

## «МАРС-БРОСОК» ЗА МИЛЛИОНЫ КИЛОМЕТРОВ ОТ ЗЕМЛИ

Архипов З.

г. Самара, МБОУ лицей «Технический», 5 класс

Научный руководитель: Цирова И.С., г. Самара, доцент кафедры общей и теоретической физики, Самарский НИУ

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте III Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://www.school-science.ru/0317/11/28163>.

### Как это будет...

24 ноября 2035 года два обтекаемых космических корабля наконец-то вышли на марсианскую орбиту. Этому событию ждали много лет, и вот посадочный модуль приближается к марсианской поверхности.

Зрители на Земле наблюдают за первопроходцами по огромным жидкокристаллическим экранам и с нетерпением ждут развитие событий. Что же ждет космонавтов на Красной планете?

Марсианская колония станет настоящим страховым полисом для человечества, ведь, вероятно, в далеком-далеком будущем людям придется покинуть Землю. Причины могут быть разные: перенаселение, природные катаклизмы или исчерпание запасов полезных ископаемых [14]. Из-за подобных проблем человечество уже рассматривает возможности проживания на других планетах Солнечной системы, именно в этом и состоит актуальность нашего проекта.

**Цель проекта:** изучить основные условия окружающей среды Марса и исследовать ключевые факторы, препятствующие организации межпланетных экспедиций.

#### Задачи:

1. Изучить литературу по теме исследования.
2. Проанализировать условия окружающей среды планеты Марс и их общность с условиями Земли.
3. Рассмотреть основные траектории полета на Марс и программы освоения красной планеты.
4. Выяснить проблемы, которые могут возникнуть при освоении планеты.

#### Марс в Солнечной системе

Планету назвали Марсом в честь древнеримского бога войны Марса. Иногда Марс называют «красной планетой» из-за красноватого оттенка поверхности, придаваемого ей оксидом железа.

Марс – четвертая планета в Солнечной системе от Солнца.

Диаметр Марса всего лишь около половины диаметра Земли – 6792 км.

Общая масса составляет около 9,31% массы Земли.

Марс по строению похож на Землю, он также имеет ядро, мантию, кору. На этом сходство заканчивается. Ядро Земли расплавлено и находится в постоянном движении. Внутреннее ядро вращается в противоположном направлении, в отличие от внешнего. Это взаимодействие создает магнитное поле, которое защищает нашу поверхность от солнечной радиации. Марсианское ядро является твердым и не вращается. Планета практически не имеет магнитного поля, из-за чего подвергается воздействию радиации.

Марс и Земля имеют почти равную продолжительность суток. Одни сутки на Марсе равны 24 земным часам и 37 минутам, а значит, животные, растения, а тем более люди, быстро приурочиваются к распорядку дня. Марсианский год намного продолжительнее земного, на один оборот вокруг Солнца у Марса уходит 687 земных суток.

Воздух на Марсе смертелен для человека. Размер его атмосферы всего лишь 1% от земной. Он состоит из 95% двуоксида углерода, 3% азота, 1,6% аргона, и следовых количеств кислорода, водяного пара и других газов.

Марс – это мир экстремальных погодных условий. В целом, там очень холодно, средняя температура поверхности около – 47 °С. В течение лета, близ экватора, температура может достигать 20 °С в течение дня, но падать до – 90 °С ночью. Это 110 °С разницы температур создают ветра, которые достигают скорости торнадо. После того как начинаются эти ветры, в воздух поднимается пыль из оксида железа, которая охватывает всю планету [9].

#### Траектории полета на Марс

Так сколько лететь до Марса?

Примерно каждые два года наша планета и Марс максимально сближаются. Марс, Земля и Солнце выстраиваются в одну линию, Марс с Земли виден в противополож-

ном Солнцу направлению. Такое событие в астрономии называется «противостояние». Противостояние происходит 1 раз в 2 года 50 дней. Последнее было 22.06.2016.

Если в противостоянии Марс находится в перигелии, то есть на самом близком расстоянии от Солнца, а Земля в афелии, на самом дальнем расстоянии от Солнца, происходит Великое противостояние (рис. 1).

