

# MARS 500

ПРОЕКТ «МАРС-500»

520-суточная изоляция  
Высадка на поверхность  
Марса

Москва  
Февраль, 2011 год

## Что такое проект «Марс-500»?

Проект «Марс-500» – это серия экспериментов, имитирующих те или иные аспекты пилотируемого полета к Марсу.

Проект проводится под эгидой Роскосмоса и Российской академии наук на базе ИМБП при широком участии российских и международных организаций.

Целью проекта является исследование системы «человек – окружающая среда» и получение экспериментальных данных о состоянии здоровья и работоспособности экипажа, длительно находящегося в условиях изоляции в герметично замкнутом пространстве ограниченного объема при моделировании основных особенностей пилотируемого полета к Марсу (сверхдлительность, автономность, измененные условия коммуникации с Землей – задержка связи, лимитированность расходуемых ресурсов).

Основной частью проекта «Марс-500» является серия экспериментов по длительной изоляции экипажа в условиях специально созданного наземного экспериментального комплекса. На сегодняшний день проведено два из трех запланированных экспериментов – 14-суточная изоляция (завершена в ноябре 2007 г.) и 105-суточная изоляция (завершена в июле 2009 г.). Третий эксперимент, с 520-суточной изоляцией, в настоящее время находится в стадии выполнения.

## Эксперимент с 520-суточной изоляцией

Начало – 3 июня 2010 г. Завершение – 5 ноября 2011 г.

Экипаж:



**Ситёв Алексей** – командир экипажа (Россия)  
**Камолов Сухроб** – врач экипажа (Россия)  
**Смолеевский Александр** – исследователь (Россия)  
**Роман Шарль** – бортинженер (ЕКА, Франция)  
**Диего Урбина** – исследователь (ЕКА, Италия)  
**Ван Юэ** – исследователь (КЦПК, Китай)

## Структура научных исследований, проводимых во время 520-суточной изоляции

Направления исследований	Количество проектов			Всего
	Российские проекты	Иностранные проекты		
		ЕКА	Другие страны	
Физиологические исследования	17	3	6	26
Психологические и психофизиологические исследования	16	7	3	26
Клинические и лабораторно-диагностические исследования	24	3	7	34
Микробиологические и санитарно-гигиенические исследования	7	1	-	8
Операционно-технологические эксперименты	10	1	-	11
<b>Всего</b>	<b>74</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>105</b>

## Планета Марс: задачи и цели реальной пилотируемой экспедиции

С чем связан такой огромный интерес к Марсу по сравнению с другими планетами солнечной системы? Почему именно Марс настолько привлекает нас, что планируется осуществить высадку людей на эту планету?

1. Центральной задачей планетных исследований является создание научной теории образования и эволюции тел Солнечной системы – планет, их спутников, малых тел (комет, астероидов). Особо следует выделить проблему построения теории образования и эволюции Земли, способной дать прогноз дальнейшего ее развития. Марс принадлежит к семейству планет земной группы, т. е. похожих во многом на Землю, и образовался, по-видимому, из того же исходного материала. Поэтому исследования Марса имеют значения для выяснения происхождения и эволюции планет в Солнечной системе (сравнительной планетологии).

2. Марс имеет достаточно адекватные свойства для того, чтобы его климат позволил существовать воде и органическим соединениям или бактериям, т. е. «жизни» на этой планете, которую интересно сопоставить с земной, и приблизиться к пониманию пока еще неизвестного ее происхождения.

3. Климатические и физические условия на Марсе позволяют надеяться на возможную колонизацию этой планеты, как наиболее подходящего объекта Солнечной системы.

## Общие характеристики планеты Марс

Над поверхностью Марса имеется атмосфера, которая в 100 раз разреженнее, чем земная. Однако ее хватает для того, чтобы существовали сезоны, системы ветров, облака, т. е. климат.

Марс находится гораздо дальше от Солнца (в 1,5 раза), в то время как его средний радиус в 2,107 раз меньше земного. Земля в 10 раз массивнее, чем Марс, который имеет примерно на 70% меньшую плотность, чем Земля. По этой причине человек на Марсе чувствовал бы себя так, как если бы его вес уменьшился на 60%. И если уронить предмет на поверхность Марса, то падать он будет гораздо медленнее, чем на Земле.

Как и Земля, Марс вращается вокруг своей оси с запада на восток, и марсианские сутки длятся 24 час. 39 мин 35 с, т. е., близки к земным суткам.

Расстояние от Земли до Марса изменяется по мере того, как обе планеты вращаются по своим орбитам вокруг Солнца, и может изменяться от примерно 50 млн км до 400 млн км.



Рис. 1. Сравнительные размеры Земли и Марса.

