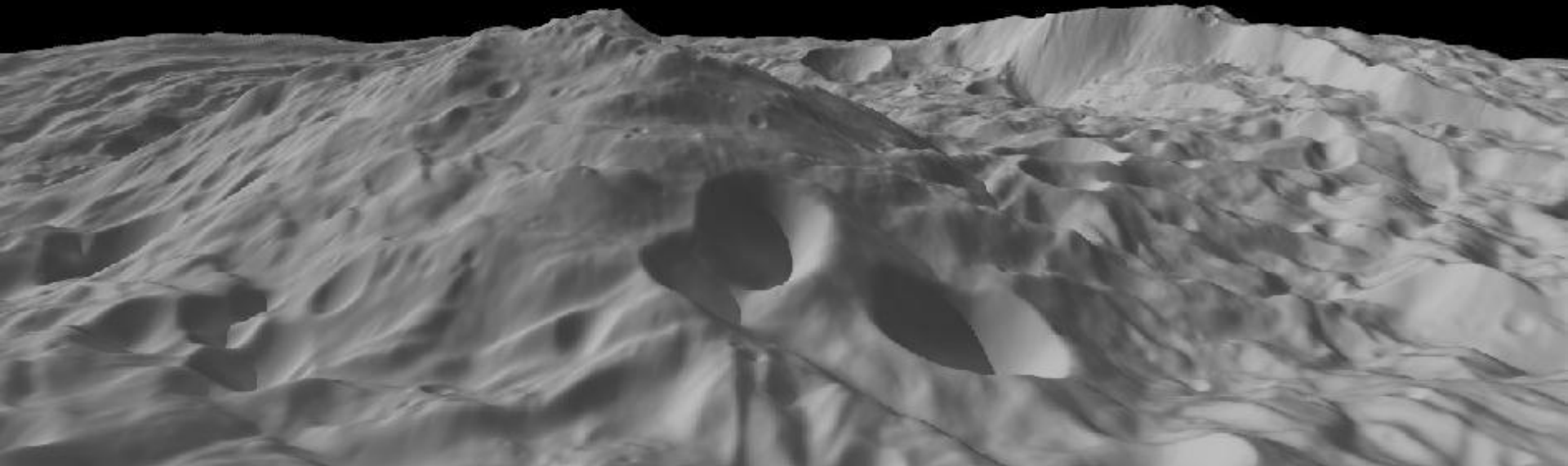


# Перспективы освоения ресурсов космоса и задачи пилотируемой космонавтики

**А.В.Багров**

<sup>1</sup>ФГБУН ИНАСАН

<sup>2</sup>ФГУП НПО им. С.А.Лавочкина

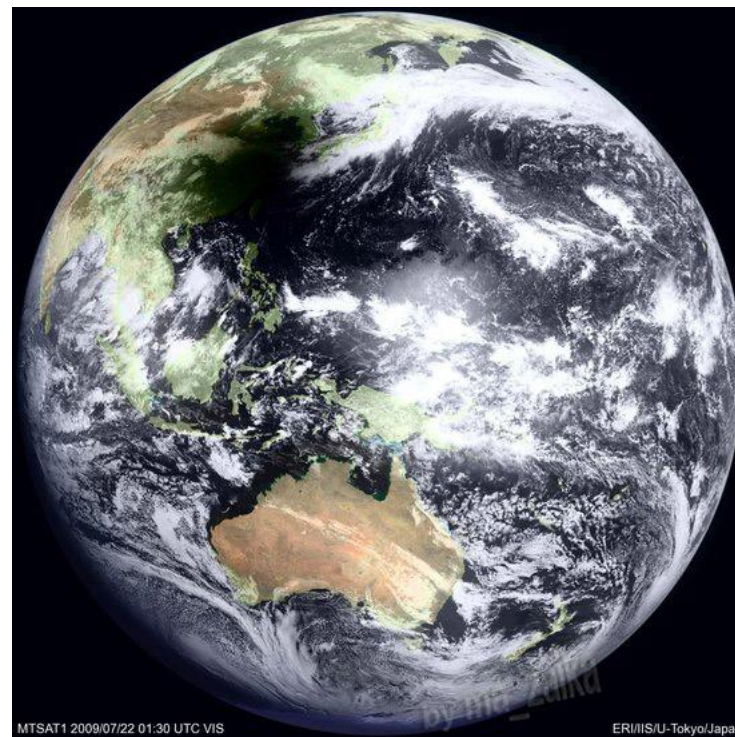


# Нам нужно знать законы мира, в котором мы живем

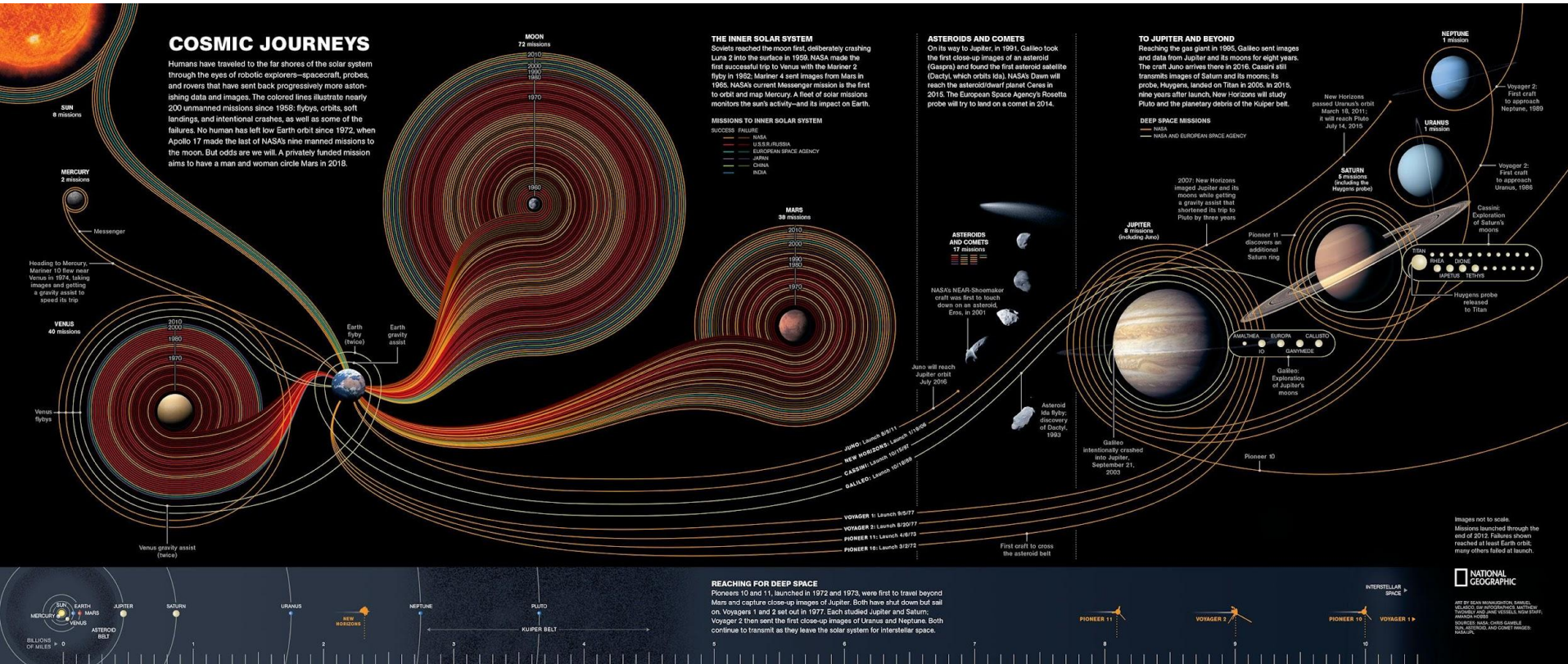
Эти законы изучают разные науки – физика, биология, химия, медицина, метеорология и т.д.

В повседневной жизни мы пользуемся результатами научных исследований, и часто не задумываемся о том, насколько вложенные в научные разработки средства делают нашу жизнь богаче и безопасней.

Какими бы высокими ни казались затраты на изучение космоса, они себя многократно окупают. Поэтому даже экономически малоразвитые страны стремятся принимать участие в космических исследованиях.