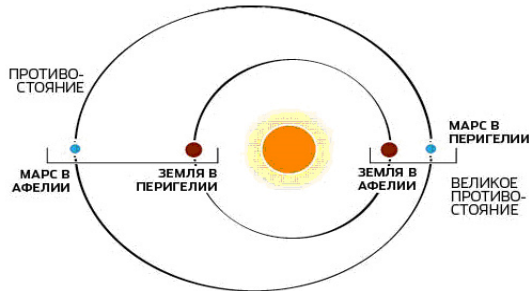


рис. 1

В моменты Великих противостояний, расстояние от Земли до Марса может составлять всего 56 млн. километров. Великие противостояния повторяются в среднем каждые 15-17 лет, следующее будет 27.07.2018 года [1]. Зная, что Марс всего в 56 миллионах километров от нас, а космические корабли передвигаются со скоростью, превышающей 20 тыс. километров в час несложно подсчитать, что на полет от Земли к Марсу уйдет 115 дней. На практике полет протекает примерно в два раза дольше. С чем же это связано? Причина в том, что наша планета и Марс вращаются вокруг Солнца. Нельзя просто соорудить ракету и запустить ее напрямик на Марс. К тому времени как ракета долетит туда, Марс уже уйдет вперед по орбите. Чтобы запуск увенчался успехом необходимо целиться на опережение, туда, где планеты еще нет. Ученые используют метод, названный Гомановской траекторией.

Способ был предложен Уолтером Гоманом еще в 1925 году [10]. Гомановская траектория – часть эллиптической орбиты, которую можно использовать для перехода с орбиты Земли на орбиту Марса. То есть, на время перелета корабль становится искусственной планетой Солнца, который согласно первому закону Кеплера движется по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой находится Солнце. В простейшем случае траектория пересекает две орбиты Земли и Марса в перигелии и афелии (рис. 2). На эллиптическую орбиту корабль переходит с помощью работающих двигателей. Когда необходимая скорость достигнута, двигатели выключаются, и корабль по эллипсу движется к Марсу. В окрестности Марса двигатели снова включаются. Ко-

рабль переходит на орбиту около Марса или совершает посадку.

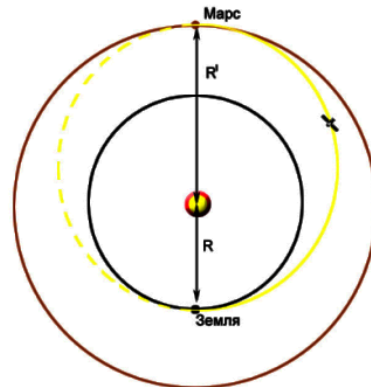


Рис. 2. Гомановская траектория перехода (желтый) с низкой круговой орбиты (черный) на более высокую круговую орбиту (красный)

Рассчитаем, какое время займет полет на Марс по такой траектории, без учета времени ускоренного движения с включенными двигателями, предполагая, что Земля и Марс движутся по круговым орбитам. Радиус орбиты земли – 1 ае, радиус орбиты Марса 1.52 ае. Используем третий закон Кеплера: квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их эллипсов и, учитывая, что период обращения Земли 1 год, получаем:

$$\frac{T_k^2}{T_z^2} = \left( \frac{R + R'}{2} \right)^3 \cdot \frac{1}{R^3}$$

$$\frac{T_k^2}{1^2} = \frac{1.26ae^3}{1ae^3}$$

$$T_k = \sqrt[2]{1.26^3}$$

$$T_k = 1.4 \text{ года.}$$

То есть полет в одну сторону продлится 0.7 года, однако такое путешествие пройдет с очень высокими затратами топлива. Он предполагает использование тормозных двигателей для замедления скорости корабля перед приземлением. Тормозные двигатели расходуют много топлива, из-за чего полет на Марс дорогой. Кроме того, перелет по орбите Гомана требует определения оптимального времени пусковых окон – когда Земля и Марс сближаются. Поэтому если возникнет задержка, ожидание другого стартового окна может занять около двух лет.

Другой способ предполагает направлять корабль не напрямую к планете, а к точке впереди планеты на его орбите вокруг Солнца, и ждать пока она подхватит его. Это баллистический захват (рис. 3) [2].