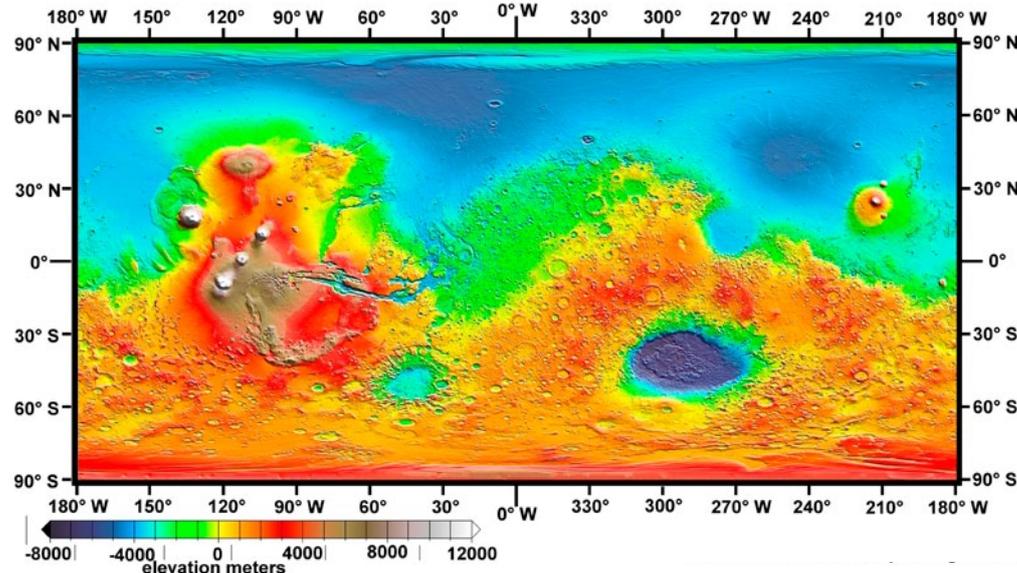
Credit: JPL/NASA

## Сравнительные характеристики Земли и Марса

	Земля			Марс		
<b>Орбитальные характеристики</b>						
Средн. расстояние от Солнца	149 597 890 км (1,0 а.е.)			227 936 637 км (1,523 а.е.)		
Период обращения по орбите (длительность года)	365,24 земных суток			686,96 земных суток		
Спутники	1 (Луна)			2 (Фобос, Деймос)		
<b>Физические характеристики</b>						
Экваториальный радиус	6378,14 км			3402,5 км		
Полярный радиус	6356,78 км			3377,4 км		
Масса	5,9737×10 <sup>24</sup> кг			6,4185×10 <sup>23</sup> кг		
Плотность	5,515 г/см <sup>3</sup>			3,934 г/см <sup>3</sup>		
Гравитация в зоне экватора	9,766 м/с <sup>2</sup> , или 1 g			3,69 м/с <sup>2</sup> , или 0,376 g		
Вторая космическая скорость	11 180 м/с			5 072 м/с		
Период обращения вокруг своей оси	23,93 ч			24,62 ч		
Температура поверхности (по Кельвину)	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.
	185°K	287°K	331°K	133°K	210°K	280°K
Атмосферное давление	101,325 кПа			0,7—0,9 кПа		
<b>Состав атмосферы, %</b>						
Кислород	21			0,13		
Углекислый газ	0,03			95,32		
Азот	77			2,7		
Аргон и прочие примеси	1,97			1,85		

## Некоторые особенности марсианской поверхности

Северное и южное полушария Марса существенно различаются по топографическим характеристикам, что хорошо видно на рис. 2. В южном полушарии преобладают высокие, сильно кратерированные местности (красно-оранжевый цвет), в то время как северное полушарие в основном состоит из более гладких равнин и низин (голубой и светло-зеленый цвет). По краю красной области на Марсе проводят дихотомическую границу, свидетельствующую о различных свойствах коры Марса в обоих полушариях.



**Рис. 2.** Топография Марса по данным лазерного альтиметра MOLA, расположенного на американском спутнике Mars Global Surveyor.  
Credit: MOLA/NASA

Очень глубокие низины (темно-синие области) существуют в обоих полушариях. В отличие от Земли, вся планета покрыта множеством ударных кратеров, порожденных ударами метеоритов о ее поверхность, слабо защищенную неплотной атмосферой. Существует гипотеза, что древний Марс подвергся удару астероида, смявшего и сдвинувшего его поверхность в южном направлении.



**Рис. 3.** Система каньонов Долина Маринеров на Марсе.  
Credit: NASA

**Равнины,** как уже отмечалось, находятся в основном в северном полушарии планеты. Некоторые из них являются наиболее плоскими и низкими, областями по сравнению с подобными образованиями на поверхности других планет солнечной системы. Они, по видимому, заполнены осадочными породами, которые интерпретируются некоторыми исследователями как свидетельства в пользу существовавшего в далеком прошлом планеты океана.

**Система каньонов,** расположенная вдоль экватора, названа Долина Маринеров (Valley Marineris) в честь аппарата Mariner 9, обнаружившего их в 1971г. Поверхность плато, в которое врезаны каньоны, имеет высоту порядка 10 км (над условным нулевым уровнем планеты), а по длине занимает 1/5 окружности планеты (4000 км). Глубина каньонов достигает 6–10 км.

Для сравнения: Большой Каньон в США простирается на 500км и имеет максимальную глубину 1,6 км. Многие специалисты считают, что каньоны произошли вследствие разломов в коре Марса при его сжатии из-за охлаждения, а затем подвергались эрозии. Однако крупные эрозионные долины исходят из восточной части каньонов, и они свидетельствуют, что, возможно, каньоны были когда-то заполнены водой. Долины и овраги имеются во многих местах поверхности Марса, свидетельствуя о том, что деятельность воды приводила к заметной эрозии поверхности многих регионов планеты и краев кратеров. В итоге образовалась сеть мелких долин, от десятков, сотен метров до нескольких километров по ширине и до тысячи кило-

метров по длине. Эти образования внешне похожи на земную систему рек и ручьев и, как правило, оканчиваются в локальных депрессиях или внутри крупных ударных кратеров.

**Полярные области.** В полярных областях Марса имеются образования, которые имеют тонко-слоистую структуру, сформированную благодаря переслаиванию отложений льда с отложениями пылевого материала. Эти отложения простираются от полюса до 80° в обоих полушариях. Они могли образоваться в результате сезонных изменений и продолжительных вариаций марсианского климата. Сверху этих отложений лежат напластования полярных шапок из водяного льда, который никогда не тает. Вместе с подстилающими слоистыми отложениями эти образования имеют толщину в несколько километров. Во время зим на Марсе полярные шапки дополняет слой «сухого льда» – конденсат углекислого газа из атмосферных газов. В такие сезоны полярные шапки простираются вплоть до половины расстояния до экватора, т.е. до широты 55°.

