

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Гимназия №7 г. Брянска им. Героя России С.В.Василёва»

Номинация
«Космические технологии»

Тема работы:
«Добыча полезных ископаемых на Марсе»

Выполнила:
Курачева Ксения Дмитриевна
11 класс

Научный руководитель:
Матюхин Дмитрий Иванович

Брянск 2022

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
Основная часть	5
Заключение	13
Список используемой литературы	15
Приложения	16

Аннотация

В работе подробно представлена информация о геологии планеты Марс, наличии воды на поверхности и под поверхностью, история исследования планеты различными роботизированными аппаратами, научные открытия в рамках добычи полезных ископаемых в космосе и возможные способы их добычи.

Исследовательская часть работы представляет собой модель возможного комплекса по добыче полезных ископаемых на Марсе, который включает в себя множество элементов подробно описанных и представленных на графике Приложения 1.

В качестве источников информации были использованы интернет ресурсы, книги по астрономии, в том числе и англоязычные.

Объём работы составляет 16 страниц, включая 1 страницу Приложения с графиком. Использовано три литературных источника и три интернет-источника.

Введение

Человечество покоряет космическое пространство уже на протяжении многих лет и это, несомненно, продолжится в будущем.

Экологическая ситуация Земли становится всё более ужасающей. За последние 100 лет численность населения возросла с 1,5 млрд до более чем 7 млрд человек и это обострило борьбу за и без того ограниченные ресурсы. С каждым годом ресурсов становится все меньше, добывать их приходится все сложнее.

С развитием технического прогресса и массового строительства необходимых промышленных структур, грядёт скорое истощение нужных природных ресурсов. Некоторые исследователи указывают на то, что это может стать реальностью уже в обозримом будущем. И об этом явно свидетельствуют современные достижения науки и техники. Уже в этом столетии человечество может полностью исчерпать мировые запасы нефти, природного газа и железа.

Пока другие стараются спасти нашу планету, космические организации стран размышляют о более глобальном выходе из ситуации – колонизации ближайших планет. Вопрос о добыче полезных ископаемых в космосе не теряет актуальности на протяжении уже нескольких десятилетий. Помимо уже известных нам полезных ископаемых на других планетах можно найти новые, что облегчит различные производства; появится возможность доработать, улучшить или создать что-то новое.

Особенно интересным объектом для размышления на эту тему является Красная планета – Марс. Он определённо имеет преимущество перед другими соседями Земли: Меркурием и Венерой. Кроме того, Марс на данный момент является наиболее вероятным кандидатом на последующую колонизацию.

Цели:

- Собрать и обобщить данные о поисках полезных ископаемых на Марсе.
- Промышленная добыча полезных ископаемых.

Задачи:

- Узнать о научных открытиях в рамках добычи полезных ископаемых в космосе
- Узнать о возможных способах добычи полезных ископаемых на Марсе
- Описать модель марсианской поверхности и модели шахт для добычи полезных ископаемых.

Методы исследования:

Теоретические:

- изучение и обобщение

В проекте была изучена и обобщена информация о Марсе, его геологии и технических особенностях добычи полезных ископаемых

- идеализация

В работе идеализированы условия на поверхности Марса, для упрощения построения модели комплекса по добыче ископаемых

- анализ и синтез

В рамках исследования проанализированы способы добычи полезных ископаемых. На основе полученной информации синтезирована модель марсианской шахты.

Эмпирические:

- сравнение

При описании модели шахты, был использован метод сравнения поверхности Марса с поверхностью Земли.

Основная часть

Геология Марса

Для геологов Марс оказался очень интересным. Небольшая по размерам

планета, сила тяжести на которой там почти втрое меньше, чем на Земле. Когда гравитация слабая, разница высот может быть весьма значительной. Поэтому на малых планетах могут образовываться более высокие горы и более глубокие каньоны. Так, на Земле максимальная высота гор – около 9 км, а на Марсе – 26 км, и, при этом, плотность и твердость пород примерно одинакова. На нашей планете более высоких гор не построить: даже если на Эверест наложить камней, выше он не станет – избыточной массой гора лишь продавит свое основание.