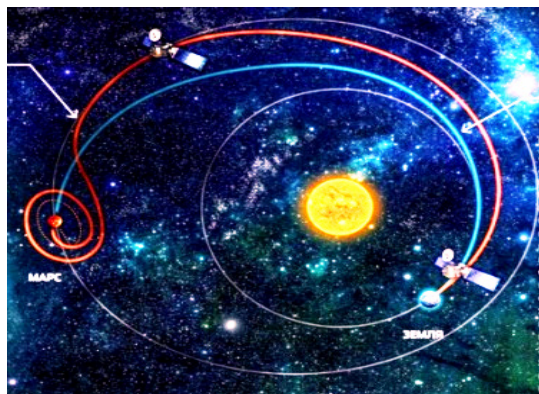


Рис. 3. Баллистический захват  
гомановская траектория

В случае с баллистическим захватом космический аппарат курсирует немного медленнее, чем Марс на своем орбитальном пути вокруг Солнца. Марс гравитационно захватывает аппарат на планетарную орбиту. Так достигается значительная экономия топлива и отказ от необходимости отправлять ракету в строго обозначенное окно запуска, но этот способ требует гораздо большего времени. Для автоматических аппаратов это не так существенно, а для пилотируемого полета на Марс эти дополнительные несколько месяцев полета могут перекрыть все преимущества в экономии топлива. Ведь экипажу потребуются продукты питания, воздух/кислород для обеспечения жизнедеятельности на эти несколько дополнительных месяцев, а это дополнительная масса и дополнительное место. В итоге может получиться, что пилотируемый перелет к Марсу по Гомановской траектории окажется все-таки более выгодным. Баллистический захват же позволит сохранить устойчивый поток поставок на планету при беспилотном перелете [4].

### Программы изучения Марса

Сейчас Марс одновременно изучают семь аппаратов. В их числе американский орбитальный аппарат Mars Odyssey, зонды Mars Reconnaissance Orbiter и MAVEN, марсоходы Opportunity и Curiosity, а также европейская межпланетная станция Mars Express и индийская Mars Orbiter Mission.

14 марта 2016 года с космодрома в Байконуре был запущен космический аппарат программы ЭкзоМарс 2016 – масштабного проекта сотрудничества между Европейским космическим агентством и Роскосмосом. Это первый из двух запланированных запусков космических зондов, целью которых является детальное изучение Марса – поиск источника метана, который докажет существование на Марсе жизни или же активных геологических процессов.

На Марсе, при отсутствии плотной атмосферы, метан быстро разлагается под воздействием ультрафиолета. Но он стабильно присутствует в марсианском воздухе. Значит, должен существовать постоянный источник где-то вблизи поверхности. Это могут быть либо живые организмы, либо вулканические процессы в глубинах планеты – это тоже будет открытием, ведь сегодня считается, что тектонические процессы Марса давно утихли [8].

К Марсу запустили многофункциональную орбитальную станцию под названием «Trace Gas Orbiter» – «Орбитальный аппарат для изучения газов» и демонстрационный десантный модуль Schiaparelli (Скиапарелли). Аппараты достигли Красной планеты в октябре 2016 года. Орбитальный модуль TGO и Schiaparelli успешно разделились 16 октября 2016 года. Связь со спускаемым аппаратом оборвалась 19 октября 2016 года в момент его спуска на марсианскую поверхность. 22 октября 2016 года Европейское космическое агентство подтвердило, что десантный модуль разбился при посадке на красную планету (рис. 12). Предполагается, что двигатели модуля были выключены ранее, чем он достиг поверхности из-за сбоя навигационного прибора, и модуль разбился при посадке на красную планету [7].

Пока машины уже исследуют Марс, человек только готовится к полетам. Существует множество программ освоения Марса человеком.

### Inspiration Mars: «а это вообще считается?»

Компания американца Денниса Тито, «Вдохновение – Марс» Inspiration Mars, планирует в 2018 году отправить к Марсу небольшой космический корабль с супружеской парой на борту. Экспедиция не предполагает посадки на Марс, а лишь облет планеты. Астронавты будут заключены в крохотной капсуле почти полтора года. Именно поэтому они должны быть мужем и женой: чтобы выдержать столь длительные лишения. Старт экспедиции назначен на 2018 год, потому что именно в этом году произойдет великое противостояние планет. Если экспедиция не будет вовремя подготовлена, у Тито есть и запасной план: запустить корабль в 2021 году и совершить гравитационный маневр – облететь вокруг Венеры, чтобы гравитационное поле этой планеты ускорило корабль и направило его к Марсу [20].

### SpaceX: «у него есть огромное желание и средства»

Элон Маск твердо решил отправить человека на Марс, и его детище компания «SpaceX» уже достигло зрелости. Новости

о контрактах между SpaceX и NASA по доставке грузов на орбиту – лишь вершина айсберга. Активно разрабатывается много-разовая ракета-носитель с возвращаемым модулем, способным приземляться на крохотную платформу по собственному навигатору. Маск обещает представить транспортный модуль для колонизации Марса. Компания разрабатывает и собственную модель скафандра.