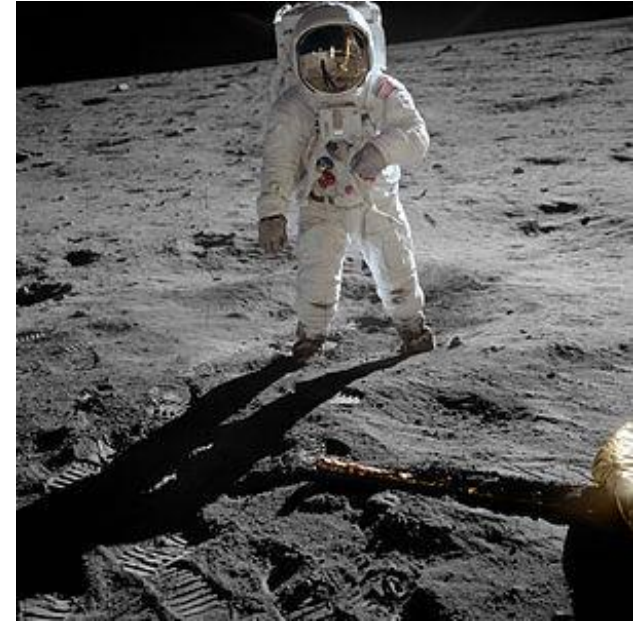


# Непилотируемая космонавтика



За 50 лет множество автоматических аппаратов посетило планеты Солнечной системы, некоторые астероиды и кометы

# Пилотируемая космонавтика



Изучены возможности длительного пребывания людей в невесомости. Проведены пилотируемые миссии на Луну. Продолжаются медико-биологические исследования. Новых научных задач для пилотируемой космонавтики (которые нельзя решить с помощью автоматов) нет.

**Для продолжения пилотируемых программ им нужно найти новые цели и значительно уменьшить бюджеты**

# Отсутствие целей ведёт к распылению средств

За последнее десятилетие Российская космонавтика не продемонстрировала ни одного «прорывного» достижения.

Ведутся работы над новыми ракетами, над новым пилотируемым модулем, над многократно откладываемыми проектами космических миссий. До сих пор нет ясно поставленных перед отечественной космонавтикой долгосрочных задач. Особенно неприятно это на фоне сокращения расходов на космос и полной неопределенности, какие из программ предполагается реализовывать в первую очередь. Скудное финансирование всего сразу просто не позволит в близком будущем реализовать даже те разработки, на которые уже потрачены годы и немалые средства.

# Куда, на чем и зачем лететь?

- Исследования Солнечной системы автоматическими аппаратами оправданы получением новых знаний, но только в пределах необходимого для развития науки уровня. Эти исследования будут продолжаться даже с применением существующей ракетной техники.
- Пилотируемые полёты будут оправданы только в тех случаях, когда автоматы не смогут справиться с задачами исследований. Развитие электроники грозит очень скоро похоронить пилотируемую космонавтику на околоземных орбитах.
- Для полётов на Луну и на Марс нужны не только ясные научные задачи, но и техника для перелётов.

# Долговременные Обитаемые Станции – будущее пилотируемой космонавтики

- Орбитальные станции не имеют перспективы. Околоземное пространство уже перенаселено, а целей для таких станций нет: космические колонии в ближнем космосе нерациональны.
- Пилотируемые полёты на Марс выглядят как повторение первых миссий на Луну, повторять которые уже сорок лет нет смысла. А строить колонии на Марсе – абсолютно бессмысленно, если опираться на существующую ракетную технику.
- Луна как место для космической колонии – наиболее привлекательна. Космическая станция на Луне может рассматриваться как форпост будущих колоний. Исследование выживаемости земных организмов в условиях Луны – достойная задача для пилотируемой космонавтики.

# Насколько реально поселиться на Луне?

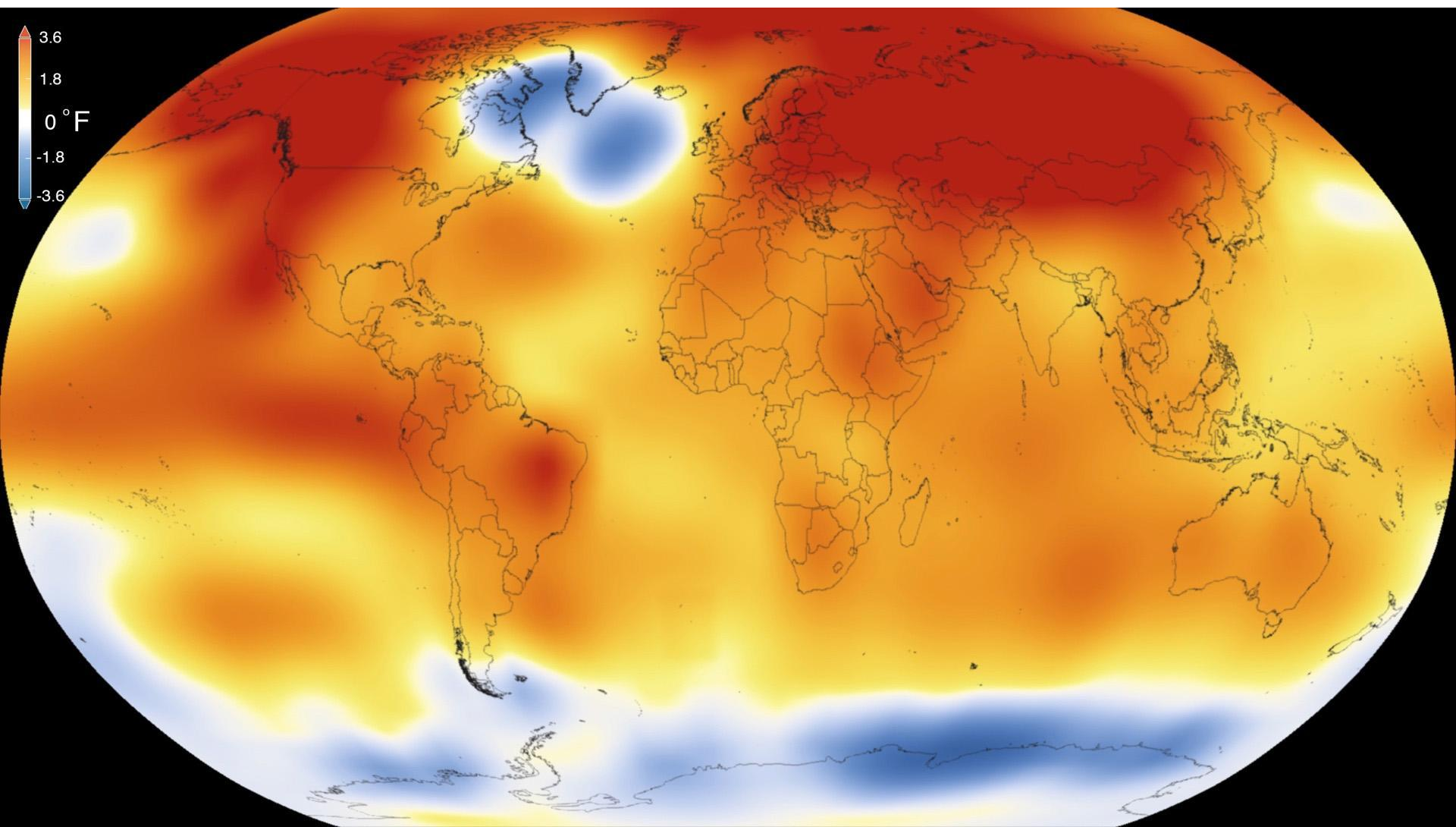


Полноценная космическая колония может существовать только при достаточном грузообороте между Землёй и колонией. Пока у нас нет альтернатив ракетной технике, можно говорить только о подготовке к колонизации.