Марсианские каньоны тоже очень глубокие, до 10 км. Один из самых глубоких назвали Долинами «Маринера» – ученого, который впервые сделал его снимок. Длинной каньон около 4000 км, ширина – почти 800 км, глубина – около 7 км. Правда, на Земле самое глубокое место – Марианская впадина – примерно такой же глубины, но это благодаря тому, что она заполнена водой.

Атмосфера Марса разреженная и сила тяжести на его поверхности небольшая, тем не менее, даже такая атмосфера может создать мощный воздушный поток, который способен поднять пыль.

Карты марсианского рельефа на сегодня более детальны, чем карты земной поверхности. На нашей планете снимать рельеф мешают облака, вечнозелёные тропические леса. Кроме того, две трети поверхности Земли покрыты водой, сквозь которую не видно ничего из того, что находится на дне. А на Марсе воды нет, облаков мало, зелени нет, поэтому его внешний вид мы знаем идеально.

При помощи многофункциональной автоматической межпланетной станции MRO удалось исследовать подповерхностную структуру Красной планеты. Из курса физики известно, что любая волна проникает внутрь тела на расстояние порядка длины этой волны. MRO имеет в распоряжении радиолокаторы, в том числе и длинноволновые (порядка километра). И его снимки Марса показывают много интересных деталей.

Как правило, эти детали узнаваемы и в земном рельефе.

В марсианском грунте встречаются круглые дырки размером в десятки метров. Дно обнаружить не удалось. И ведь с искусственных спутников Марса уже

обнаружены входы в марсианские пещеры. Это такие дырки-шахты, вертикальные колодцы, довольно широкие, размером со спортивную арену. На фоне льда они очень контрастно выделяются. Что внутри этих дыр пока не известно. Куда идут эти ходы? Вряд ли до центра планеты. По-видимому, они имеют карстовое происхождение.

На нашей планете тоже встречаются такие входы в подземелье, недавно такую воронку обнаружили на Таймыре (Оленченко, 2014). Карстовые явления на Земле возникают, когда вода, вымывает в глубинном слое грунт, образуя сеть пещер, потом где-то обваливается крыша, и таким образом получается вход в пещеру. Но это не обязательно вода, могут быть и вулканические жидкости, расплавившие внутренние горизонты.

Средняя плотность Марса составляет 3933 кг/м³, что говорит о том, что он является планетой земного типа и состоит из каменистых пород (их плотность — порядка 3000 кг/м³) с примесью железа. Однако точное соотношение Fe/Si не установлено; даются оценки от 1,2 до 1,78 (для хондритов свойственно значение 1,71). Оно ниже, чем для Земли, из-за чего меньше и общая плотность.

Мантия, в которой выделяют верхнюю, среднюю и (иногда) нижнюю часть. Из-за меньшей силы гравитации на Марсе диапазон давлений в мантии Марса гораздо меньше, чем на Земле, а значит, в ней меньше фазовых переходов. Верхняя мантия состоит из оливина, пироксенов (ортопироксена, а ниже клинопироксена) и граната при давлении до 9 ГПа.

Ядро радиусом порядка половины радиуса всего Марса — по разным оценкам, от 1480 до 1840 км. Плотность в центре планеты достигает 6700 кг/м³. Ядро, скорее всего, находится в жидком состоянии (по крайней мере частично) и состоит в основном из железа с примесью 16 % (по другим оценкам — до 20 % и выше) серы, а также порядка 7,6 % никеля, причём содержание лёгких элементов вдвое выше, чем в ядре Земли. Содержание водорода, точно не известно.

