

# Развитие технических средств: самоходные аппараты

«Луноход-1, -2», «Sojourner»,  
«Opportunity» и «Spirit»

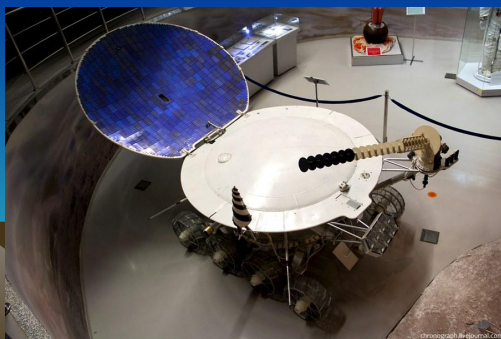


# ИСТОЧНИКИ

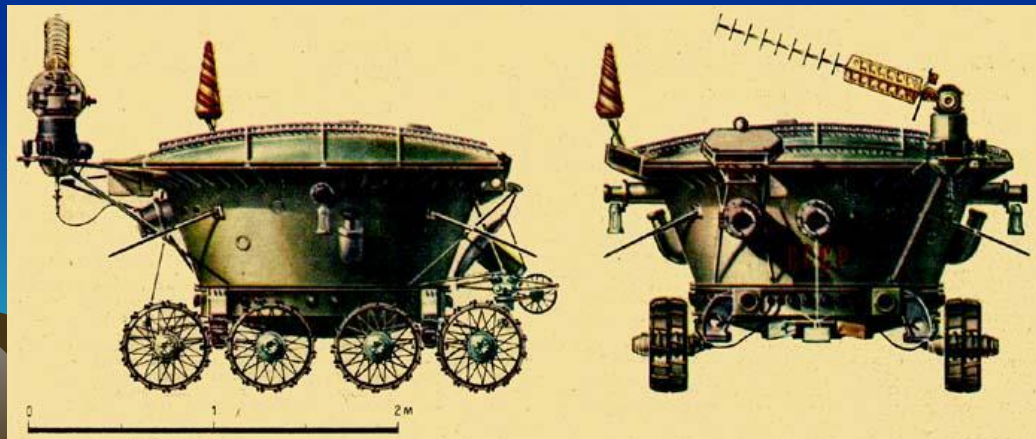
- <http://ria.ru/spravka/20101117/295093399.html>
- <http://selena-luna.ru/lunoxody/lunoxod-2>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80\\_\(%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80_(%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4))
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%8C%D1%8E%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8>
- <http://www.astrotime.ru/spirit.html>
- Картинки взяты из Яндекс картинки и Википедия

# Луноход 1

- 17 ноября 1970 г. советской автоматической станцией "Луна-17" был доставлен на поверхность Луны самоходный аппарат "Луноход-1", предназначенный для комплексных исследований лунной поверхности.
- Создание и запуск лунного самоходного аппарата стало важным этапом в изучении Луны. Идея создания лунохода родилась в 1965 г. в ОКБ-1 (ныне РКК "Энергия" им. С.П. Королева). В рамках советской лунной экспедиции луноходу отводилось немаловажное место. Два лунохода должны были детально обследовать предполагаемые районы прилунения и выполнять роль радиомаяков при посадке лунного корабля. Планировалось использовать луноход еще и для транспортировки космонавта на поверхности Луны.
- Создание лунохода было поручено Машиностроительному заводу им. С.А. Лавочкина (ныне НПО им. С.А. Лавочкина) и ВНИИ-100 (ныне ОАО "ВНИИТрансмаш").
- В соответствии с утвержденной кооперацией Машиностроительный завод имени С.А. Лавочкина отвечал за создание всего космического комплекса, в том числе и за создание лунохода, а ВНИИ-100 — за создание самоходного шасси с блоком автоматического управления движением и системой безопасности движения.
- Эскизный проект лунохода был утвержден осенью 1966 г. К концу 1967 г. была готова вся конструкторская документация.
- Сконструированный автоматический самоходный аппарат "Луноход-1" представлял собой гибрид космического аппарата и транспортного средства высокой проходимости. Он состоял из двух основных частей: восьмиколесного шасси и герметичного приборного контейнера.
- 