**Насколько такая колонизация необходима?**



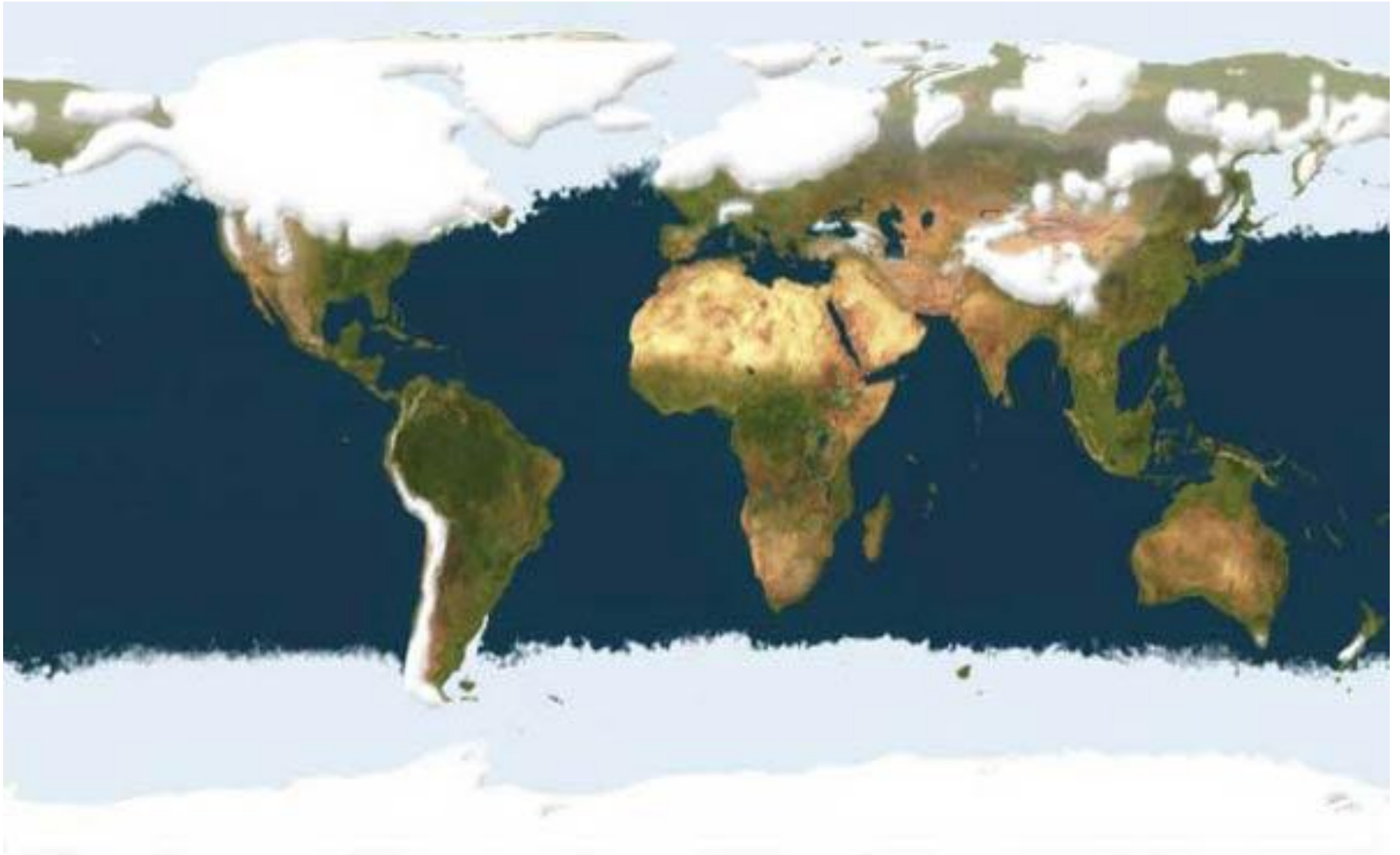
# В 2015 году продолжалось глобальное потепление



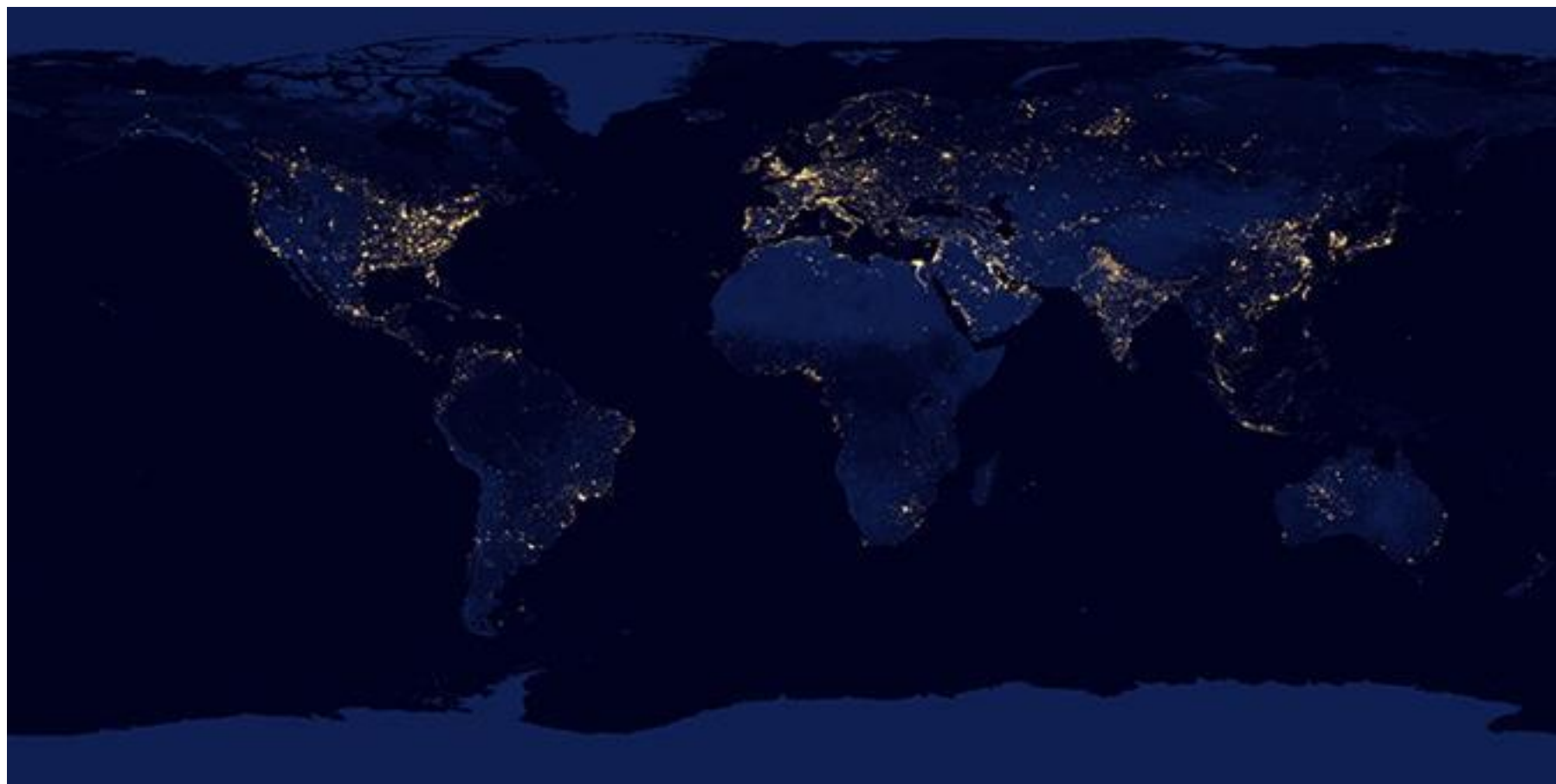
Глобальное потепление может скоро привести к потере обитаемых территорий



В то же время глобальные изменения климата  
могут привести к великому оледенению

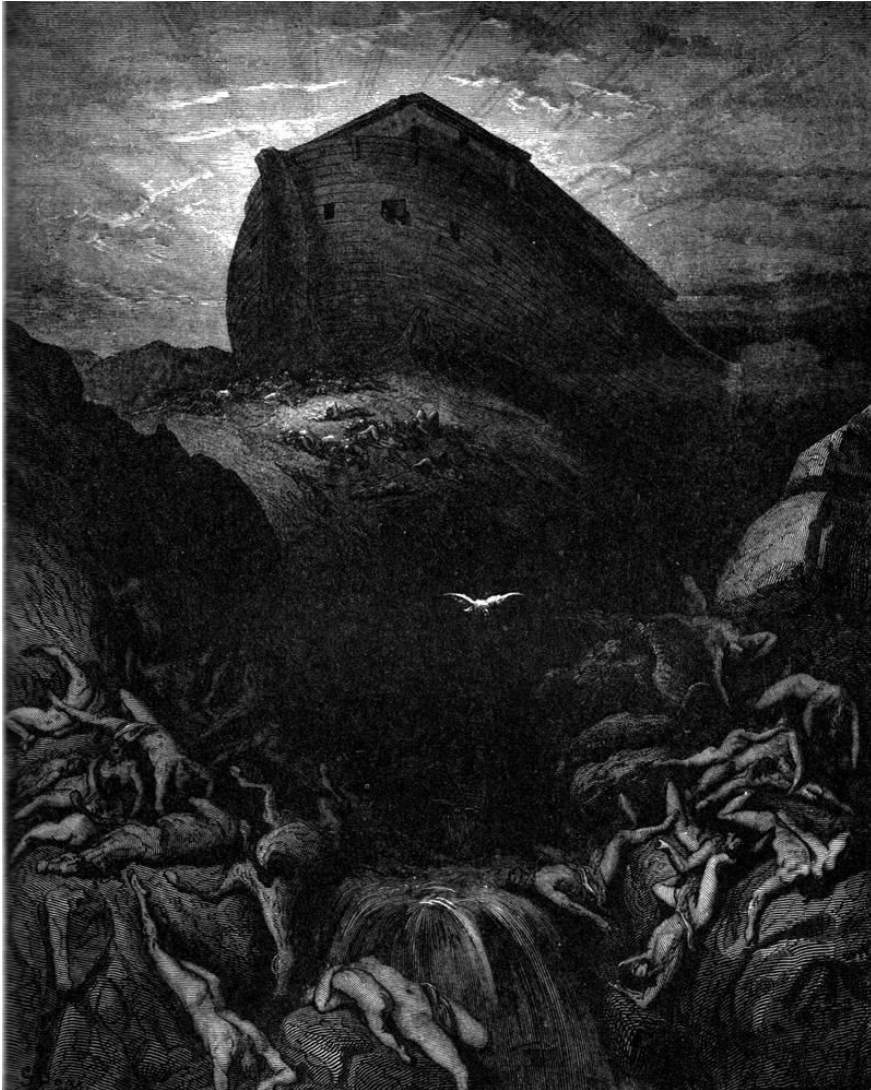


В любой момент человечество может оказаться перед  
необходимостью поиска места спасения



На нашей планете для всех места не найти

# Предупрежденный о всемирном потопе, Ной построил ковчег



В библейском ковчеге спаслись немногие – только представители разных видов.