**Магнитное поле Марса.** Оказалось, что Марс не обладает собственным дипольным магнитным полем, как Земля и некоторые другие планеты, однако

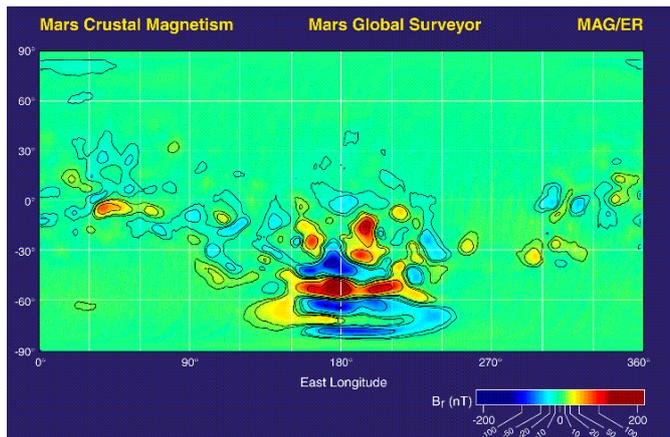


Рис. 4. Карта магнитных аномалий на Марсе по данным измерений магнитометра на аппарате Mars Global Surveyor.

Credit: Connery et al., *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4015-4018, 2001

он не совсем похож и на Венеру, у которой тоже нет собственного поля. Марсианское динамо, которое ответственно за создание собственного магнитного поля у всех планет, перестало работать несколько миллиардов лет назад. При температуре в районе марсианского ядра (предположительно 1500°K), смесь железа, никеля и серы, из которой оно состоит, должна находиться в жидком состоянии. На внешней части ядра, однако, она может несколько затвердеть, но это случится, только если содержание серы в этом регионе не превысит 10,6%. Это объясняет, почему Марс перестал обладать магнитным полем, в то время как у Земли оно существует по сей день. Считается, что у Земли оно возникает из-за отвердения внутренней части ядра. Оно, благодаря трению о внешнюю часть, состоящую из расплавленного железа, работает по принципу динамо-машины.

После прекращения действия динамо образовались некоторые кратерные бассейны, в которых магнитное поле отсутствует, такие, как, например, Эллада и Ар-гир, и по возрасту этих тоже немолодых образований можно судить о том, что магнитное поле Марса осталось только в некоторых районах его коры – аномалиях.

Магнитное поле на поверхности планеты составляет 0,5 нТ ночью и 1 нТ в другое время. На дневной стороне оно порядка 30–50 нТ на поверхности в областях вне магнитных аномалий.

Магнитное поле аномалий на Марсе, оцененное по измерениям со спутника на высоте от 80 до 400 км, может достигать от +200 до -200 нТ, и они (аномалии) вносят вклад в формирование «эффективного» диполя, который управляет такими важными крупномасштабными процессами, как взаимодействие с солнеч-

ным ветром – с замагниченными потоками заряженных частиц (плазмы), формирующими марсианскую магнитосферу и ее динамику.

**Атмосфера** Марса содержит гораздо меньше кислорода ( $O_2$ ), чем земная, всего 0,13% (в земной атмосфере содержание  $O_2$  составляет 21%). Главным компонентом атмосферы планеты является углекислый газ ( $CO_2$ ) – 95,3%. Остальные газы включают азот ( $N_2$ ) – 2,7%, аргон (Ar) – 1,6%, CO – 0,07% и водяной пар ( $H_2O$ ) – 0,03%.

В атмосфере на больших высотах могут существовать облака замерзшего углекислого газа  $CO_2$ , а также туман, который образуют сконденсированные пары воды  $H_2O$ , в особенности по утрам, когда температура очень низка.

На Марсе, как и на Земле, существует глобальная картина ветров, сопровождающаяся, порой, даже тайфунами, но они имеют меньшую силу, чем на Земле из-за меньшей плотности атмосферы. В среднем скорость ветра порядка 10 км/ч.

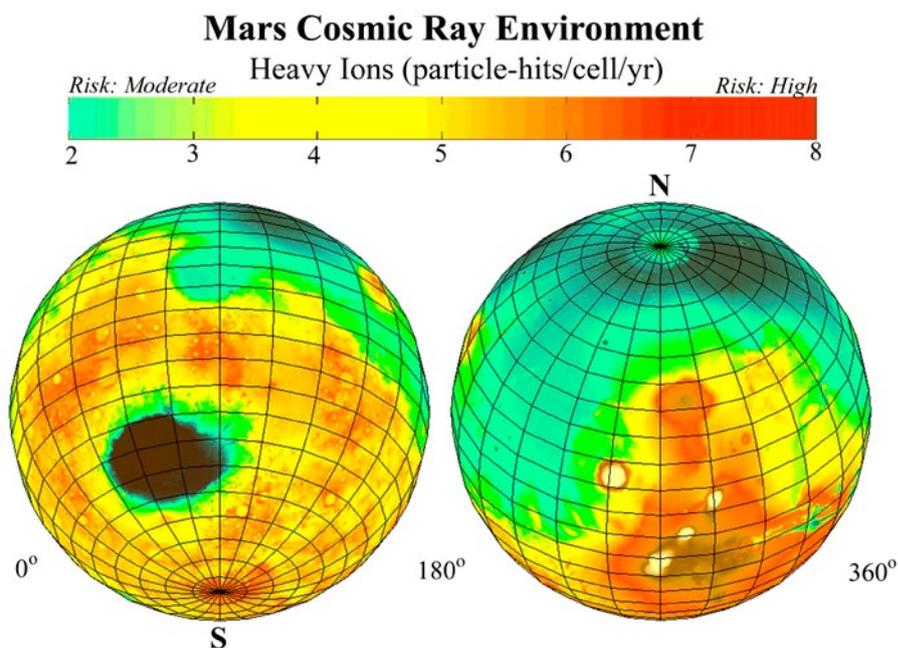


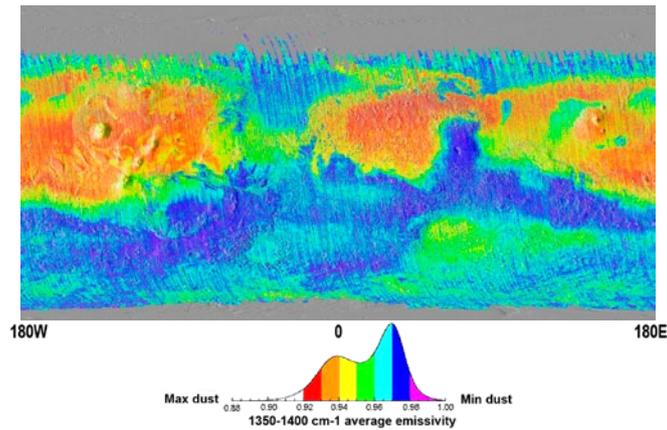
Рис. 5. Распределение интенсивности космических лучей в обоих полушариях Марса.