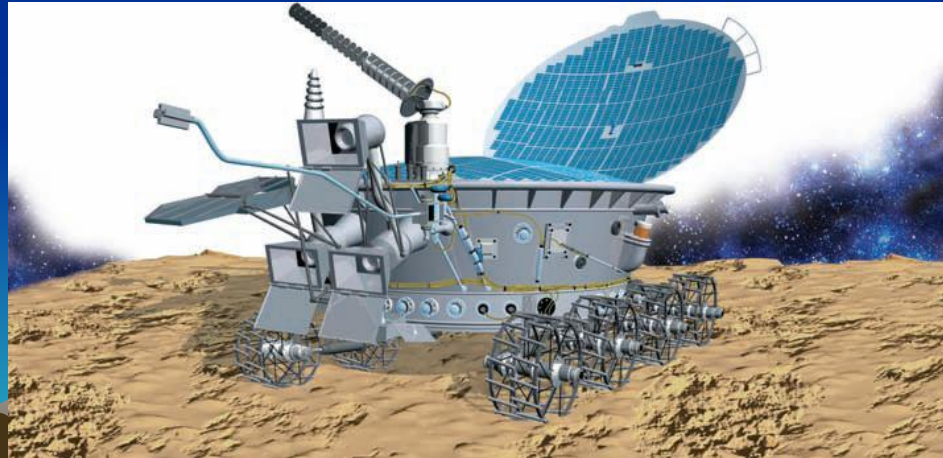
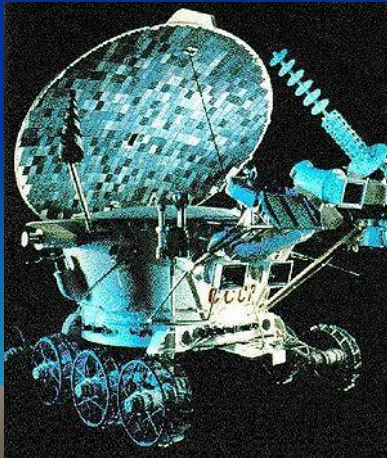


- Каждое из 8 колес шасси было ведущим и имело электродвигатель, расположенный в ступице колеса. В приборном контейнере лунохода помимо служебных систем находилась научная аппаратура: прибор для анализа химического состава лунного грунта, прибор для исследования механических свойств грунта, радиометрическое оборудование, рентгеновский телескоп и лазерный уголкового отражатель французского производства для точечного измерения расстояний. Контейнер имел форму усеченного конуса, причем верхнее основание конуса, служащее радиатором-охладителем для сброса тепла, имело больший диаметр, чем нижнее. На время лунной ночи радиатор закрывался крышкой.
- Внутренняя поверхность крышки была покрыта фотоэлементами солнечной батареи, что обеспечивало подзаряд аккумуляторной батареи в течение лунного дня. В рабочем положении панель солнечной батареи могла располагаться под разными углами в пределах 0-180 градусов, чтобы оптимально использовать энергию Солнца при различных его высотах над лунным горизонтом.
- Солнечная батарея и работающие с ней в комплексе химические аккумуляторы использовались для питания электроэнергией многочисленных агрегатов и, научных приборов лунохода.
- На луноходе была устроена система терморегуляции герметического отсека, создающая нормальные условия для функционирования всех систем лунохода. Она состояла из горячего контура, включающего изотопный источник тепла с теплообменником, и холодного контура, в который входили радиатор-охладитель, излучающий тепло в пространство, и четыре испарителя-теплообменника.
- В течение лунного дня, длящегося 13,66 земных суток, когда освещенный Солнцем борт лунохода нагревался до +150 °С, а противоположный, находящийся в тени, был почти на 300 градусов холоднее, вентилятор гонял воздух по контейнеру, а сброс тепла осуществлялся через верхнее днище приборного отсека, которое одновременно являлось радиатором-охладителем.
- Во время лунной ночи, когда температура достигала минус 170 градусов, для подогрева приборного контейнера использовался радиоизотопный источник тепла.
- В передней части приборного отсека были расположены иллюминаторы телевизионных камер, предназначенных для управления движением лунохода и передачи на Землю панорам лунной поверхности и части звездного неба, Солнца и Земли.
- Общая масса лунохода составляла 756 кг, его длина с открытой крышкой солнечной батареи 4,42 м, ширина 2,15 м, высота 1,92 м. Он был рассчитан на 3 месяца работы на поверхности Луны.
- 10 ноября 1970 г. с космодрома Байконур стартовала трехступенчатая ракета-носитель "Протон-К", которая вывела автоматическую станцию "Луна-17" с автоматическим самоходным аппаратом "Луноход-1" на промежуточную круговую околоземную орбиту.