Сегодня не Бог, а наука предупреждает людей о возможных губительных изменениях условий жизни.

Зато теперь человечество может подготовить спасение для всех, а не только для избранных

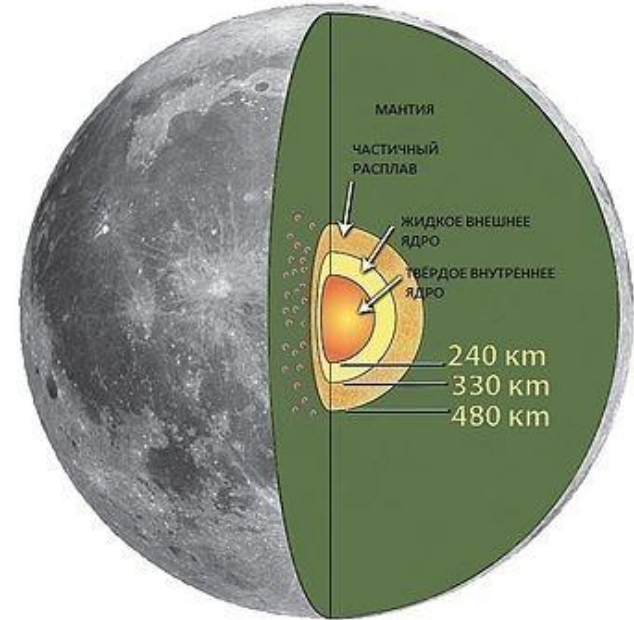
# Внеземное пространство



Космос - это еще незанятые и неосвоенные территории, в том числе - жизненное пространство и сырьевые ресурсы. Все они будут принадлежать тем, кто до них "дотянется". Богатые страны торопятся "занять" самые доступные и перспективные участки. Уже поделены места размещения спутников на геостационарной орбите, начинается гонка за ресурсы Луны, Марса и астероидов

Освоение этих территорий будет длительным процессом, вести которое можно посильными средствами, а форсировать – только при острой необходимости

# Луна – наиболее перспективный объект колонизации



**Расстояние от Земли – 400 тыс. км**

**Площадь поверхности – 0.26 площади земной суши**

**Стабильность грунта – до глубины 100 км (базальты)**

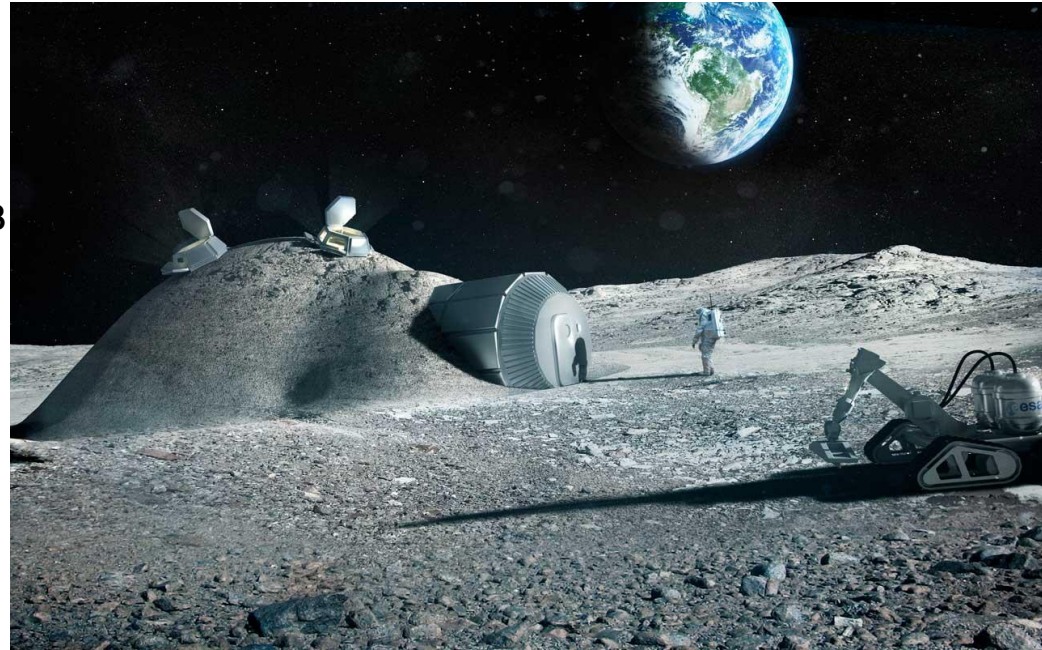
**Энергетический потенциал –  $1.4 \text{ kW/m}^2$  на освещенной солнцем поверхности**

**Время существования построек на Луне – миллиарды лет**

# Обитаемые постройки

Обитаемые постройки на Луне должны быть защищены от космической радиации толстым слоем поглощающих материалов

Даже простая засыпка помещений лунным реголитом может защитить не только от солнечной радиации, но и от микрометеоритов



**Наиболее рациональным является строительство подземных помещений в прочном базальтовом массиве. В тоннелях можно создать полностью контролируемый климат и самые комфортные условия жизни**



# Строительство из лунных материалов

На Луне все сохраняется вечно. Нужно предусмотреть такое строительство, чтобы после него не было отходов.

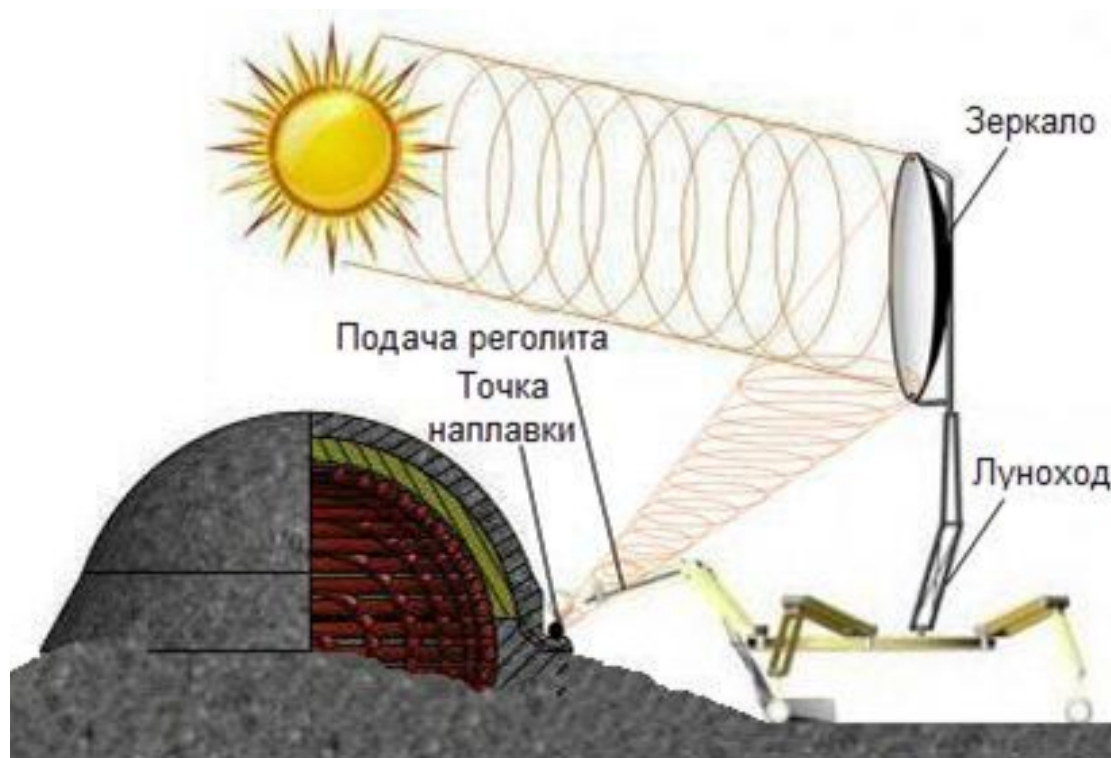
«Отходами» рано или поздно станут первые примитивные постройки на Луне; их утилизация тоже должна быть предусмотрена.