Credit: NASA/Jet Propulsion Laboratory/JSC

### Радиационная обстановка на Марсе

Из рис. 5 очевидно, что наиболее безопасными с точки зрения радиационной обстановки являются самые низкие районы Марса (темно-зеленый и коричневый цвета). Это происходит потому, что Марс имеет в 100 раз более тонкую атмосферу, чем Земля, и столб атмосферных газов, куда проникают космические лучи, в низинах толще, чем в других районах. Зеленые области на карте составляют районы умеренного риска, в то время как красные области отмечают области повышенного риска подвергнуться радиации.

**Пыль на поверхности Марса**



**Рис. 6.** Карта запыленности поверхности Марса, построенная из наблюдений спектрометра ТЭС на основе картирования спектрального индекса пыли (S. Ruff, P. Christensen, 2002).  
Credit: NASA/JPL/Goddard

Наиболее впечатляющими явлениями на Марсе являются пылевые бури (рис.7). За короткие интервалы времени завихрения ветров поднимают пыль в атмосферу, образуя то, что называют «dust devils», (пылевые дьяволы), внешне похожие на небольшие торнадо.



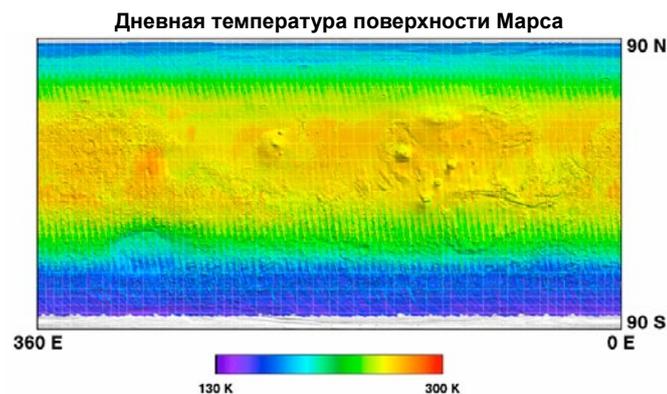
**Рис. 7.** Пылевая буря на Марсе.  
Credit: NASA, James Bell (Cornell Univ.), Michael Wolff (Space Science Inst.), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Из рис. 6 видно, что наиболее запыленные области на Марсе (красно-оранжевый цвет) доминируют главным образом в северном полушарии, где толщина пылевого слоя локально может достигать до 1–2 м. В южном полушарии наибольшая запыленность приурочена к области депрессии Эллада.

**Температуры на Марсе**

На Марсе гораздо холоднее, чем на Земле (рис. 8). Температура на поверхности планеты изменяется от -125°C вблизи полюсов зимой до, порой, +20°C в полдень на экваторе летом. Средняя температура, однако, не превышает -60°C.

**Рис. 8.** Карты дневной и ночной температуры поверхности Марса в конце лета в северном полушарии (Ls = 180°), полученные по данным наблюдений термо-эмиссионного спектрометра ТЭС с борта КА Mars Global Surveyor.  
Credit: TES Team/MGS/JPL/NASA

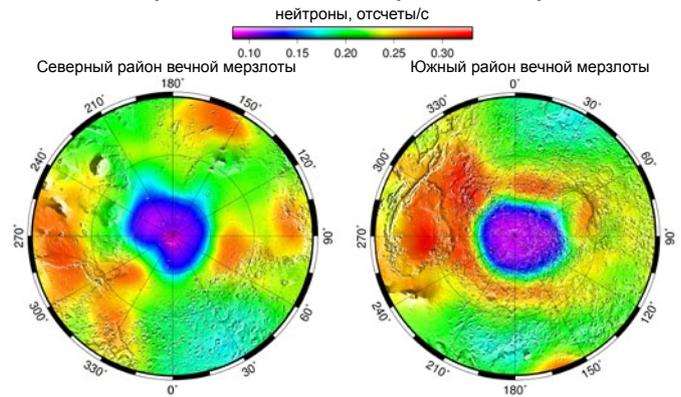


**Вода на Марсе**

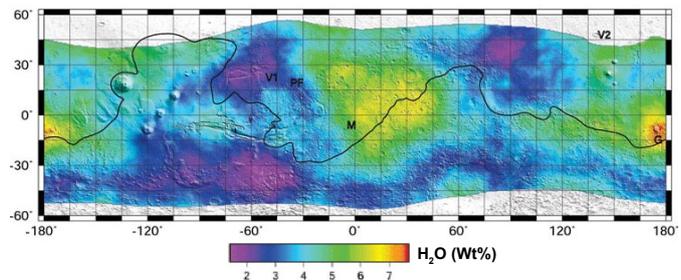
Ряд особенностей современной поверхности планеты указывает на то, что были эпохи, когда вода играла еще большую роль: разветвленные долины, весьма напоминающие русла высохших рек (вади), являются наиболее ярким примером.

Если эта интерпретация правильна, то вода, по-видимому, существует и до сих пор в трещинах, разломах и порах подповерхностных пород. Космические аппараты обнаружили значительное количество льда под поверхностью, в особенности вблизи южного полюса.

