении марсианского года меняется примерно так же. Сложности прибавляет еще и заметная эллиптическая орбита планеты, и на сегодня в разгар своего лета в южном полушарии Марс оказывается на 40 млн км ближе к Солнцу, чем в летний период в северном полушарии.

Ни угол наклона оси, ни орбита не остаются константными на протяжении миллионов лет, а это означает, что Марс может переживать периоды длительных изменений, которые получили название циклы Миланковича. Эти колебания орбиты, впервые предсказанные для Земли Милутином Миланковичем (см. «Звезды космоса»), могут приводить к радикальным сдвигам и в климате Марса.

ГЛОССАРИЙ

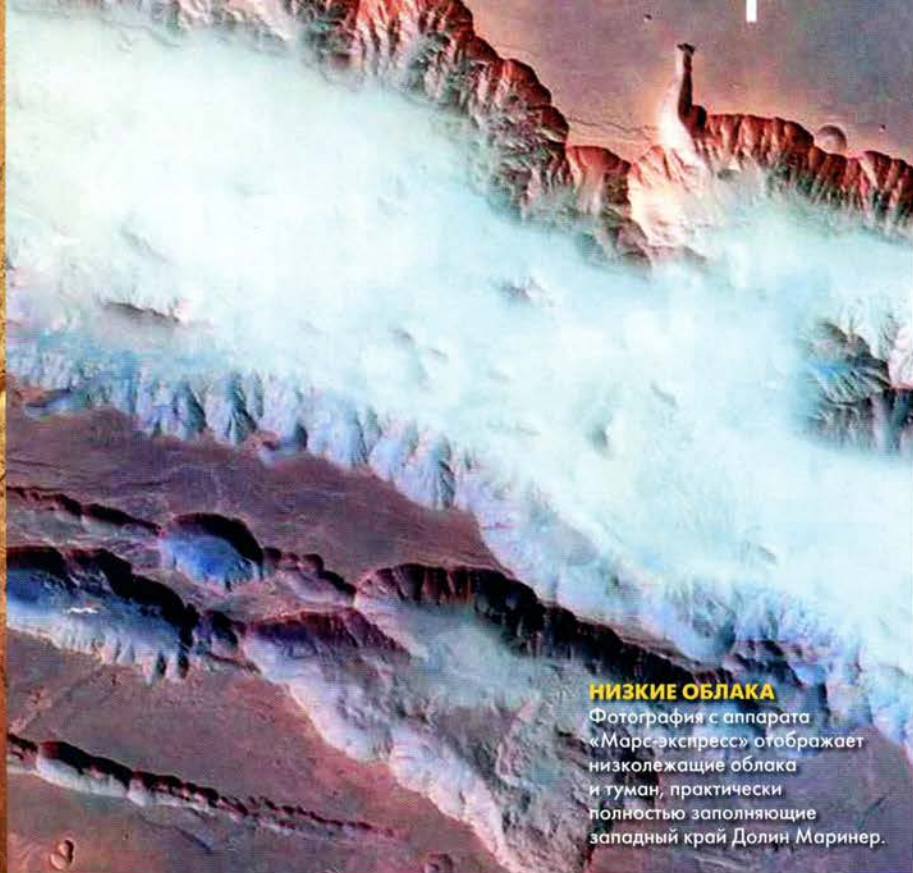
Сила Кориолиса – эффект, который возникает из-за вращения планеты и создает силу, деформирующую погодные системы в различных направлениях в разных полушариях.

ВИД С ЗЕМЛИ

Мозаичные рамки, снятые марсоходом «Оппортьюнити», показывают облака в небе над Кратером Эндьюранс.



ЛЕД Фото с аппарата «Марс-экспресс», охватывающее территорию в десятки километров, показывает припыленное замерзшее море возле марсианского экватора.



НИЗКИЕ ОБЛАКА

Фотография с аппарата «Марс-экспресс» отображает низколежащие облака и туман, практически полностью заполняющие западный край Долин Маринер.



ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

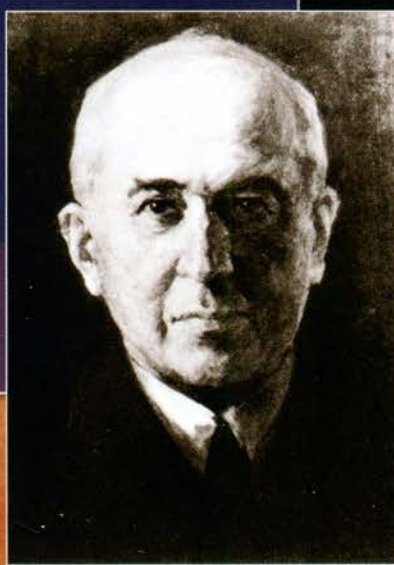
МИЛУТИН МИЛАНКОВИЧ (1879–1958)

Сербский ученый Милутин Миланкович первым стал заниматься изучением климата других планет Солнечной системы, а также нашей Земли, но в далеком прошлом.