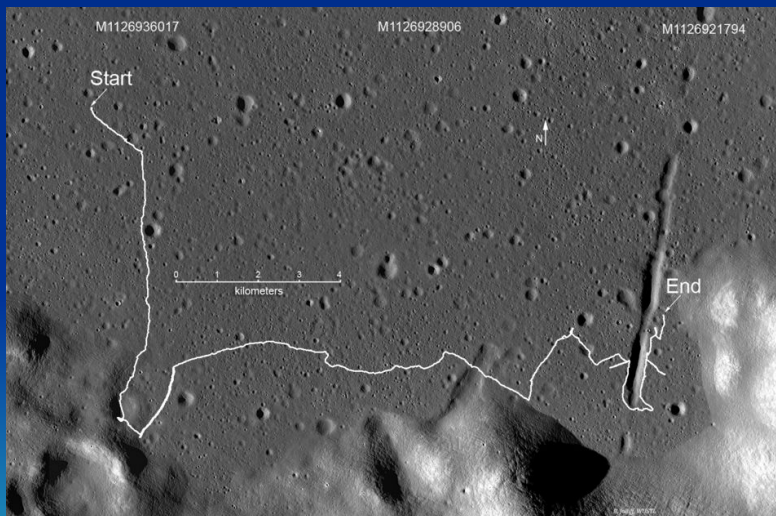


# Луноход 2

- **Луноход - 2** (8ЕЛ № 204) — второй из серии советских лунных дистанционно-управляемых самоходных аппаратов-планетоходов - проект Е-8.
- Был предназначен для изучения механических свойств лунной поверхности, фотосъёмки и телесъёмки Луны, проведения экспериментов с наземным лазерным дальномером, наблюдений за солнечным излучением и прочих исследований.
- 15 января 1973 года доставлен на Луну автоматической межпланетной станцией «Луна-21». Посадка произошла в 172 километрах от места прилунения «Аполлона-17». Система навигации «Лунохода-2» оказалась повреждена и наземный экипаж лунохода ориентировался по окружающей обстановке и Солнцу. Большой удачей оказалось то, что незадолго до полёта через неофициальные источники советским разработчикам лунохода была передана подробная фотокарта места высадки, составленная для посадки «Аполлона».



- Несмотря на повреждение системы навигации, аппарат преодолел большее расстояние, чем его предшественник, так как был учтён опыт управления «Луноходом-1» и был внедрён ряд нововведений, таких как, например, третья видеокамера на высоте человеческого роста.
- За четыре месяца работы прошёл 37 километров, передал на Землю 86 панорам и около 80 000 кадров телесъёмки, но его дальнейшей работе помешал перегрев аппаратуры внутри корпуса.
- Демонстрация Лунохода 2. После въезда внутрь свежего лунного кратера, где грунт оказался очень рыхлым, луноход долго буксовал, пока задним ходом не выбрался на поверхность. При этом откиннутая назад крышка с солнечной батареей, видимо, зачерпнула немного грунта, окружающего кратер. Впоследствии, при закрытии крышки на ночь для сохранения тепла, этот грунт попал на верхнюю поверхность лунохода и стал теплоизолятором, что во время лунного дня привело к перегреву аппаратуры и выходу ее из строя.
- Однако один из разработчиков советской лунной программы Михаил Маров в 2010 году опроверг эту версию, заявив: «Я исключаю такой перегрев, хотя, может быть, он и забуксовал, но невозможно определить, что там произошло после прекращения радиосвязи».
- Официально работа прекращена 4 июня 1973 года.



Путь Лунохода 2



Демонстрация Лунохода 2



Луноход 2. Сеанс 1. Панорама 5.  
Луноход 2. Сеанс 1. Панорама 3.



Луноход 2. Сеанс 3. Панорама 7.



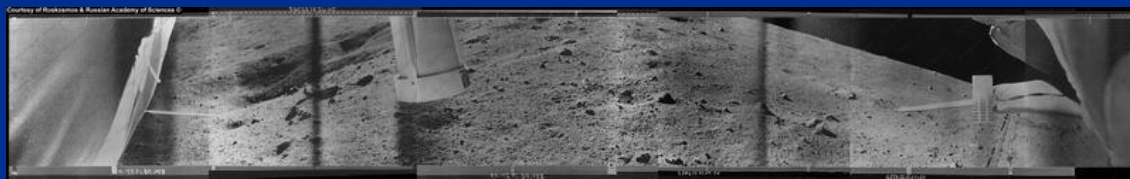
Луноход 2. Сеанс 4. Панорама 13.