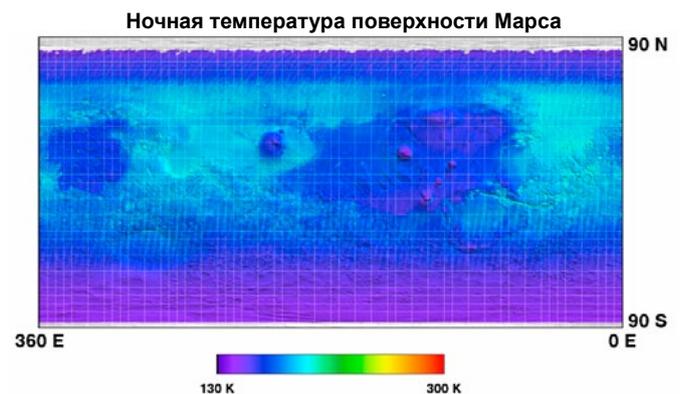
**Открытие льдов под поверхностью Марса**



**Рис. 9.** Прибор ХЕНД, созданный Роскосмосом и ИКИ РАН для комплекса аппаратуры гамма-спектрометра проекта НАСА Mars Odyssey, обнаружил залежи водяных льдов под поверхностью приполярных районов Марса выше 50°–60° северной и южной широты. На картах нейтронного излучения районы вечной мерзлоты с водяным льдом в грунте отмечены синим цветом.  
Credit: Роскосмос



**Рис. 10.** Содержание воды в области средних широт в поверхностных областях Марса по данным американского спутника Mars Odyssey. Черная кривая – граница дихотомии поверхности между северным и южным полушариями.  
Credit: NASA/JPL/University of Arizona



## Куда следует посылать пилотируемые экспедиции на Марс?

Исследования Марса с помощью приборов на космических аппаратах и робототехнических средств на поверхности начались в 1960 г. Первую посадку на поверхность планеты совершили посадочные модули аппаратов Viking 1 и 2 в 1976 г. В 1997 г. успешная экспедиция на поверхность планеты была осуществлена с помощью ровера Mars Pathfinder. Фотографии марсианской поверхности с этих аппаратов обошли весь мир.

В 2001 г. был запущен Mars Odyssey, который был снабжен аппаратурой для исследования химического состава марсианской поверхности и подповерхностной воды с орбиты ИС. Были обнаружены громадные залежи подповерхностного водяного льда на широтах выше 60° в обоих полушариях Марса. Этот лед находился в 1 м подповерхностного грунта, и его объем сравним с двумя объемами воды в озере Мичиган в США (Steven W. "Mars" World Book online reference Center. 2004, <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar346000>)

В 2004 г. ровер Spirit приземлился в кратере Гусева на Марсе, а через месяц ровер Opportunity приземлился в небольшом кратере области, называемой Meridiani Planum. Оба ровера исследовали поверхность Марса в течение нескольких марсианских лет и прошли расстояния до 3 км. Они обнаружили, что марсианская поверхность в месте их работы изобилует образованиями и химическими соединениями, свидетельствующими о существенном воздействии воды на породы Марса. Многие обнаруженные роверами свидетельства существования в породах и грунтах гидратированных фаз минералов убеждают в том, что в прошлом Марса такие процессы, как гидротермальная деятельность и соленые водоемы, были широко развиты на поверхности планеты.

Очевидно, что на Марсе выполняются три условия, которые, как считают специалисты, необходимы для возникновения и сохранения жизни: 1) имеются химические элементы, такие как углерод, водород, кислород и азот, т. е. те блоки, из которых формируются органические соединения; 2) источники энергии, необходимые для поддержания жизни (солнечная энергия); 3) жидкая вода. Вода, несомненно, присутствовала на значительной части планеты во время всей ее эволюции, и существует под поверхностью в настоящее время, оставаясь в жидкой фазе (на больших глубинах) из-за разогрева внутренними источниками тепла на Марсе. Поиски воды и жизни стали ключевыми задачами многих марсиан-

ских экспедиций, осуществлявшихся с помощью автоматических станций.

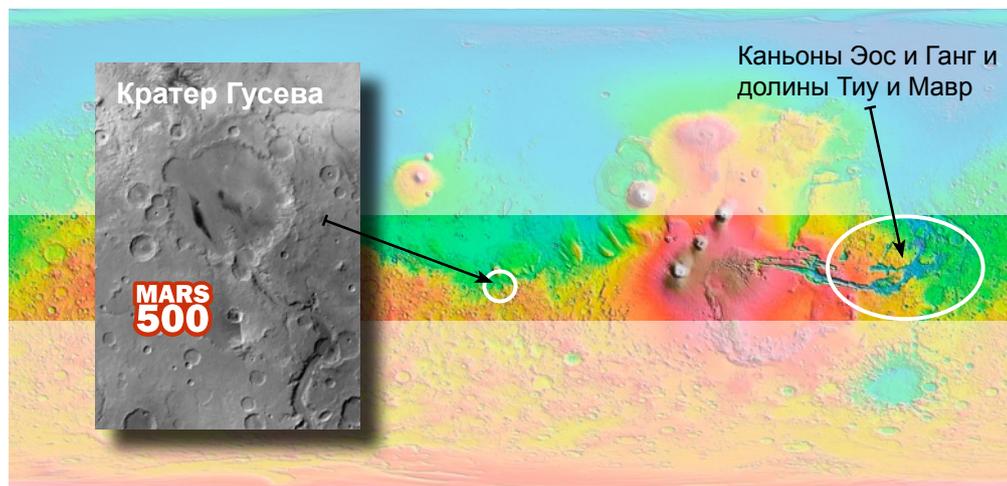
Очевидно, что при выборе места посадки для пилотируемой экспедиции следует учитывать все те особенности поверхности Марса, которые описаны выше, а также определить и ранжировать задачи экспедиции в соответствии с уже накопленной информацией, полученной автоматами.