Полярные ледяные шапки впервые наблюдал Христиан Гюйгенс в 1672 году. С 1960-х годов известно, что сезонные полярные шапки состоят из диоксида углерода, конденсирующегося из атмосферы при падении температуры ниже 148

К, точки замерзания диоксида углерода, в течение зимнего времени на полюсе. На севере лёд почти полностью исчезает летом, оставляя слой водяного льда. На южном полюсе летом остаётся маленькая шапка льда диоксида углерода.

Также на Марсе можно добывать и другие полезные ископаемые: ниобий, металл, используемый в производстве сверхпроводников и специальных сталей, лантан и неодим и европий для телевизионных мониторов и энергосберегающих светодиодных лампочек, свинец, серебро, олово, висмут и сурьму, кремний.

Марсианская вода

В полярной шапке Марса есть вода, но судя по тому, что шапка очень интенсивно тает под солнцем, становится понятно, что воды там очень мало, в основном это углекислый газ, который при низком марсианском давлении испаряется при $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Но можно увидеть следы течения воды, явные речные русла, сеть притоков, размытые овраги. Значит, что-то там текло? Судя по всему, на Марсе даже море было, целый океан: в северном полушарии планеты поверхность очень ровная, вся выглажена, как у нас морское дно, и она ниже среднего уровня высоты метров на триста. Но куда вся эта вода делась? Наверное, часть замёрзла, а часть испарилась. Но не вся же? Или вся?

Жидкость будет использоваться не только для питья. Она станет важнейшим компонентом для производства ракетного топлива. При расщеплении молекул H_2O с помощью электролиза на молекулы водорода (H_2) и кислорода (O_2), а затем компрессии и превращении в жидкость, можно будет синтезировать топливо и окислитель, которые наиболее часто применяются в жидкостных ракетных двигателях.

Сложность заключается в том, что жидкий водород должен храниться при экстремально низких температурах. Для этого NASA хочет превращать водород в тот вид топлива, который будет проще всего хранить: метан (CH_4). Это вещество

можно получить при соединении водорода и углерода. Но где добывать углерод на Марсе? К счастью, на Красной планете его очень много. Марсианская атмосфера на 96 процентов состоит из молекул углекислого газа. Захват этого углерода – задача специальной морозильной установки. Если говорить простыми словами, она будет создавать из воздуха сухой лед.

Получив с помощью электролиза водород и добыв углеродный газ из атмосферы, с помощью химического процесса — реакции Сабатье — их можно будет соединить в метан. Для этого NASA разрабатывает специальный реактор. В нем будут создаваться необходимые давление и температура для поддержания реакции превращения водорода и углекислого газа в метан и воду в качестве побочного продукта.

В 1997 году для геологического исследования на Марс опустился марсоход Pathfinder. Его колёса были слишком малы, так что далеко уйти по пересечённой местности он не мог, но и в доступной ему окрестности хорошо поработал. Он прижимал альфа и гамма-спектрометры к камням и анализировал химический состав горных пород.

Другие два геологических марсохода – Spirit и Opportunity. Первый из них проработал 6 лет, потом попал на зыбучие пески и сломался. А второй - Opportunity - работает уже 12 лет без ремонта, хотя на столь долгий срок никто и не надеялся. Хотя бы потому, что питается он исключительно солнечной энергией, а во время пылевых бурь его солнечные панели должно было засыпать и они бы перестали вырабатывать необходимое для работы электричество. Однажды такое произошло, но потом дунул сильный ветер и очистил фотоэлементы от пыли, они снова начали функционировать. Так случалось уже несколько раз, так что ветер на Марсе оказался очень полезным.

Самое лучшее, что есть сегодня на Марсе у NASA – гигантская машина Curiosity, посаженная в 2012 году. Внедорожник с 21-дюймовыми колесами, весом почти в тонну (на Земле), с великолепным источником питания: у него нет солнечных батарей, зато есть ядерный реактор. Этого ядерного источника энергии хватит на десятки лет.