В 1930-х годах он сконцентрировал свое внимание на поиске толкования циклической природы последних ледниковых периодов на Земле, которые наступали и отступали на протяжении последних примерно 3 млн лет. Миланкович выдвинул теорию о том, что очевидный цикл ледниковых периодов, повторяющийся каждые 40 000–100 000 лет, возможно, связан с периодическими изменениями в орбите Земли, включая прецессию (периодическое колебание оси Земли) и изменения фактической формы орбиты. В совокупности эти представления объединены под термином «циклы Миланковича».

Совместив эти циклы и различные эффекты земной атмосферы, Миланкович смог объяснить многие (но не все) характерные черты ледниковых периодов. Недавно астрономы применили концепцию циклов Миланковича к разьяснению признаков изменения климата на Марсе.

СЕРБ Милутин Миланкович изучал изменения климата на других планетах.



Как и на нашей планете, в атмосфере Марса сегодня доминирует сила, которая заставляет воздушные потоки циркулировать от теплых экваториальных регионов к холодным полюсам с тем, чтобы выровнять температуру на планете. Перемещаются они в громадных вихревых ячейках Хадли, которые на своем пути окутывают всю планету. Ячейки Хадли взаимодействуют с силами Кориолиса (см. «Глоссарий»), которые создаются вращением планеты.

МАРСИАНСКАЯ АТМОСФЕРА

На Земле эти принципы имеют ограниченный характер, поскольку осложняются наличием двух очень разных типов поверхностей: поднятых над уровнем моря масс суши, которые быстро нагреваются и остывают, и глубоких ровных океанов, которые дольше абсорбируют тепло, но и гораздо дольше его отпускают. На Марсе таких колебаний нет, поэтому воздушные потоки двигаются по планете с довольно постоянной скоростью. На средних широтах, как правило, новый погодный фронт образуется примерно каждые три дня.

Холодная сухая марсианская атмосфера затрудняет обзор синоптической ситуации из космоса, поскольку облакообразование на Марсе намного слабее.



НАШИ СВЕДЕНИЯ

ПЫЛЕВЫЕ СМЕРЧИ И ПЕСЧАНЫЕ БУРИ

Самыми впечатляющими марсианскими погодными системами считаются громадные пылевые ураганы. Они проносятся по огромным территориям, а иногда разрастаются до покрова, охватывающего всю планету. И хотя атмосфера у Марса тонкая, и ветры, стало быть, слабые, они способны развивать скорости, позволяющие поднимать микроскопические частицы песка, которые скорее напоминают очень мелкую пыль (типичная крупица марсианского песка размером не более 1–2 микронов).



26 июня 2001



4 сентября 2001

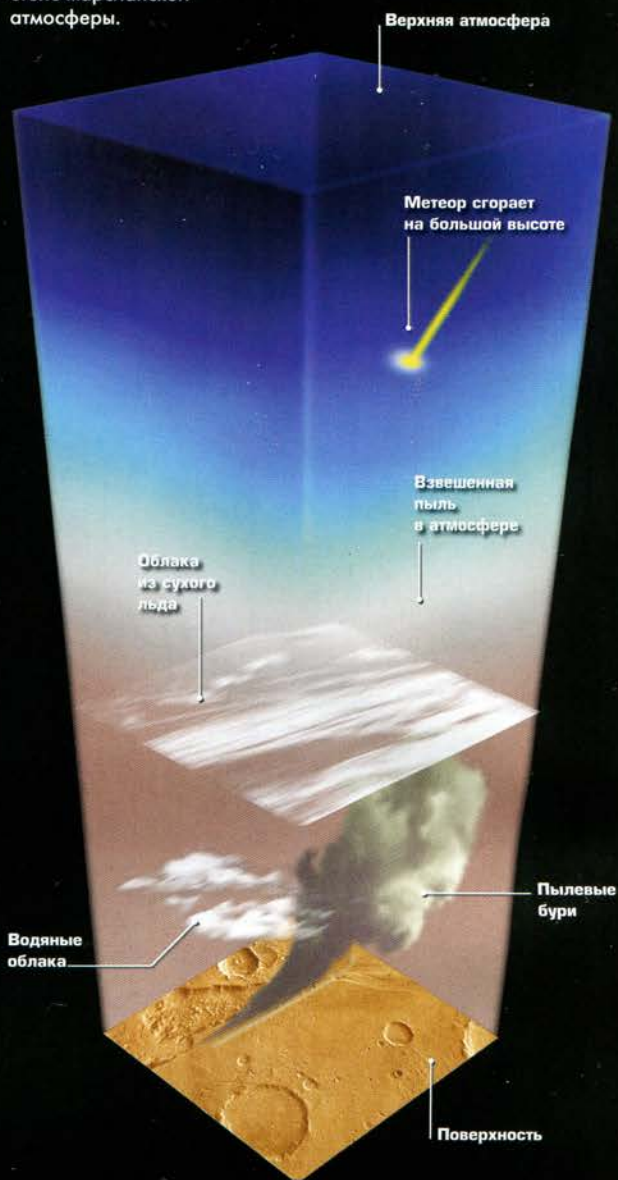
ДВА ЛИКА МАРСА На этих фото «Хаббла» видно, как буря, охватывающая всю планету (справа), меняет ее облик.