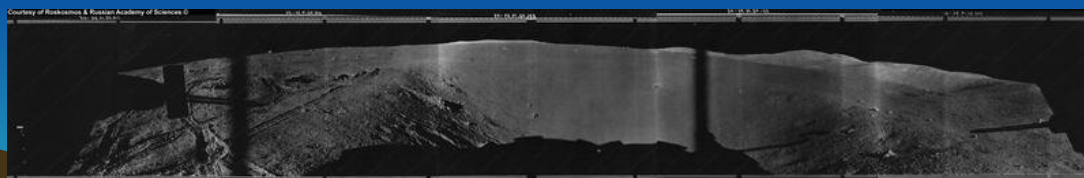
Луноход 2. Сеанс 5. Панорама 19.



Луноход 2. Сеанс 1. Панорама 1.



Луноход 2. Сеанс 13. Панорама 27.



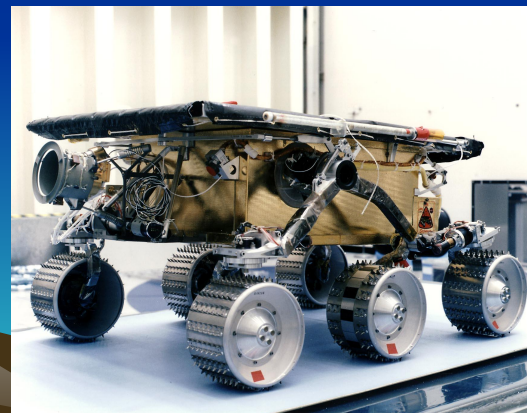
Луноход 2.. Сеанс 14. Панорама 34.

# Sojourner

- «Соджорнер» (англ. *Sojourner*, *Пришелец*) — марсоход космического агентства НАСА, запущенный в рамках программы Марс Пасфайндер.
- Название марсохода, Соджорнер, дословно означает «временный житель» или «проезжий», оно было дано победителем голосования — 12-летним мальчиком из штата Коннектикут, США Марсоход назван в честь женщины-борца с негритянским рабством — Соджорнер Трут.
- Электропитание «Соджорнера» осуществлялось с помощью одной лёгкой панели солнечной батареи, состоявшей из 234 отдельных фотоэлектрических элементов на основе арсенида галлия/германия (GaAs/Ge). Её мощность составляла 15 Вт (примерно 150 Вт·ч/сол). Вес — 0,340 кг. Площадь батареи 0,22 м<sup>2</sup>. Рабочий диапазон температур от -140 до +110 °С. Размер одной ячейки составляет 2 × 4 см. Солнечная батарея хорошо видна в виде тёмной плоской панели, смонтированной на верхней части марсохода. Ячейки солнечных батарей очень лёгкие, тонкие и хрупкие. Создана компанией Applied Solar Energy Corporation (ASEC).
- В качестве аккумулятора использовалась сцепка из 3 батарей, суммарный вес которой составлял 1,24 кг. Батарея 40 мм в диаметре и 186 мм в длину. Сцепка находилась внутри марсохода, под панелью солнечных батарей. Каждая батарея содержала по три ячейки на основе литий-тионилхлорида (Li-SOCl<sub>2</sub>). Рабочее напряжение — 8-11 В. Ёмкость одной ячейки колебалась от 8 А·ч при температуре -20 °С и до 12 А·ч при +25 °С. Вес одной ячейки — 118 г. Фирма-изготовитель «SAFT America».