Прежде всего, в целях наибольшей безопасности для места посадки следует выбирать достаточно низкие районы, с возможно более толстым слоем атмосферы над ними, защищающей от радиации (см. рис. 5). Выбор этот также должен учитывать существование чрезвычайно холодных районов (рис. 8), слишком запыленных открытых областей (рис. 6), необходимо учитывать существование марсианских магнитных аномалий (рис. 4), крутых склонов и пересеченных районов. С учетом всех этих обстоятельств, место посадки выбирается, ранжируя задачи экспедиции – поиски марсианской воды и следов возможной жизни, т. е. органики, или, например, природы и странного залегания магнитных аномалий. Поэтому необходимо выбирать районы, которые уже неплохо исследованы роботами и искусственными спутниками, осуществившими предварительную разведку и обнаруживших следы существования воды и химических компонентов, потенциально возможных для синтеза органики и существования живой материи.

Наиболее перспективные области для выбора района посадки находятся в широтном поясе  $\pm 15^\circ$  с высотами поверхности от 3 до 4 км и ниже среднего нулевого уровня планеты, соответствующего давлению  $\approx 6,1$  мбар.

Для виртуальной посадки в рамках проекта «Марс-500» был выбран кратер Гусева, названный в честь российского ученого М.М. Гусева (1826–1866), одного из пионеров астрофизики.

**Рис. 11.** Области поверхности Марса, потенциально пригодные и интересные с точки зрения осуществления посадки пилотируемой экспедиции на планету.  
Credit: NASA/MOLA/GRS



## Цель этапа высадки на поверхности Марса

Моделирование деятельности экипажа по обеспечению высадки и работы на марсианской поверхности с использованием робототехнических средств, а также компьютерных технологий и технологий виртуальной реальности.

### Основные задачи:

- Освоение оборудования модуля ЭУ-50 (имитатор посадочного модуля), перенос и распределение грузов из резервного хранилища;
- Моделирование динамических операций по расстыковке и стыковке посадочного модуля с межпланетным космическим комплексом;
- Тренировки членов экипажа с виртуальными и компьютерными моделями деятельности экипажа на марсианской поверхности;
- Моделирование перераспределения жидкостных сред организма при воздействии микрогравитации перед десантированием экипажа на поверхность Марса;
- Осуществление постоянных тренировок экипажа с использованием трехмерной виртуальной модели деятельности экипажа на поверхности Марса;
- Обеспечение и осуществление 3-х выходов на марсианскую поверхность членов десанта - исследователей;
- Дистанционное исследование поверхности Марса с использованием реальных робототехнических средств;
- Обеспечение медконтроля и программы научных исследований во время деятельности на марсианской поверхности.

## Научная программа

В периоде работы экипажа на марсианской орбите и в имитаторе марсианской поверхности реализуются 4 проекта:

1. «Исследование эффектов краниального перераспределения жидкостных сред на состояние работоспособности и ортостатической устойчивости человека во время работы в скафандре на имитируемой поверхности Марса в наземном эксперименте с длительной изоляцией, моделирующем пилотируемый полет на Марс»
2. «Осуществление 3-х выходов на поверхность Марса и ее изучение с помощью робототехнических средств (ровер «Гулливвер»)»
3. Исследования с применением технологии виртуальной реальности (VIRTU)
4. «Апробация «Средства тренировки и оценки работоспособности PRET (Performance Readiness Evaluation and Training Tool)» в рамках проекта «Марс-500».

## Состав экипажа «марсианского» десанта



**Александр Смолевский** (Россия). Является командиром десанта и пилотом посадочного модуля.



**Диего Урбина** (ЕКА)



**Ван Юэ** (КЦПК)

### Проект №1

Исследование эффектов краниального перераспределения жидкостных сред на состояние работоспособности и ортостатической устойчивости человека во время работы в скафандре на имитируемой поверхности Марса в наземном эксперименте с длительной изоляцией, моделирующем пилотируемый полет на Марс.

### Цель:

Изучение возможности работы человека в скафандре на поверхности планеты после имитации предшествующего длительного межпланетного космического полета, последняя фаза которой будет сопровождаться сочетанием факторов изоляции и снижения локомоторной активности с эффектами перераспределения жидкостных сред в краниальном направлении.

### Задачи:

- моделирование эффектов перераспределения жидкостных сред в краниальном направлении и снижения локомоторной активности;
- изучение особенностей центральной гемодинамики и состояния жидкостных сред при сочетании воздействия факторов изоляции с эффектами краниального перераспределения жидкостных сред;
- изучение динамики показателей нейрогуморальной регуляции обмена веществ в условиях сочетанного моделирования эффектов микрогравитации;
- изучение функционального состояния и гемодинамических изменений органов брюшной полости в условиях сочетанного моделирования эффектов микрогравитации;
- изучение состояния иммунной системы в условиях сочетанного моделирования эффектов микрогравитации;
- изучение состояния работоспособности и ортостатической устойчивости при работе в скафандре на имитируемой поверхности планеты после сочетанного воздействия факторов изоляции и краниального перераспределения жидкостных сред.

Основным воздействующим фактором исследований является пребывание в условиях антиортостатического положения (АНОП) с углом наклона тела относительно горизонта  $-12^\circ$ .

Для сохранения перераспределения жидкостных сред в краниальном направлении во время дневных работ используется модифицированный противоперегрузочный костюм «Кентавр», который надевается и подгоняется утром, и снимается вечером в АНОП.

В исследованиях участвуют 3 члена экипажа, десантирующиеся на поверхность Марса.



Антиортостатическое положение (АНОП). Съём фоновых данных перед началом эксперимента «Марс-500».



Модифицированный противоперегрузочный костюм «Кентавр». В эксперименте используется для сохранения перераспределения жидкостных сред в краниальном направлении во время дневных работ.

**Проект №2**

Осуществление 3-х выходов на поверхность Марса и ее изучение с помощью робототехнических средств (ровер «Гулливер»).