ГЛОССАРИЙ

Сублимация – процесс, при котором вещество из твердого переходит сразу в газообразное или парообразное состояние, минуя стадию жидкости.

АТМОСФЕРА

На рисунке изображен столб марсианской атмосферы.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ЭВОЛЮЦИЯ АТМОСФЕРЫ

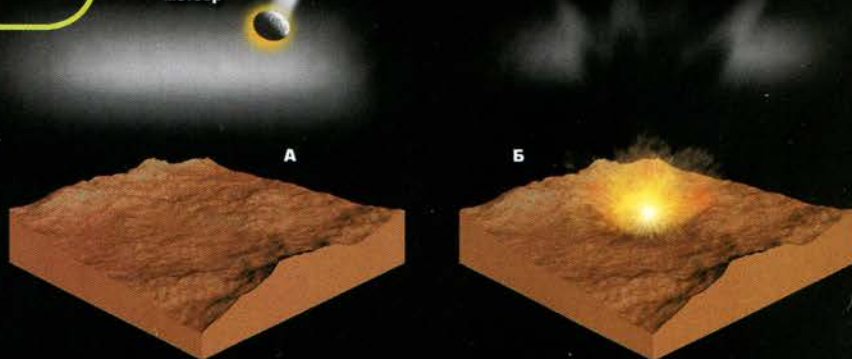
Марсианская атмосфера не всегда была тонкой и сухой. По видимости, некогда она состояла из комбинации газов, наподобие той, что была присуща первородной атмосфере Земли. Примерно 4 млрд лет назад его атмосфера была достаточно густой, теплой и влажной, чтобы удерживать огромные объемы жидкой воды на поверхности.

Однако примерно 3 млрд лет назад Марс уже стал намного холоднее и суше – очевидно, очень похожим на ту планету, которую мы видим сегодня.

Такую трансформацию пытались объяснить различными теориями. Атмосферу Марса либо смели астероиды, врезавшиеся в планету, либо она стала жертвой химических реакций или развалилась и была сметена в космос солнечным ветром.

Входящий метеор

Извергнутый из атмосферы газ



1 УДАРЫ По одной из теорий, массивный астероид (А) сдул первородную марсианскую атмосферу после удара о поверхность планеты (Б).

Облака образуются, когда атмосфера сильно насыщается конкретным объемом пара и конденсируется в виде капелек из водяного пара, а также из кристаллов сухого льда (твердой углекислоты), но только в соответствующих условиях. Самые обширные облака, как правило, образуются во время весенней оттепели по мере того, как атмосфера насыщается испаряющимся газом (см. «Наши сведения»).

ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Локализованные облака часто формируются вокруг одних и тех же участков – ландшафтные достопримечательности Марса настолько огромны, что им удается создавать собственные синоптические системы. Наиболее выдающимся является плато размером с континент под названием Провинция Фарсида, которое лежит примерно на 10 км выше поверхности планеты. Вулканы на Фарсиде часто укрыты тонкими облаками из водяного льда, которые образуются, когда пар конденсируется из теплого воздуха – он выталкивается вверх и остывает при пересечении Провинции.

Еще более индивидуальная погодная ситуация отмечается в другой заметной части марсианского ландшафта – в системе каньонов Долин Маринер. Эти глубокие шрамы в коре уходят на несколько километров вглубь ниже среднего уровня поверхности, в результате чего атмосферное давление здесь оказывается заметно выше. Вдоль дна каньона часто наблюдаются туманы и мгла из водяного пара.