Аккумулятор Соджорнера

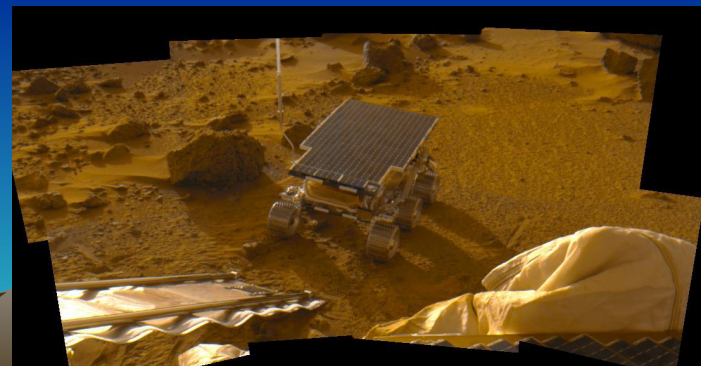




- Масса марсохода составляла вместе со всем оборудованием около 10,6 кг, вес во время операций на поверхности Марса  $\approx 4$  кг; размеры — 0,65×0,48×0,3 м.
- В Соджорнере имелось 11 электродвигателей постоянного тока RE016DC мощностью 3,2 Вт, созданных компанией «Maxon Motor». Шесть двигателей вращают колёса, по одному на каждое колесо, 4 задают направление движения и последний поднимает и опускает спектрометр. Двигатели могут переносить температуры до  $-100$  °С.
- Марсоход был оборудован шестью колёсами диаметром 13 см, каждое из которых способно вращаться самостоятельно. Аппарат способен наклоняться на  $45^\circ$  без переворачивания и преодолевать препятствия высотой до 20 см.
- Мощности батареи хватало для работы аппарата в течение нескольких часов в день даже в пасмурную погоду. Кроме того, в марсоходе имелось три радиоизотопных элемента с несколькими граммами плутония-238 для поддержания необходимой температуры в электронном блоке.
- Связь с Землёй марсоход поддерживал через посадочную станцию. Антенна марсохода была рассчитана передавать данные на расстояние до 0,5 км.
- Марсоход был оборудован тремя камерами — передней стереосистемой и задней одинарной камерой. Альфа-протон-рентгеновский спектрометр (APXS) был практически идентичен спектрометру, установленному на космическом аппарате Марс-96, прибор был создан Институтом Макса Планка по исследованию Солнечной системы в Линдау и Чикагским университетом, США. Спектрометр мог определять элементный состав пород Марса и пыли, за исключением такого элемента, как водород. Управление *Соджорнером* осуществлялось с помощью 8-разрядного процессора Intel 80C85, работающего на частоте 2 МГц (производительность 0,1 MIPS), объём оперативной памяти составлял 512 КБ, также имелся твердотельный накопитель на флеш памяти объёмом 176 КБ. Программное обеспечение марсохода могло создавать 3-D карты местности, исходя из стереоснимков, созданных при помощи одной из передней стереокамеры. Автоматическая система навигации делает снимки близлежащей местности, используя одну из двух стереокамер. После этого стереоизображения преобразуются в 3-D карты местности, которые автоматически создаются программным обеспечением ровера. Программное обеспечение определяет какова степень проходимости, безопасна ли местность, высоту препятствий, плотность грунта и угол наклона поверхности. Из десятков возможных путей ровер выбирает кратчайший, самый безопасный путь к своей цели. Затем, проехав от 0,5 до 2 метра (в зависимости от того, сколько препятствий находится на его пути), ровер останавливался, анализируя препятствия, находящиеся неподалеку. Весь процесс повторяется, пока он не достигнет своей цели или же пока ему не прикажут остановиться с Земли. Система безопасности Соджорнера — *Rover Control Software*, могла захватывать по 20 точек на каждом шагу.



Вид на Марс передними камерами Соджорнера



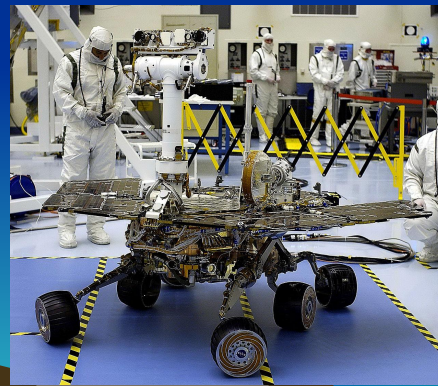
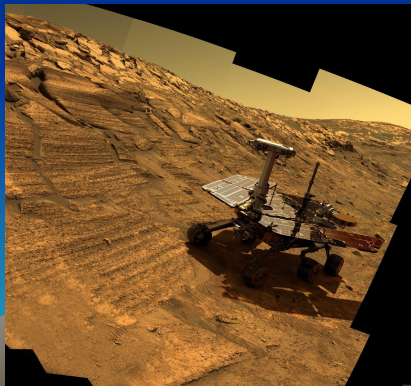
# Spirit