Тоннельное строительство на Луне – самое рациональное, если предусматривается долговременное использование помещений. В тоннелях можно создавать любой микроклимат, они на 100% защищены от радиации и метеоритов.



Огромное количество вынутого из тоннелей материала (в том числе при добыче полезных ископаемых) должно утилизироваться по мере его добычи

## Солнечная радиация – постоянный источник энергии для переплавки лунного вещества

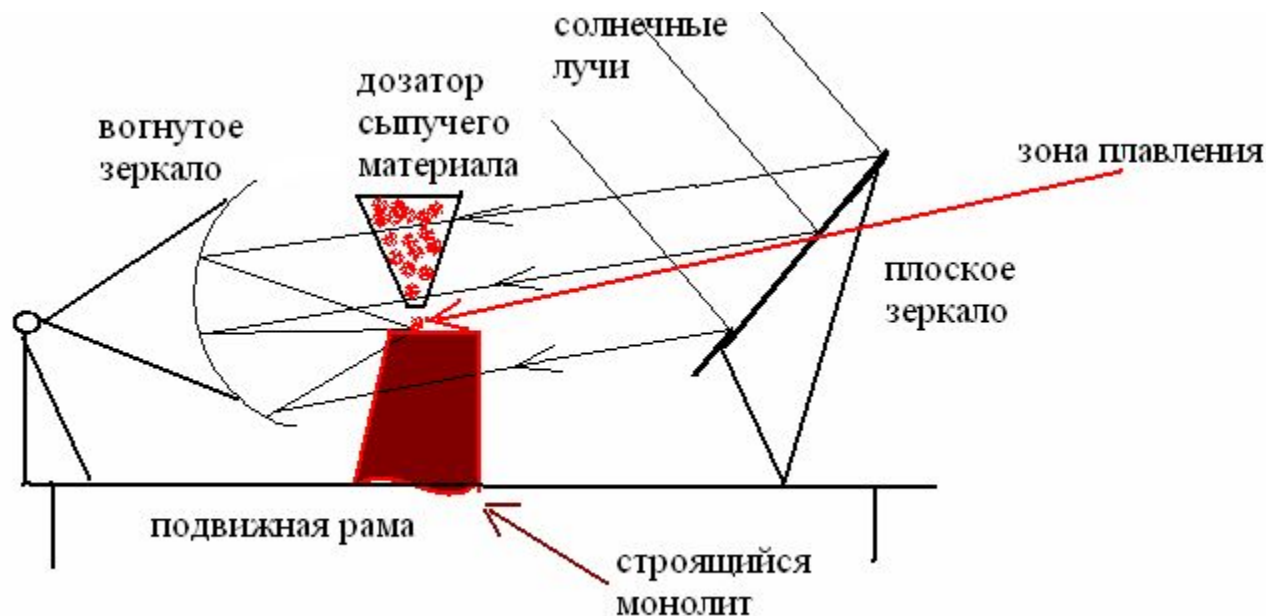


Основной материал Луны – базальт. Реголит (переработанный метеоритными ударами базальт), отвалы от строительства тоннелей и от переработки руд можно переплавлять в монолитные постройки с помощью 3D-принтера .

Для плавления рабочего материала в печатающей головке 3D-принтера можно использовать сфокусированное солнечное излучение: в фокусе зеркала температура составляет тысячи градусов

Мобильный 3D принтер с солнечным нагревателем из пленочного материала может использовать любой сыпучий материал

# 3-D принтер на сыпучем материале



Весь аппарат работает на порошковом материале и не содержит узлов, заполненных расплавом рабочего материала. Это обеспечивает сохранение полной работоспособности конструкции после продолжительной лунной ночи, за время которой расплав бы застыл и вывел из строя печатающие форсунки классического 3D-принтера.

Если в качестве концентратора солнечного света использовать вогнутое зеркало площадью  $10 \text{ м}^2$ , то в пятно света поступает энергия мощностью 14 кВт. Этой энергии достаточно, чтобы плавить порошок базальта со скоростью 10 г/сек. В течение лунного дня наплавленная масса составит 10 тонн, что при плотности базальта  $2,5...3,0 \text{ т/м}^3$  будет эквивалентно  $3,4... 4,0 \text{ м}^3$  кладки. Годовой объем строительства одного 3D принтера можно оценить в  $45 \text{ м}^3$  выстроенных помещений с толщиной стен и перекрытий в 0.5 м.

# Подземное строительство на Луне может быть полностью автоматизировано



Прокладка тоннелей в монолитном базальте не требует применения креплений для стен и перекрытий.

Производительность проходческой машины может быть любой, как и размер прокладываемого тоннеля. Необходимое условие: весь вынутый грунт должен быть переработан на поверхности в строительные конструкции.

Каждый этаж подземных тоннелей будет сопровождаться строительством четырех этажей на поверхности Луны из вынутого материала

# Планирование строительства

Сравнительно невысокая производительность 3-D принтера потребует доставить его на поверхность Луны задолго до осуществления первой пилотируемой миссии, а малая масса строительного устройства позволит это сделать намного дешевле, чем доставку готовых обитаемых конструкций на Луну.



**Жилой модуль**

Экипаж до 4 чел.  
Длина 6,1 м  
Диаметр 3,0 м  
Герметичный объем 40 м<sup>3</sup>



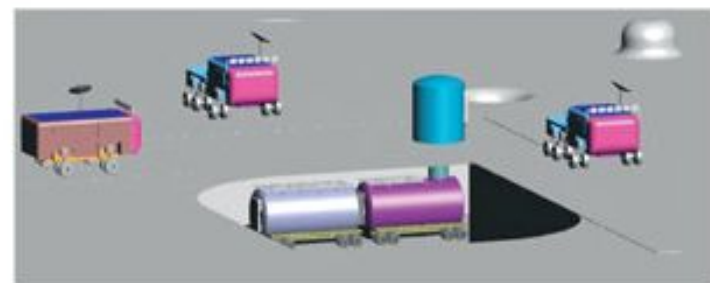
**Служебно-шлюзовой модуль**

Экипаж до 4 чел.  
Длина 6,1 м  
Диаметр 3,0 м  
Герметичный объем 40 м<sup>3</sup>



**Лунная база I этапа**

Суммарная масса модулей 13,5 т  
Масса одного модуля 6,7 т  
Суммарный объем базы 80 м<sup>3</sup>  
Число герметичных модулей 2  
Экипаж 4 чел.



**Лунная база II этапа**

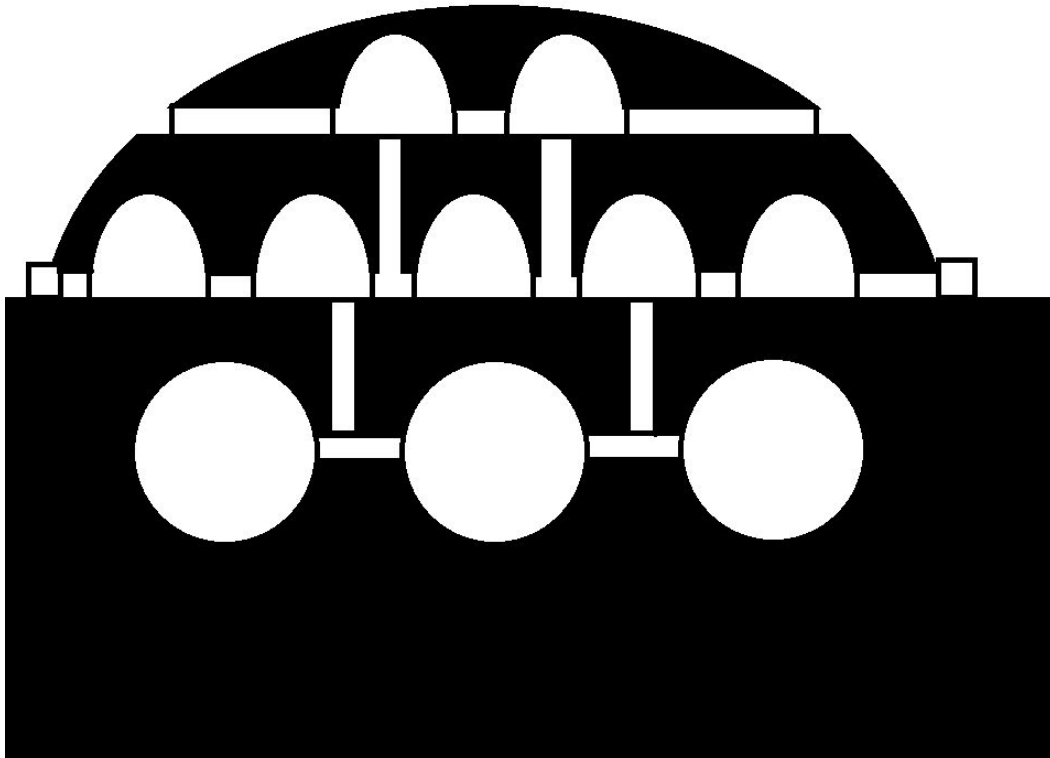
Суммарная масса модулей 20 т  
Масса одного модуля 6,7 т

Суммарный объем базы 115 м<sup>3</sup>  
Число герметичных модулей 3  
Экипаж 4 чел.