НАШИ СВЕДЕНИЯ ПОЛЯРНАЯ СИТУАЦИЯ

Одно из существенных различий между марсианской и земной синоптическими системами заключается в том, что сезонные ветры часто переносят углекислый газ с одного полюса на другой. Хотя под обоими выдающимися полюсами Марса скрывается толща из водяного льда (большая часть представляет собой зоны вечной мерзлоты, сокрытой в почве), значительная часть сверкающего белого льда, который возникает и спадает по мере смены сезонов года, представлена замороженной углекислотой, или сухим льдом, которая конденсируется прямо из атмосферы и «сублимируется» (см. «Глоссарий») обратно в пар, не проходя через фазу жидкого состояния.

Поскольку точка замерзания CO_2 составляет -79°C , по мере приближения весны на одном полюсе он испаряется и конденсируется на другом, когда остывает с наступлением осени. До трети всего объема углекислого газа в атмосфере может конденсироваться на зимнем полюсе, формируя гололед толщиной несколько метров, тогда как с тающего полюса могут подниматься сильные ветры. Так как марсианская пыль, которая не исчезает весной, оказывается в западне конденсирующихся льдов, марсианские полюса сформировались нагромождением слоев в ходе террасирования.

СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС Трехмерная визуализация Марса с полярной шапкой из льда шириной 1200 км и толщиной 3 км.



АНОНС: ЧИТАЙТЕ О ТОМ, КАК ВОДА СЫГРАЛА РЕШАЮЩУЮ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ МАРСИАНСКОГО ЛАНДШАФТА



2 ЖЕРТВА ХИМИИ Вторая теория гласит, что химические процессы запечатали в огромных количествах углекислый газ и водяной пар в марсианской коре.

3 СМЕТЕНА ПРОЧЬ По третьей теории, распадающиеся под действием солнечного света (А) молекулы газа в верхней атмосфере были сметены солнечным ветром (Б).

«МАРС ГЛОБАЛ СЕРВЕЙОР»

Колоссальный успех посадочных модулей и орбитальных аппаратов «Викинг» привел к тому, что интересующиеся Марсом земляне вынуждены были ждать 20 лет, пока не появилась станция «Мартс Глобал Сервейор».

«ДЕЛЬТА-2»
«Мартс Глобал Сервейор» стартует на борту своей ракеты-носителя 7 ноября 1996 года.



СТАТИСТИКА МИССИИ

ЗАПУСК: 07.11.1996

ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ: Первый космический аппарат, который сфотографировал другой космический аппарат на орбите другой планеты.

Аппарат «Мартс Глобал Сервейор», построенный на заводе Lockheed Martin в Денвере, конструировали в качестве спутника для картографирования поверхности Марса.

Сам космический аппарат состоял из прямоугольного корпуса с двумя модулями: в одном находились научные приборы и специальный компьютер, в другом – ракетные двигатели и топливные баки.

Аппарат был высотой около 3 м и шириной порядка 12 м при раскрытых солнечных панелях; масса вместе с топливом достигала 1060 кг.



Из научной аппаратуры на нем были установлены камера «Мартс Орбитер», лазерный альтиметр, спектрометр и магнитометр (см. «Глоссарий»).



НАШИ СВЕДЕНИЯ

НЕПРАВИЛЬНЫЕ ИНСТРУКЦИИ

В апреле 2007 года НАСА признало, что отправленная по ошибке инструкция на «Мартс Глобал Сервейор», которому уже исполнилось 10 лет, привела к сбою в его работе. Инструкция требовала от аппарата повернуть одну из солнечных панелей прямо к Солнцу. Когда батарея перегрелась, контрольные системы аппарата автоматически перешли в безопасный режим работы, прервав тем самым связь с центром управления.

КАМЕРА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Камера станции могла воспроизводить изображения такого разрешения, которое ранее не получал ни один аппарат на орбите Марса. Благодаря технологии, по которой космический аппарат вращался со скоростью, совпадавшей с путевой, удавалось четко рассмотреть объекты шириной всего 1,5 м.





ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ ФОТОГРАФИИ СПУТНИКА

Десятого июля 2006 года камера станции «Марс Глобал Сервейор» повернулась в сторону Деймоса, меньшего из двух спутников планеты. Он находился примерно в 22 985 км от станции, и инженеры на Земле решили воспользоваться случаем и сфотографировать Деймос, как раз за месяц до 129-й годовщины открытия этого спутника американским астрономом Азафом Холлом.



ДЕЙМОС
Меньший из двух спутников Марса.

НА ОРБИТЕ

На рисунке изображен космический корабль на орбите Марса.

КРАТЕР

Фото кратера Земля Сирен с овражистыми стенами, сделанное станцией «Глобал Сервейор».

ГЛОССАРИЙ

Магнитометр – научный прибор для определения силы и/или направления магнитного поля.