Каждый выход на имитатор марсианской поверхности осуществляется 2-мя членами десанта в скафандрах «Орлан-Э», разработанных в НПП «Звезда», в состав которого входят:

- два скафандра «Орлан-Э»;
- автономная система наддува и вентиляции скафандров;
- переговорное устройство.

В качестве базовой модели был выбран скафандр «Орлан-ДМА» с проведением определенных доработок, главной задачей которых являлось максимальное облегчение конструкции скафандра.

Комплект скафандра «Орлан-Э» включает:

- собственно скафандр с системой внутренней вентиляции, устройством регулирования избыточного давления, проводной системой для ведения речевой связи,
- автономную систему наддува и вентиляции для обеспечения вентиляции и создания избыточного давления в скафандре (компрессор, контроль расхода газа, интерфейсы) – находится вне скафандра;
- дополнительное оборудование, включающее место одевания скафандра (тележка-тренажер) и специально оборудованное место отдыха;
- индивидуальное снаряжение (белье, шлемофон, перчатки).

Оболочка скафандра «Орлан-Э» включает:

- жесткую часть (корпус и ранец);
- мягкие части (ноги и рукава);
- перчатки.

Вес скафандров составляет 32 кг.

Мягкие части оболочки снабжены регулировочными лентами, позволяющими производить подгонку скафандра в соответствии с антропометрическими данными испытуемого.

Ранец является одновременно входным люком.

Для регулирования давления в скафандре установлен регулятор избыточного давления, а для контроля давления – манометр.

Типоразмер скафандра с индивидуальной регулировкой мягкой оболочки позволяет обеспечить работу испытуемых, у которых рост стоя находится в интервале 165–180 см.

Регулирование расхода вентиляционного воздуха осуществляется в пределах 0–280 нл/мин.

Испытуемые, снаряженные в скафандр «Орлан-Э», под избыточным давлением 0,2 атм могут самостоятельно передвигаться по горизонтальной поверхности, выполнять движения, имитирующие рабочие операции при ВКД: наклоны, повороты, приседания, движения руками.

Время работы в скафандре при умеренной физической нагрузке до 2-х часов, при этом необходим периодический отдых.



Вверху: испытуемые надевают скафандры.

Внизу: работа с инструментом в имитаторе марсианской поверхности.

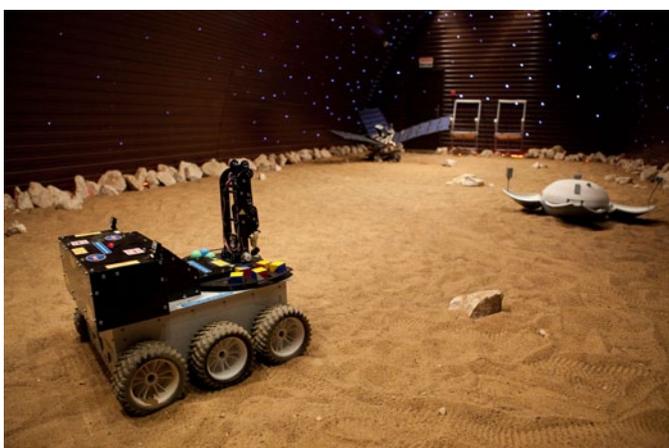




Испытатели отдыхают в специальных креслах.



Испытатели в имитаторе марсианской поверхности.



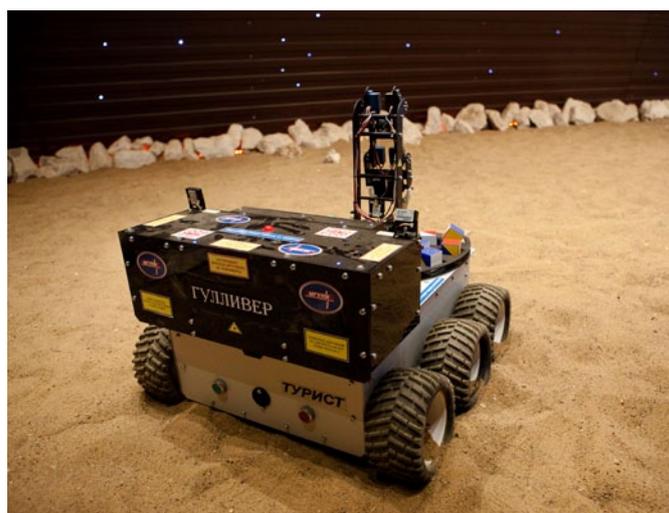
Ровер в имитаторе марсианской поверхности. Разработка МГУПИ (Московский университет приборостроения и информатики).



Ровер с раскрытым манипулятором.



Вид окна программы для управления ровером.



Ровер «Гулливер», вид сзади. Надпись «Турист» расшифровывается как «Телеуправляемый робот-исследователь сухопутных территорий».

**Проект №3**

Исследования с применением технологии виртуальной реальности (VIRTU).

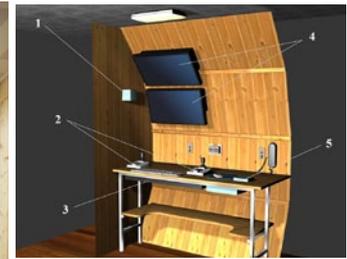
Использование виртуальной реальности для моделирования работы на новых, недоступных пока человеку территориях представляется весьма перспективной областью исследований. При отсутствии в данный момент образцов конкретной техники, с помощью которой будет осуществляться высадка и освоение других планет, виртуальная реальность позволяет смоделировать как хорошо известные специфические параметры среды других планет (гравитацию, освещенность, запыленность и пр.), так и психологическую структуру деятельности в новых условиях, ключевые операции, которые будут выполняться членами экспедиций (посадку, взлет, работы поверхности планеты и т.д.). При этом работающий в рамках данной модели оператор будет переживать реальные психофизиологическую напряженность, связанную с выполнением ответственной деятельности, эффект новизны от соприкосновения с необычными параметрами внешней среды, негативные психофизиологические эффекты этих условий (освещенности, запыленности, изменения циркадианного ритма) на восприятие в целом и выполнение деятельности, и моделируемые нештатные ситуации, например – потери одного из членов экипажа в условиях пыльной бури и т.п.