Для отбора образцов у него есть манипулятор – штанга двухметровой длины. Но это не предел расстояния, на котором он может анализировать материалы. Curiosity оснащен инфракрасным лазером, который стреляет многоджоулевыми импульсами, испаряя породу.

В его арсенале имеется и один российский прибор, сделанный в Институте космических исследований (Москва). Это нейтронный детектор для поиска воды под поверхностью Марса. Встроенный в него источник испускает поток нейтронов, который проникает в грунт на глубину более метра. Если нейтроны встречают на пути атомы водорода (которые входят в состав молекулы воды), то они ими рассеиваются и обратно не отражаются. А если лёгких ядер там нет, то нейтроны частично отражаются назад.

Curiosity совершил посадку внутри большого метеоритного кратера около большой (5 км высотой) центральной горы. Она сложена осадочными породами, которые век за веком наслаивались, и эту «геологическую летопись» Марса за последние пару миллиардов лет геологи мечтают изучить. Сейчас марсоход уже подъехал к подножию этой горы, и его задача – подниматься на неё, пока сможет. Это непросто: осколки марсианских пород оказались весьма острыми и способными нанести серьёзный урон алюминиевым колёсам робота. Из-за полученных повреждений движется он не быстро, тем более что ведут его не по прямой, а в обход камней, так что доберётся ли он до самой вершины – неизвестно.

Еще один аппарат, исследующий Марс - InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport)

У робота имеется инструмент Instrument Deployment Arm – роботизированная рука длиной 2,4 метра. Всего InSight имеет в распоряжении три прибора: сейсмограф, тепловой зонд и прибор, который с высокой точностью следит за колебаниями оси вращения Марса. Тепловой зонд должен будет установить рекорд в исследованиях Марса: если раньше земные аппараты бурили марсианскую поверхность всего на десятки сантиметров, то в этот раз планируется, что тепловой зонд проберется вглубь Марса на целых пять метров,

определяя, как меняется температура марсианского грунта с увеличением глубины.

Национальное управление США по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (NASA) опубликовало на своем официальном канале в YouTube видеоролик, на котором запечатлены испытания последнего прототипа робота Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot (RASSOR). Данная разработка предназначена для добычи ценных полезных ископаемых на Марсе. Ожидается, что в обозримом будущем отряд таких роботов будет отправлен на Марс в рамках подготовки Красной планеты к прибытию первых колонистов с Земли.

Описание модели установки по добыче полезных ископаемых на Марсе

Какие методы и технологии могут быть использованы для добычи полезных ископаемых на Марсе? В этом окажутся полезны специальные бурильные установки, которые будут доставлены по частям так же, как и база - специальным грузовым кораблем.

После изучения мантии планеты стало очевидно, что содержание влаги достаточно высоко, но сама вода пока не была обнаружена.

Поверхность Марса исследуют космические роверы, орбитальные станции и искусственные спутники. Они обнаружили, что мантия Марса богата сернистым железом, оливином и железистыми окислами, которые и придают планете ржавый цвет.

Химический состав поверхности планеты: кремния 21%, железа 12,7%, серы 3,1%.

Но, здесь стоит сделать важную ремарку: на Марсе и помимо железа ископаемых хватает. На этой планете в изобилии никеля, меди, алюминия и кальция.

Вопрос наличия (или отсутствия) на Марсе воды беспокоил ученых на протяжении многих десятилетий. Множество экспедиций успешно достигали поверхности планеты. Большой вклад в изучение Марса внесли космические станции: «Маринер», «Викинг»; космические корабли: «Марс», «Фобос».

Что же доступно человечеству на Марсе уже сегодня? Воздуха нет, воду очистить очень сложно — вероятно, можно достать ее из полярных шапок. Марс — сложная планета. До сих пор нет ни одной по-настоящему самостоятельной колонии даже в Антарктиде, а ведь этот континент находится на нашей планете! Воды там много, атмосфера прекрасная, но при этом холодно, помидоры и другие вкусные и полезные овощи не растут. Их снабжают с материка — ни одна станция не обходится без продуктов извне. Нет ни одной колонии и под водой: там условия, вообще-то, заметно лучше, чем на Марсе. Поэтому марсианская колония — это пока фантазия, ведь снабжать ее с Земли будет слишком дорого. Сама идея колонизации пока преждевременна: сначала следует изучить новую планету. Однако если смотреть совсем далеко вперед, то это возможно.