Доставка готовых обитаемых модулей на Луну – сложное и дорогостоящее мероприятие.

Можно рассчитать заранее, сколько времени займет каменное строительство спроектированного помещения, и закончить его строительство до прилета на Луну космонавтов.

# Автоматизированное строительство может дать преимущество в гонке за лунные ресурсы



Для сокращения сроков строительства можно использовать одновременно несколько автоматизированных 3-D принтеров, а в случае задержки с прилетом космонавтов, дополнительное время можно использовать либо для наращивания толщины стен и перекрытия постройки, либо для продолжения строительства по дополнительным программам.

Этот же 3-D принтер можно использовать для впаивания готовых шлюзовых узлов в проёмы в построенных помещениях и стыковочных узлов для перегрузки доставляемого оборудования спускаемыми аппаратами.

# Темпы лунного строительства могут иметь широкие пределы

Лунные породы содержат много титана, железа и кислорода, и промышленная добыча руд для производства металлов будет сопровождаться постройкой большого количества помещений как в недрах Луны, так и на ее поверхности (из отходов). Со временем объем таких помещений станет достаточным не только для размещения в них всех обитателей Земли, но и для природных резерваций, предназначенных для сохранения редких видов растений и животных Земли.

Каждый солнечный 3-D принтер может строить  $45 \text{ м}^3$  помещений в год, но зато число таких принтеров может быть довольно велико. В мире найдется много людей, уже сейчас способных финансировать строительство персональных убежищ на Луне. Лунное строительство скоро станет дешевле, чем строительство обитаемых территорий на Земле, и тогда интерес человечества к колонизации Луны многократно возрастет. Хочется верить, что к тому времени, когда спасительный ковчег станет необходимостью, Луна будет готова укрыть от невзгод все человечество.

# Архитекторам еще предстоит придумать, какой комфорт можно обеспечить в лунных помещениях



**В швейцарском поселке Dietikon построены подземные экодому с очень высоким уровнем комфорта. На Луне возможности строительства будут намного выше. Поскольку лунное строительство во многих случаях будет результатом разработки рудных месторождений, архитектурное содержание построек необходимо прорабатывать заранее.**

[http://polezreniya.ru/zhilye\\_doma/neobychnyj-poselok-iz-podzemnyx-domov-v-shvejcarii/](http://polezreniya.ru/zhilye_doma/neobychnyj-poselok-iz-podzemnyx-domov-v-shvejcarii/)



# Прежде чем осваивать, нужно исследовать!

Важнейшим этапом в освоении лунных ресурсов будет изучение приспособляемости живых земных организмов к пониженной силе тяжести и устойчивости земных растений к искусственным условиям. Эти задачи не смогут решить никакие автоматы, это задача – для пилотируемой космонавтики.



# На что можно рассчитывать?

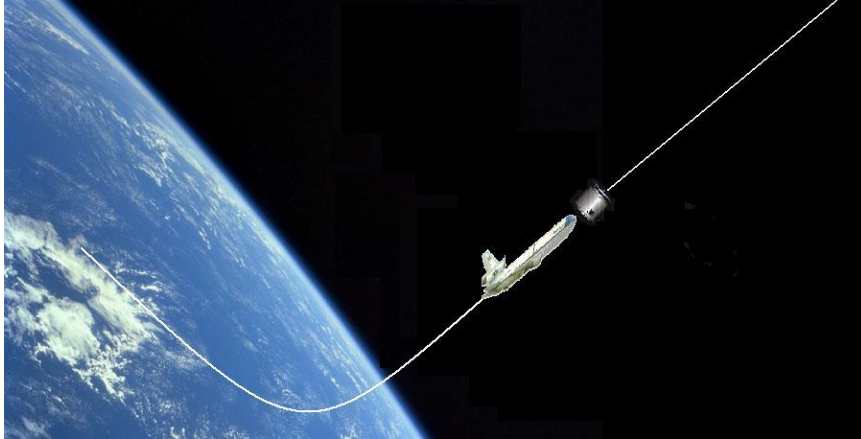
Обитаемый объем помещений, которые можно построить в недрах Луны и на её поверхности без использования дополнительных креплений, в несколько тысяч раз превысит весь объем, занятый всеми формами жизни на нашей планете.

В искусственных условиях урожайность сельскохозяйственных культур вырастет в 5...10 раз по сравнению с земными условиями. Лунные колонии смогут обеспечить полноценным питанием население численностью 100 миллиардов человек.

Благосостояние населения Луны будет расти в несколько раз быстрее, чем на Земле, - в первую очередь, за счет отсутствия необходимости в ремонте и замене жилья, а также за счет автоматизации сельскохозяйственных работ и высоких стабильных урожаев.

Колонизация Луны обеспечит безопасность человечеству от всех возможных природных катастроф на несколько столетий.

# Колонизация космоса должна быть обеспечена эффективным транспортом



Трос, опущенный от поверхности Луны до земной стратосферы, позволит обеспечить доставку грузов в космос без применения ракетной техники.

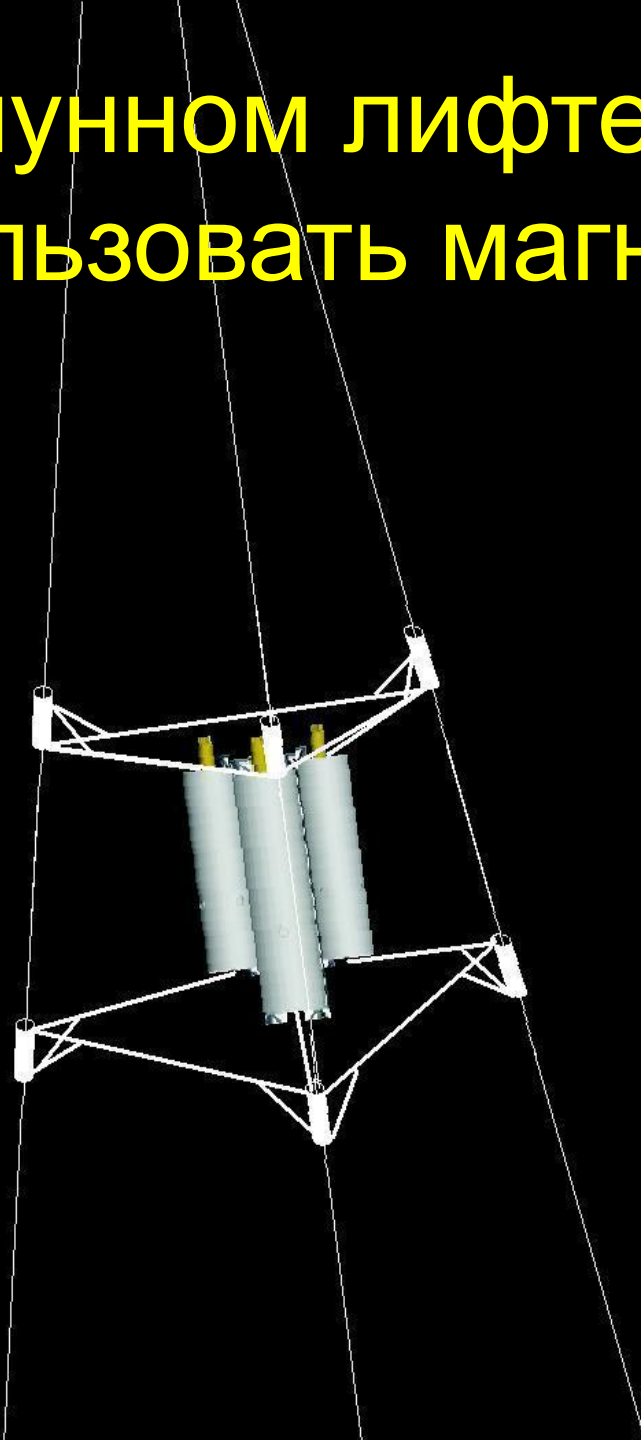
Если лифтовый трос покрыть сверхпроводящей плёнкой, то можно будет использовать магнитную левитацию и достаточно мощные двигатели, чтобы весь путь от Земли до Луны занимал всего 3.5 часа.