Еще одной инновацией стала технология аэроторможения. Технику аэроторможения задействовали здесь в целях сопротивления атмосфере Марса при помощи раскрытых крыльев солнечных панелей. По мере замедления скорости аппарата, он спускался все ниже и ниже по орбите.

Однако когда выяснилось, что один из затворов на солнечных панелях треснул, аппарату пришлось задать более плоскую, а потому более длинную траекторию, чем планировалось ранее. Таким образом, на протяжении четырех месяцев «Сервейор» опустил высшую точку орбиты с 54 000 км до почти 450 км.

Операция по картографированию оказалась чрезвычайно успешной: аппарат отослал на Землю более 240 000 изображений. Благодаря этим фотографиям обнаружили неизвестные до этого факты:

- В местах с небольшим количеством ударных кратеров были рвы, изрезанные склонами, что свидетельствовало о действии жидкой воды.
- Инфракрасный спектрометр обнаружил концентрации мелкозернистого гематита, который часто образуется во влажных условиях.
- Лазерный альтиметр выявил кратеры и каньоны в толще полярных шапок.
- Магнитометр обнаружил локализованные реликтовые

магнитные поля. Это свидетельствовало о том, что некогда на Марсе было большое единое магнитное поле, как на Земле, которое защищало его поверхность от смертельных космических лучей.

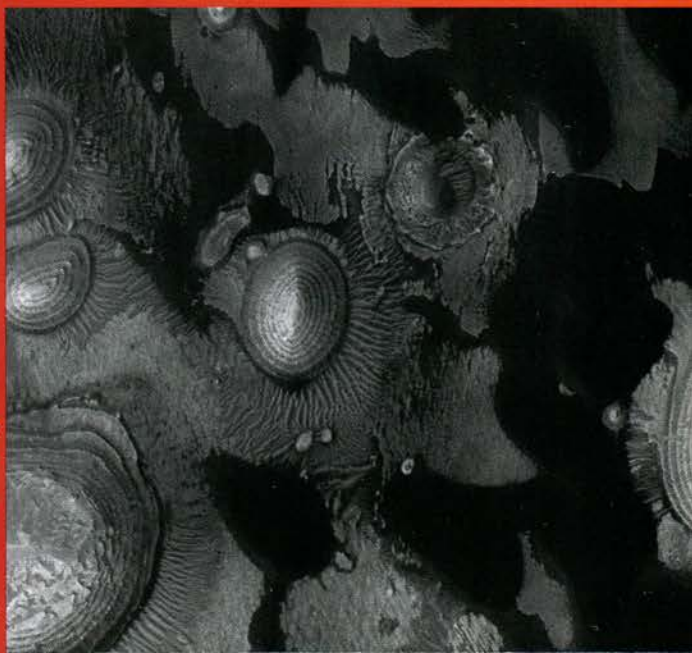
- Камера выявила веерообразную зону, признанную дельтой древней реки, сформировавшейся в результате течения потоков воды в далеком прошлом планеты.
- Появилась возможность проследить изменения в отложениях льда возле Южного полюса планеты. Сокращение ледяного покрова на протяжении лета за три марсианских сезона свидетельствовало о том, что климат планеты продолжает меняться.

СБОРКА

Инженер НАСА готовит в Космическом центре им. Кеннеди теплоизоляционный материал для аппарата «Марс Глобал Сервейор» в рамках подготовки к запуску.

УДАРНЫЙ КРАТЕР

Фото участка Марса 3 x 3 км в Земле Аравия, полученное камерой «Марс Орбитер».



ЖАРА и ПЫЛЬ

Хотя на Марсе не бывает ливней и снега, он подвержен действию сильных ветров. Они вспучивают мельчайшую пыль с поверхности планеты, создавая громадные пылевые столбы и облачные саваны.

Данные показывают, что Марс переживает свое глобальное потепление. С 1970-х по 1990-е годы средняя температура на Красной планете выросла на 1 °С. По мнению ученых, это следствие пылевых смерчей, обнаживших темные горные породы, которые притягивают больше солнечного тепла. Это, в свою очередь, будет вести к возникновению еще большего числа пылевых бурь, а температура планеты в обозримом будущем будет продолжать спирально повышаться.



[1] ДЮНЫ Значительная часть Марса покрыта дюнами, как, например, этот Кратер Эндьюранс. Их сфотографировал марсоход «Оппортьюнити».