- Марсоход «Спирит» (англ. «Spirit», дух) - это первый из двух спускаемых аппаратов, запущенных в рамках программы НАСА Mars Exploration Rover. Марсоход «Спирит» (англ. «Spirit», дух) - это первый из двух спускаемых аппаратов, запущенных в рамках программы НАСА Mars Exploration Rover. Марсоход «Спирит» (англ. «Spirit», дух) - это первый из двух спускаемых аппаратов, запущенных в рамках программы НАСА Mars Exploration Rover. Марсоход «Спирит» (англ. «Spirit», дух) - это первый из двух спускаемых аппаратов, запущенных в рамках программы НАСА Mars Exploration Rover. Марсоход «Спирит» (англ. «Spirit», дух) - это первый из двух спускаемых аппаратов, запущенных в рамках программы НАСА Mars Exploration Rover.
- Марсоход представляет собой передвижной аппарат на 6 колесах, оборудованный солнечными батареями для получения электроэнергии, буром для взятия проб грунта, несколькими камерами, микроскопом и спектрометрами. Плюс к этому, аппарат оснащен системой приводов и независимых моторов, расположенных на передних и задних колесах, с помощью которых марсоход осуществляет повороты, а также препятствует случайным движениям колес и нежелательным поворотам. Одно из передних колес (при этом второе) может вращаться в обратном направлении, что позволяет марсоходу двигаться по образцу, который он оставляет за собой, не подпрыгивая при этом неподвижно. Аппарат способен работать при температурах до -40 градусов Цельсия. Для обогрева используется электрический нагреватель.



# Opportunity

- «**Оппортьюнити**» (англ. *Opportunity* — «благоприятная возможность»), или **MER-B** (сокр. от *Mars Exploration Rover — B'*) — второй марсоход космического агентства НАСА из двух запущенных США в рамках проекта Mars Exploration Rover. Был выведен с помощью ракеты-носителя Дельта-2 7 июля 2003 года. На поверхность Марса опустился 25 января 2004 года тремя неделями позже первого марсохода Спирит, успешно доставленного в другой район Марса, смещенный по долготе примерно на 180 градусов. «Оппортьюнити» совершил посадку в кратере Игл, на плато Меридиана.
- Название марсоходу, в рамках традиционного конкурса НАСА, было дано 9-летней девочкой российского происхождения Софи Коллиз, родившейся в Сибири и удочерённой американской семьёй из Аризоны.
- На сегодняшний день «Оппортьюнити» продолжает эффективно функционировать, уже более чем в 40 раз превысив запланированный срок в 90 сол, проехав 42 километра, всё это время получая энергию только от солнечных батарей. Очистка солнечных панелей от пыли происходит за счёт естественного ветра Марса, что позволяет марсоходу производить геологические исследования планеты. В конце апреля 2010 года продолжительность миссии достигла 2246 сол, что сделало её самой длительной среди аппаратов, работавших на поверхности «красной планеты». Предыдущий рекорд принадлежал автоматической марсианской станции Викинг-1, проработавшей с 1976 по 1982.



- Все системы марсохода зависят от мощного компьютера, который защищён от воздействий низких температур. В центре ровера находится важный «тёплый блок с электроникой» (англ. *warm electronics box*, «WEB»), который отвечает за передвижение Оппортьюнити, а также за разворачивание манипулятора. Бортовой компьютер примерно такой же мощности, как хороший ноутбук (на 2003 год). Памяти примерно в 1000 раз больше, чем у его предшественника — марсохода Солжорнер.
- Снимок кратера Игл, сделанный Опотьюнити  
Бортовой компьютер Оппортьюнити построен на 32-битном радиационно-стойком процессоре «RAD6000», работающем на частоте 20 МГц. Содержит 128 мегабайт оперативной памяти, а также 256 мегабайт флэш-памяти.
- Важные системы марсохода установлены в модуле под названием «Электроника марсохода», который закреплён в «тёплом блоке с электроникой». Этот модуль расположен точно в центре марсохода. Золотое покрытие на стенках блоков помогает задерживать выделенное тепло от обогревателей, ведь ночные температуры на Марсе могут упасть до  $-96$  градусов по Цельсию. Термоизоляцией служит слой из аэрогеля. Аэрогель — уникальный материал, обладающий рекордно низкой плотностью и рядом уникальных свойств: твёрдостью, прозрачностью, жаропрочностью, чрезвычайно низкой теплопроводностью и т. д. В воздушной среде при нормальных условиях плотность такой металлической микрорешётки равна  $1,9 \text{ кг/м}^3$  за счёт внутрирешёточного воздуха, его плотность всего в 1,5 раза больше плотности воздуха, из-за чего аэрогель получил название «твёрдый дым».
- Инерциальное измерительное устройство оценивает наклон марсохода и помогает делать точные движения.
- Главный компьютер проводит также регулярное техническое обслуживание марсохода. Его программное обеспечение обеспечивает правильное функционирование всех систем.



Снимок кратера Игл, сделанный Опотьюнити