Для добычи полезных ископаемых на Марсе наиболее вероятным вариантом представляется создание купола (1), внутри которого будет постоянно поддерживаться постоянное атмосферное давление и температура, что увеличит скорость процесса добычи, значительно облегчит его и обезопасит функционирование установки. Чтобы снизить потери тепла, между стенками купола необходимо создать буферную зону (2). Данную зону можно заполнить материалом с минимальной теплоемкостью и теплопроводностью (например, инертным газом). На крыше купола расположены солнечные батареи (3), обеспечивающие энергией добывающую установку. Солнечные батареи устанавливаем на поворотные крепления (ножки) (4), которые можно снабдить электроприводом (5).

Электропривод будет ориентировать солнечные батареи по Солнцу в течение марсианских суток. Кроме того, поворотные крепления на солнечных батареях необходимы для периодической очистки батарей от песка: поворотный механизм переворачивает панель на 180 градусов, таким образом, стряхивая песок.

Дополнительным источником может являться орбитальное зеркало на геостационарной орбите (6). В таком случае, солнечные батареи будут ориентированы только относительно геостационарного зеркала. Орбитальное зеркало на геостационарной орбите будет фокусировать и направлять солнечный свет на купол, являясь дополнительным источником энергии.

Под куполом располагаются шахты выработки полезных ископаемых (7), автоматизированные фабрики по переработке полезных ископаемых в сырье (8) для дальнейшего использования на автоматизированных заводах и реактор(9), круглогодично вырабатывающий энергию для автономных заводов (10). Он также разогревает воду, необходимую для добычи полезных ископаемых. Доставку сырья из шахты на автоматизированный завод можно осуществлять по подземному ходу (11). Это необходимо для того, чтобы энергия не уходила в атмосферу. На заводе можно создавать лекарства, микросхемы, роботов, упаковать ценные ресурсы для их последующего отправления на Землю с целью изучения, переработки и т.д. (в зависимости от вида полезных ископаемых и их значения). Рядом с заводом предполагается расположить контейнеры (12) для складирования готовой продукции, откуда она отправляется на космодром.

Заключение

В работе подробно представлена информация о геологии планеты, наличии воды на поверхности и под поверхностью, история исследования планеты различными роботизированными аппаратами, научные открытия в рамках добычи полезных ископаемых в космосе и возможные способы их добычи.

Осуществление подобного проекта откроет перспективы научного познания окружающего мира, что позволит землянам создать резервную «Колыбель

Человечества» на Марсе на тот случай, если произойдет глобальный катаклизм на нашей планете. Добыча полезных ископаемых на Марсе даст возможность облегчить уже имеющиеся производства и изобретать что-то новое.

В процессе выполнения работы все поставленные цели и задачи были выполнены.

Список используемой литературы

1. Сурдин В.Г. «Астрономия. Популярные лекции». 2-е издание. МЦНМО, 2019-352 с.
3. Кац Я.Г., Козлов В.В., Макарова Н.В., Сулиди-Кондратьев Е.Д. «Геологи изучают планеты» - Москва: Недра, 1984 – 144 с.
4. Clark, B. «Chemistry of the Martian Surface: Resources for the Manned Exploration of Mars, in The Case For Mars». 1984 P. Boston, ed. American Astronautical Society. Univelt Inc. San Diego, CA
5. Российская Астрономическая Сеть (Астронет): <http://www.astronet.ru>
8. Официальный сайт Американского Космического Агентства (NASA): <https://www.nasa.gov>
7. Геологическая библиотека <http://www.geokniga.org>

Приложения