**Содержание тренировок по программе «Виртуальная реальность»:**

- Автоматическая посадка на поверхность Марса.
- Осмотр космонавтом посадочной площадки.
- Исследование поверхности планеты с помощью большого марсохода.
- Исследование поверхности планеты с помощью малого марсохода.
- Проведение операции бурения для поиска источников воды.
- Медицинская операция оказания помощи травмированному космонавту.
- Экстренное покидание исследовательской площадки в условиях метеоритного дождя.
- Исследование поверхности планеты в условиях песчаной бури.
- Автоматический взлет с поверхности планеты.

Совместные тренировки обследуемых в паре подразумевают взаимодействие в группе работу одного космонавта на поверхности в 3D-режиме под наблюдением второго космонавта, направляющего действия оператора и дающего советы из посадочного модуля ЭУ-50 (ПМ), с использованием информации с видеомониторов.

Во время выполнения экспериментальных сессий надеваются датчики для регистрации физиологических параметров.



Рабочее место оператора для тренировок в виртуальной реальности в посадочном модуле ЭУ-50 (разработка JC Group).

- 1 – элемент системы для отслеживания движений головы
- 2 – джойстики для интерактивного управления объектами
- 3 – графическая станция
- 4 – 26" мониторы
- 5 – нагнетная система отображения.



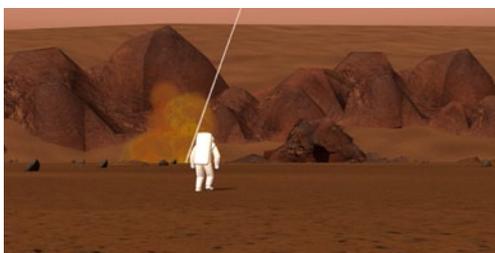
Автоматическая посадка на поверхность Марса на выбранную заранее площадку. После посадки выполняется внешний осмотр космонавтом взлетно-посадочного комплекса (выполняется в 3D-режиме с использованием специальных очков).



Исследование поверхности планеты с помощью большого марсохода. Тренировки предусматривают работу одного космонавта в качестве пилота марсохода и второго космонавта в качестве штурмана..



Инструментальная панель транспортного ровера.



Экстренное покидание исследовательской площадки в условиях метеоритного дождя.

Слева – вид площадки для оператора. Справа – вид площадки глазами исследователя (синий индикатор показывает степень близости к месту падения метеорита).



#### Использование телемедицинских технологий

При проведении операции бурения космонавт получает травму (перелом руки). Происходит падение на поверхность. Второй вышедший космонавт помогает первому подняться и доставляет его на большом марсоходе во взлетно-посадочный комплекс. Далее в модуле производится диагностика в режиме телеконференции с врачом орбитального модуля с использованием 3D-ноутбуков с технологией nVidia 3D Vision. После постановки диагноза производится оказание медицинской помощи, при этом производится сеанс связи с Землей (с задержкой сигнала во времени) с использованием телемедицинских технологий.

## Проект №4

Апробация «Средства тренировки и оценки работоспособности PRET (Performance Readiness Evaluation and Training Tool)» в рамках проекта «Марс-500».

### Цель:

При помощи компьютерной имитации разведочной поездки вездехода по поверхности Марса, произвести оценку работоспособности экипажа «Марс-500» на основании отобранных показателей качества деятельности, а именно:

- деятельности по вождению вездехода (качество вождения, плавность маневрирования, время экспедиции, статус выполнения задач);
- результатов когнитивных тестов, которые «прозрачно» (неявно) встроены в задачи экспедиции и связаны по смыслу со сценарием разведочной миссии.

### Задачи:

Имитационная экспедиция PRET состоит из 4 главных задач:

- 1) вождение вездехода;
- 2) управление расходом энергии на вездеходе и учет истекшего времени;
- 3) манипулирование механической «рукой» вездехода для взятия проб грунта;
- 4) анализ информации и передача данных в штатных и нештатных ситуациях.



Вверху и внизу – снимки экрана программы во время выполнения имитационных задач.



Следующим этапом 520-суточной изоляции будет «полет» к Земле, домой



**Авторский коллектив:**  
**Белаковский М.С. (ИМБП РАН), Бреус Т.К. (ИКИ РАН), Волошин О.В. (ИМБП РАН),**  
**Кузьмин Р.О. (ГЕОХИ РАН), Моруков Б.В. (ИМБП РАН)**

**Контакты**

**ГНЦ РФ–ИМБП РАН**  
Россия, 123007 Москва  
Хорошевское шоссе, д. 76а  
ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН  
Тел.: +7 (499) 195-1500  
+7 (499) 195-3020  
+7 (499) 195-6853  
Факс: +7 (499) 195-2253  
E-mail: [pressimbp@gmail.com](mailto:pressimbp@gmail.com), [info@imbp.ru](mailto:info@imbp.ru), [pressa@imbp.ru](mailto:pressa@imbp.ru)

**Проект «Марс-500»**

Web-сайт: <http://mars500.imbp.ru>  
Блог: <http://imbp-mars500.livejournal.com>  
Портал: <http://mars500main.appspot.com>  
YouTube: <http://www.youtube.com/mars500project>  
Twitter: <http://twitter.com/mars500project>

ISBN 978-5-902119-21-0



9 785902 119210

Верстка и дизайн: Олег Волошин  
© ГНЦ РФ-ИМБП РАН, 2011

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРТНЕРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА



ПАРТНЕРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ УСПЕШНОМУ ПРОВЕДЕНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТА



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