[2] ТУМАН Рисунок, изображающий туман, который поднимается ранним утром в Каньоне

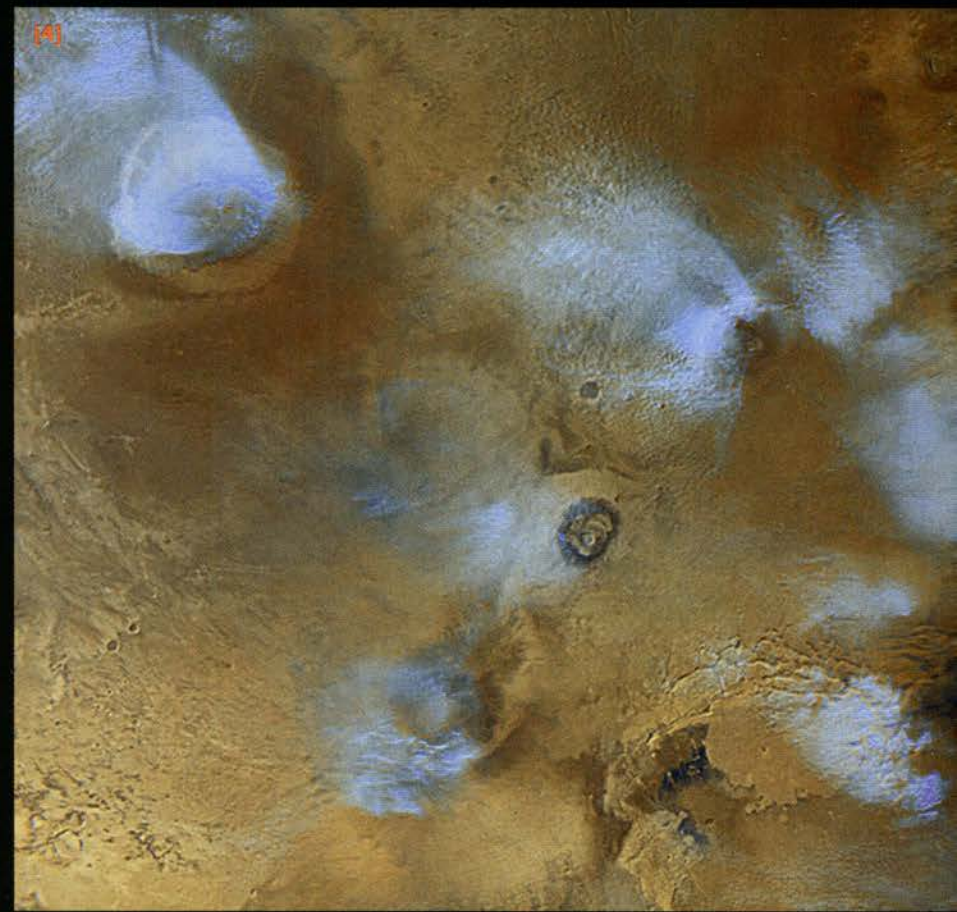
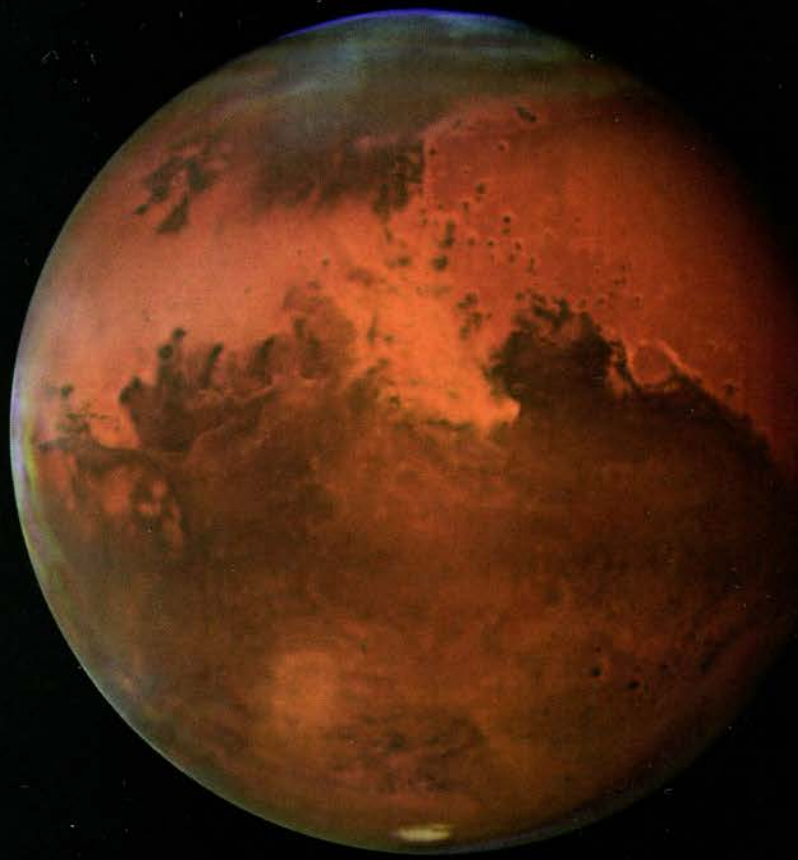
Лабиринт Ночи (приток Долин Маринер). Туман образуется, когда водяной лед на стенах Каньона испаряется под действием восходящего Солнца.