#### **NASA: «продвинутые, но все же бюджетники»**

После прекращения полетов шаттлов в 2011 году NASA разрабатывает совершенно новую систему доставки астронавтов и грузов на далекие орбиты. Это откроет новые возможности для очередного витка по освоению космоса. Массивная ракета Space Launch System будет использована для отправки космических кораблей нового класса «Орион» к ближайшим астероидам. Такие миссии помогут получить новые знания и освоить навыки, столь необходимые для путешествия на Марс. По планам агентства первая экспедиция на соседнюю планету состоится в 2030-х годах.

#### **Mars One: «ничего личного, только шоу-бизнес»**

Совсем недавно, в 2010 году голландцы Бас Лансдорп и Арно Вилдерс основали некоммерческую организацию «Марс-Один» (Mars One), которая планирует начать полеты на Красную планету в один конец. По словам организаторов, первый полет корабля с четырьмя членами экипажа состоится в 2027 году (до этого на Марс будут доставлены грузы, жилые модули и марсоход).

#### **Марсианское общество: «при всей невероятности план продуман в деталях»**

План Mars Direct включает две стадии. Сначала на Марс отправится беспилотный корабль, который по прибытии начнет накапливать запас топлива на обратный путь за счет взаимодействия водорода с марсианской атмосферой. Следом прибудет корабль с астронавтами, который привезет с собой обитаемые модули. Закончив исследование, все отправятся домой на первом корабле, законсервировав базу для следующих посетителей. Через несколько миссий на планете можно будет основать первое внеземное поселение [21].

#### **MarsPolar: «тот же Mars One»**

MarsPolar – международная организация, цель которой состоит в основании человеческой колонии на Марсе в 2029 году. В целом проект Mars Polar очень похож на Mars One, за тем исключением, что «полярники» надеются вернуться на Землю, но не ранее чем через 10 лет после высадки на Марс. Высадка предполагается у северной полярной шапки Марса, поскольку, по мнению инициаторов проекта, только там имеется свободный доступ к водяному льду, который можно использовать для поддержания жизнедеятельности и хозяйственной работы [11].

#### **Список литературы**

1. artemastronom.blogspot.ru/2016\_05\_01\_archive.html.
2. astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=6771.
3. [https://life.ru/t/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%B0%D0%B0/417347/atakuiem\\_mars](https://life.ru/t/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%B0%D0%B0/417347/atakuiem_mars).
4. maxpark.com/community/603/content/3192435?\_utl\_t=tw.
5. posterspb.ru/news/view/178-telo-astronavta-skottakelli-posle-170-dney-v-kosmose-sravnivayut-s-telom-egobrata-bliznetsa-na-zemle.
6. [https://ria.ru/jpquake\\_info/20110316/354501576.html](https://ria.ru/jpquake_info/20110316/354501576.html).
7. <https://ria.ru/science/20161123/1482021197.html>.
8. spacegid.com/ekzomars-2016.html.
9. spacegid.com/neskolko-interesnyih-faktov-o-marse.html.
10. v-kosmose.net/mars-planeta-solnechnoy-sistemyi/skolko-letet.
11. vk.com/marspolar.
12. universeru.com/2013/06/polyot-cheloveka-na-mars-i-radiaciya-2/.
13. Ахенбах Д. Марс. Вперед к красной планете. – National Geographic, № 11, 2016.
14. Дюкова Н., Махатадзе Г., Симонов Я. Тетраформировать это! Инструкция, как сделать Марс обитаемым. – Кот Шредингера, № 9(23) сентябрь 2016.
15. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований, санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.1192-03.
16. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет источников ионизирующего излучения СанПиН 2.6.1.2800-10.
17. Зубрин Р. Как выжить на Марсе. – Москва: Эксмо, 2015.
18. Казанцева А. Спасти рядового Алекса. – Популярная механика, № 9, 2016.
19. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности СП 2.6.1.2612-10.
20. Петранек Стивен. Как мы будем жить на Марсе? – Москва: Издательство АСТ, 2016.
21. Шибанов Г. П. Безопасность жизнедеятельности в авиакосмической отрасли. – Москва: Издательский центр «Академия», 2011.
22. Эспарза Р., Фишман Р. Марс: научный гид. – Популярная механика, № 11, 2015.