# Скорость транспортировки: скорость поезда - неприемлема



Транспортировка со скоростью скоростного поезда 380 км/час потребует 1000 часов (полтора месяца) на путь в один конец между Землей и Луной. Лифтовый трос в это время нельзя использовать для транспортировки другого груза

# В лунном лифте рационально использовать магнитную подвеску



Если использовать постоянное ускорение  $10 \text{ м/с}^2$ , то максимальная скорость на середине пути достигнет  $60 \text{ км/с}$ , а весь путь от Земли до Луны займет  $3,5$  часа.

Магнитная подвеска позволит рекуперировать энергию ускорения и возвращать ее в систему при торможении

# Возможный грузопоток

- При использовании высокоскоростного метода перемещения с использованием магнитных левитаторов за сутки можно осуществить 3 перемещения; при разовой загрузке 5 тонн это даст 15 тонн/сутки, или 5500 тонн в год.

- Размеры Луны и Земли позволяют разместить на безопасном расстоянии друг от друга столько тросовых систем, сколько потребуется на практике

# Дополнительные ВОЗМОЖНОСТИ

- Транспортная тросовая система позволит выводить полезный груз в Солнечную систему со скоростью 60 км/с, то есть быстрый запуск миссий в любом направлении
- Транспортная тросовая система позволит обеспечить выброс на Солнце любых опасных отходов (включая ядерные), хранение или переработка которых на Земле является неприемлемыми

# КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ «Фобос - Марс»

Фобос в 5,6 миллионов раз меньше Луны по массе, но находится почти на круговой орбите радиусом 9400 км, с наклоном  $1^\circ$  к плоскости марсианского экватора и всегда обращен к Марсу одной стороной.

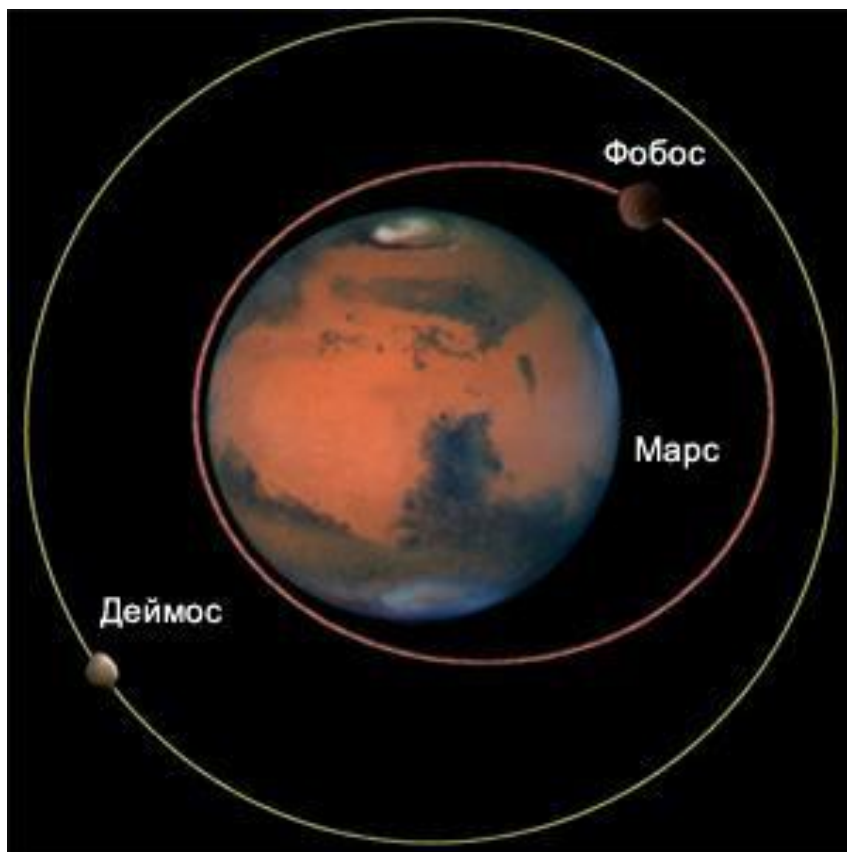
$$V_{\text{орб}} = 2,14 \text{ км/с.}$$





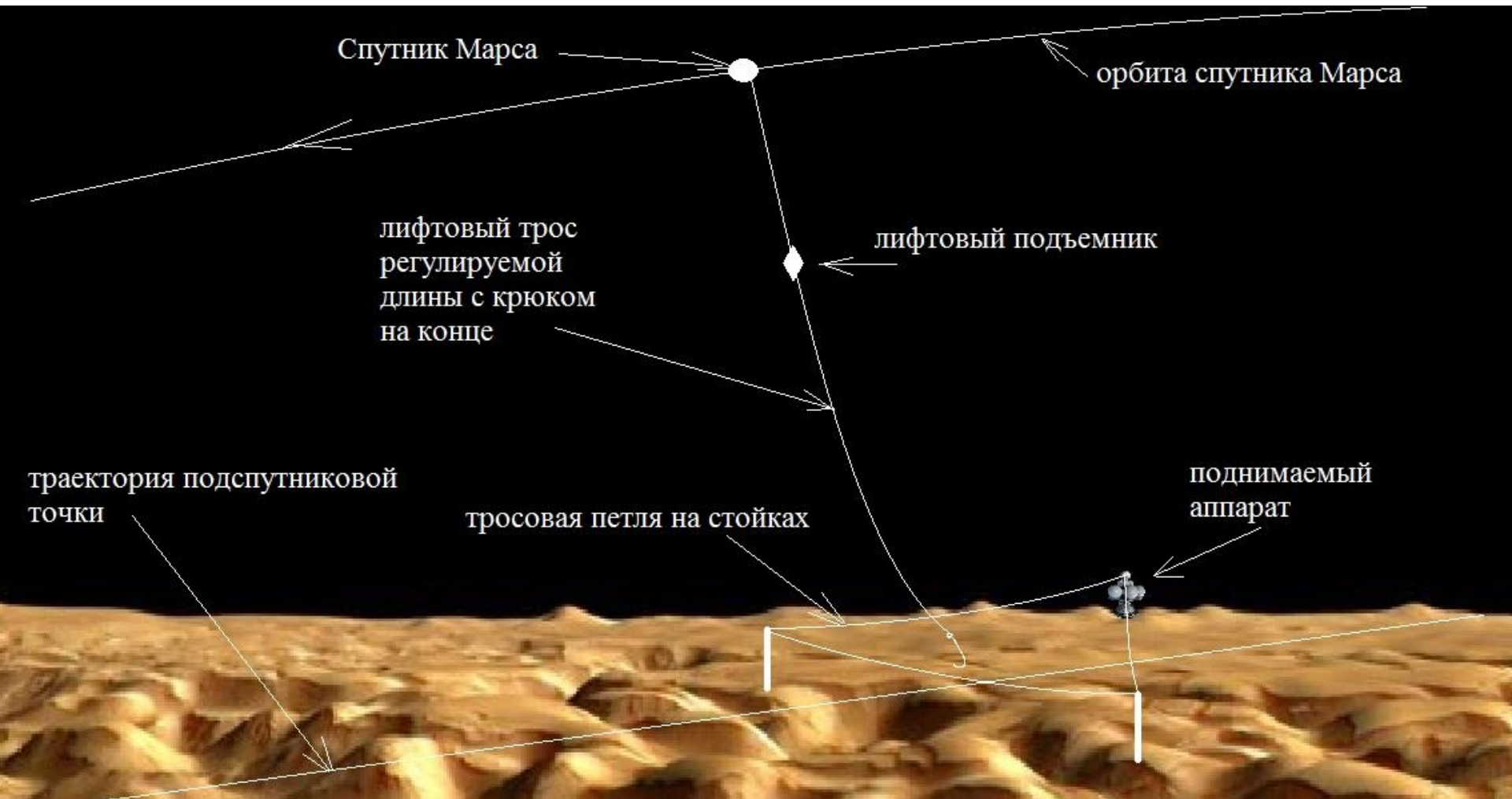
## КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ «Фобос - Марс»

Если из середины обращенной к Марсу стороны Фобоса опустить трос к поверхности Марса, то им можно воспользоваться как канатом лифта, подобного лунному. Длина троса от Фобоса до Марса составит всего 9500 км.