[3] ПЫЛЬ Укрытый покрывалом пыли Марс – фото, полученное космическим

телескопом «Хаббл» 25 октября 2005 года.

[4] ОБЛАКА Снимок камеры станции «Марс Глобал Сервейор», снятый в июне 2000 года, запечатлел тончайшие облака из кристаллов льда над вулканами в Провинции Фарсида.





[2]

[3]

[4]

Courtesy of B. Göttemy/N. Renno, University of Michigan

[5]



[5] ПРИБЛИЖАЮЩИЙСЯ СМЕРЧ На этом рисунке художник запечатлел пылевой смерч, собирающийся на марсианском горизонте. Как правило, такие вихри быстро скапливают энергию и укрывают покровом всю планету. И хотя никто точно не знает, как это происходит, считают, что рассеянные



в воздухе частицы пыли поглощают солнечный свет и разогревают атмосферу вокруг себя. Такие теплые карманы воздуха далее несутся над более холодными регионами и формируют ветры. Вследствие этого мощные ветры поднимают еще больше пыли, что продолжает разогревать атмосферу.



4 МЛРД ЛЕТ НАЗАД

На Марсе было много рек, однако неожиданно планета превратилась в большую пустыню. А можно ли Марс искусственно развить до уровня поддержания жизни в будущем?

ТЕРРАФОРМИРОВАНИЕ

Некоторые ученые полагают, что возможно модифицировать природные условия на чужеродных планетах, чтобы сделать их подходящими для колонизации людьми. Этот процесс именуют «терраформированием».

Дословно «терраформирование» означает «формирование Земли», т. е. процесс преобразования других планет в более похожих на нашу. Саму идею этого придумали писатели-фантасты еще в 1930-х годах (см. «Научная фантастика»).

И хотя дискуссии о терраформировании сегодня больше связаны с Марсом, первоначально главной мишенью этой идеи была куда менее гостеприимная для нас Венера. В 1961 году Карл Саган писал, что ключом к превращению Венеры в обитаемый мир могло бы стать полное удаление углекислого газа из ее атмосферы и уменьшение колоссального парникового эффекта на этой планете (см. «Глоссарий»).

Саган предположил, что астронавты будущего смогут

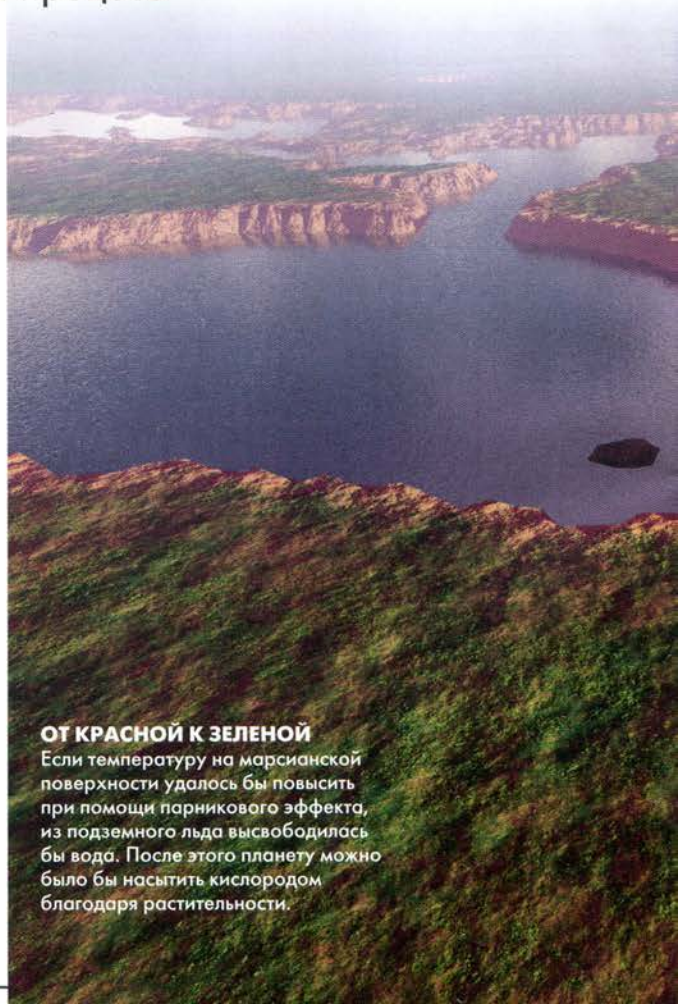
«засеять» небо над Венерой синезелеными водорослями, или цианобактериями, похожими на те, что некогда трансформировали атмосферу самой Земли примерно 3 млрд лет назад.

ЛЕДЯЩИЕ РЕШЕНИЯ

Возможно, наиболее обещающим на сегодня предложением можно считать идею бомбардировки Венеры огромным количеством льда (который можно взять, например, на одном из меньших спутников Сатурна). Химические реакции, которые запустит этот процесс, мог-

ГЛОССАРИЙ

Парниковый эффект – способность планетной атмосферы блокировать потерю тепла, поднимающегося с поверхности, и усиливать тем самым нагревание поверхности планеты в результате абсорбции солнечной радиации.



ОТ КРАСНОЙ К ЗЕЛеноЙ

Если температуру на марсианской поверхности удалось бы повысить при помощи парникового эффекта, из подземного льда высвободилась бы вода. После этого планету можно было бы насытить кислородом благодаря растительности.



НАУЧНАЯ ФАНТАСТИКА

ПОСЛЕДНИЕ И ПЕРВЫЕ ЛЮДИ

Первым человеком, который всерьез обратился к идее трансформации других планет, был Олаф Стэплдон (1886–1950), философ и писатель-фантаст. В своей книге «*Последние и первые люди*» (1930) Стэплдон ведет хронику будущей истории 18 различных видов человека, включая наш собственный, из которых «Первые люди» были самыми примитивными. Уже «Пятые люди» додумались до идеи терраформирования Венеры после того, как Земля стала неприемлемой для жизни, но для этого этим людям потребовалось уничтожить венерианских жителей – разумные водные виды.

Сам термин «терраформирование» придумал плодовитый американский писатель Джек Уильямсон в своей повести в 1942 году.



ОЛАФ СТЭПЛДОН Автор романа «*Первые и последние люди: История близлежащего и далекого будущего*».

ВЫЗОВ МАРСУ

Марс представляет другой набор сложных задач для будущих терратрансформеров. Он все-таки не столь неблагоприятный по совокупности своих условий, однако из-за меньшего размера и слабой гравитации (всего треть от гравитации Земли) его будет еще труднее превратить в «земноподобную» среду. К счастью, большая удаленность от Солнца поможет противостоять этой проблеме, поскольку молекулы газа в атмосфере с меньшей вероятностью нагреются до второй космической скорости (см. «Глоссарий»).

Основные проблемы с Марсом – это отраженные с точностью до наоборот проблемы с Венерой. Там требуется утолщение атмосферы и согревание поверхности планеты, вот почему решением проблемы может стать создание на Марсе искусственного парникового эффекта. Орбитальные зеркала смогли бы направить больше солнечного света на планету, одновременно с засеиванием атмосферы мощными химреагентами для создания парникового эффекта, такими как хлорфторуглероды.

« ЛЮБАЯ ДОСТАТОЧНО РАЗВИТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕОТЛИЧИМА ОТ МАГИИ ».

Артур Кларк

ГЛОССАРИЙ

Вторая космическая скорость – минимальная скорость отдаления от родительского тела, которую должна приобрести частица, чтобы навсегда вырваться из гравитационного притяжения родителя.

ли бы привести к выведению углекислого газа из атмосферы и формированию неглубокого океана на большей части планеты. Затем для образования кислорода можно было бы использовать синезеленые водоросли, а в качестве искусственного солнца – орбитальное зеркало.



НАШИ СВЕДЕНИЯ

МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАПУСК ТЕРРАФОРМИРОВАНИЯ НА МАРСЕ

Недавние открытия показали, что Марсу, возможно, и не требуется такая активная помощь извне. Если бы из-под коры Марса удалось высвободить всего малую долю легкоиспаряющихся веществ, таких как замороженный углекислый газ и водяной лед, это могло бы само по себе механически запустить процесс терраформирования. Есть предложение

добиться этого мощным зеркалом, но не только для отражения, а для сфокусированного направления лучей Солнца на конкретные участки планеты. Нагрев горную породу при помощи зажигательного стекла из космоса, возможно, удастся высвободить в огромных количествах нужный газ и поставить Марс на путь превращения в более земноподобную планету.

ЖИЛИЩА Через несколько столетий колоссально дорогой трансформации на новом плодородном ландшафте могут появиться жилые здания.