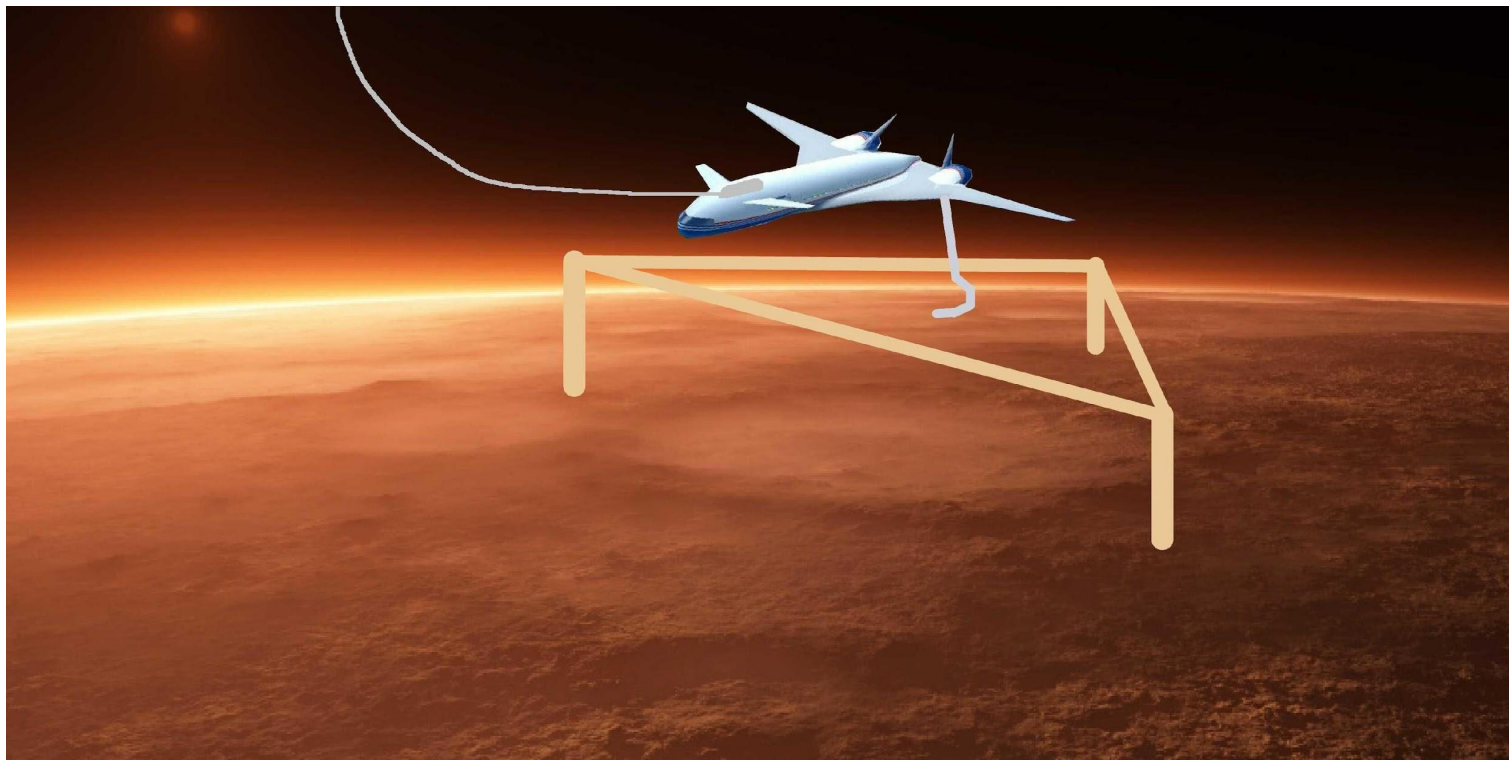


Для того, чтобы попасть в кабину лифта, опущенную к Марсу, необходимо её догнать, так как скорость нижней части троса относительно экватора Марса составит почти 2 км/с. Достичь ее существенно легче, чем первую космическую, которая на Марсе составляет 5 км/с.

# Схема пассивной стыковки марсианского аппарата с лифтом



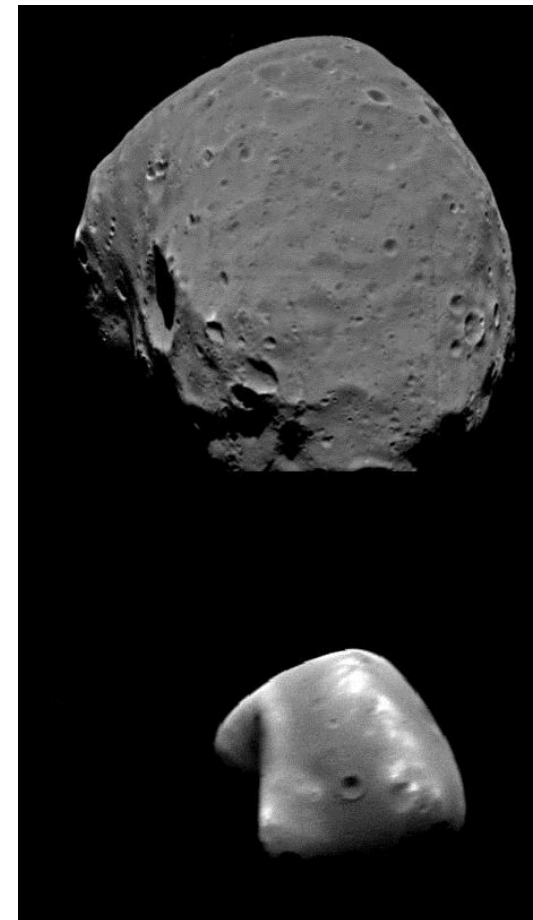
# Схема управляемого захвата



Если нижнюю часть лифтовой системы снабдить привязным крылатым аппаратом, а сам трос удлинять с заданной скоростью, то скорость движения крюка-захвата может быть уменьшена до нескольких метров в секунду. При этом привязной управляемый крылатый аппарат может обеспечить взлет марсианского корабля практически с любой широты каждые 8 часов

# Технические решения космического лифта можно применить для торможения межпланетного аппарата возле спутников Марса

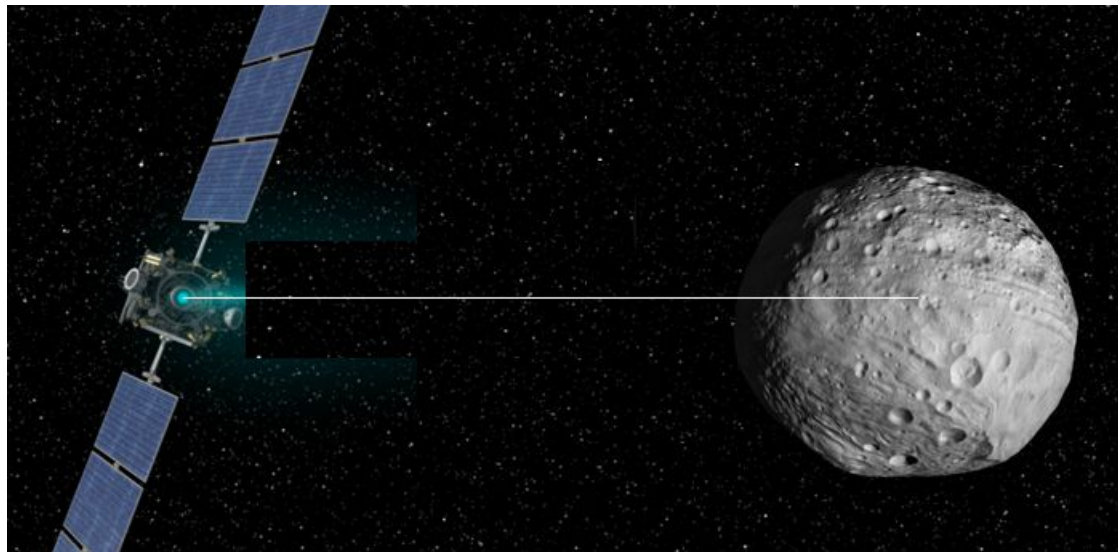
Чтобы затормозить КА, имеющий скорость встречи с астероидом 10 км/с, применяя торможение 1 g, потребуется 1000 секунд; тормозной путь составит 5 000 км. Такую минимальную длину должен иметь гарпунный трос на борту КА для полного торможения. Столь длинный трос из углеродных нанотрубок толщиной 1 мм будет иметь массу около 160 кг, что заметно меньше, чем масса топлива для тормозного двигателя, необходимая для торможения такой высокой начальной скорости.



# КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ-ТОРМОЗ

**Во время кратковременного торможения выделится огромная энергия, равная кинетической энергии КА. Частично эту энергию можно использовать для управления движением загарпуненного тела**

**Если бы ее удалось хотя бы частично аккумулировать, то ее можно было бы использовать для разгона КА на траекторию возвращения, используя тот же трос. После разгона КА трос можно будет отсоединить от гарпуна и сохранить на борту аппарата для повторного использования.**



# Будущее космонавтики – за тросовыми системами



# Будущее начинается сегодня

