

Условия внекорабельной деятельности на поверхности Марса и структура операций экипажа

А.Н. Бабкин, Г.А. Полтавец

В настоящей статье проведен анализ отечественных публикаций по теме пилотируемой экспедиции на Луну, Марс и материалов NASA по данной проблематике. Даны предложения авторов по развитию и продолжению этих работ.

Марсианские условия создают ряд проблем для осуществления внекорабельной деятельности (ВКД). Их уникальность определяется влиянием планетарных факторов и отсутствием опыта по их компенсации.

По результатам исследований малых составляющих марсианской атмосферы с помощью Фурье–спектрометра (Mars Express) «имеет место совпадение областей повышенной концентрации воды в грунте, водяного пара, метана и формальдегида в атмосфере, которое указывает на их вероятный общий подповерхностный источник. Не исключено, что этим источником является слой льда под “покрывалом” марсианского грунта, подпитываемый ареотермальным теплом, а ниже ледяного слоя присутствует и жидкая вода. Предположение о том, что в этих подповерхностных слоях в настоящее время существует биологическая активность, наилучшим образом объясняет результаты Фурье–спектрометра. Это могут быть метаногенные бактерии, а в водной среде могут существовать и более сложные организмы» [6]. Поэтому при формировании теоретического подхода к ВКД на поверхности Марса нельзя оставить без внимания вопросы микробиологической и токсикологической опасности для человека, как прямого (при занесении земных микроорганизмов на Марс), так и обратного воздействия (при занесении неземных микроорганизмов на Землю).

Вращение Марса вокруг своей оси, наклоненной по отношению к плоскости его орбиты, приводит к условиям суточного (24 ч) цикла смены дня и ночи. Это отражается на погоде и вызывает значительные суточные колебания метеорологических условий. Атмосфера Марса состоит более чем на 95% из CO₂ и имеет общее давление 7 миллибар (около 700 Па), что составляет менее 1% давления земной атмосферы на уровне моря. Температура поверхности Марса варьируется в пределах 140 – 293 К с характерными сезонными колебаниями [7]. Температурный суточный режим с точки зрения вариаций (но не абсолютных значений) типичен для условий земной пустыни. В настоящее время имеются точные данные об изменении основных составляющих климатических условий на протяжении 24,6 часов марсианских суток, что позволяет сделать вывод о высокой повторяемости суточных ходов температуры, ветра и атмосферного давления. Для суточного хода скорости ветра по данным спускаемого аппарата

«Викинг» за 20 марсианских суток (рис. 1.1) типично среднее значение 2,4 м/с и суточное вращение вектора скорости ветра против часовой стрелки. Преобладание южного ветра обусловлено влиянием крупномасштабной топографии в районе посадки спускаемого аппарата «Викинг» [2].

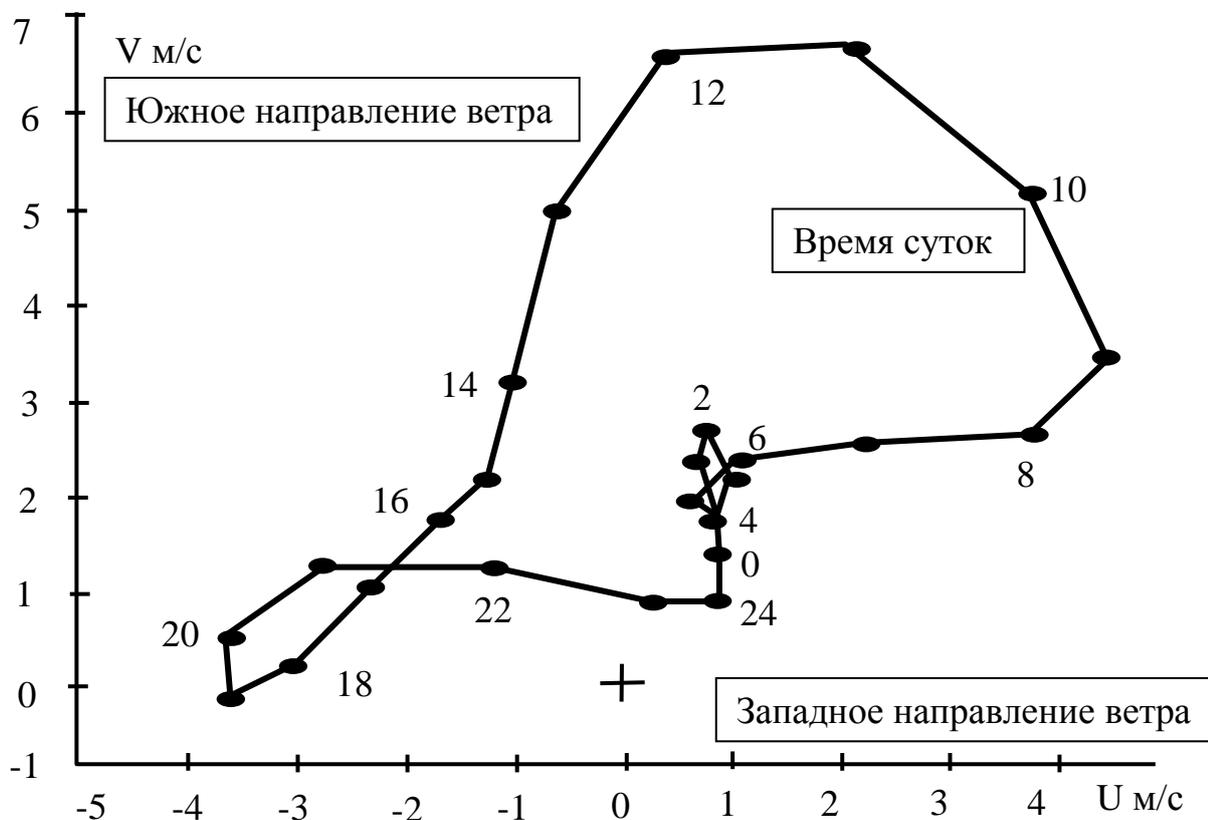


Рис. 1.1. Годограф вектора горизонтальной скорости ветра

Рассмотренные факторы можно оценить как благоприятные для ВКД.

Наличие силы тяжести на Марсе, а она составляет 38% от уровня земной гравитации и вдвое превышает лунный уровень, значительно усложняет задачу создания скафандра, позволяющего обеспечить продуктивную деятельность и необходимую подвижность.

В работе [3] предлагается рассмотреть возможность планирования отдельных «выходов» в ночное время, тогда, в условиях повышенного излучения из-за солнечных вспышек и невозможности создания эффективной противорадиационной защиты в составе скафандра, защитой может служить сама планета. При этом, для создания светового пятна достаточной освещенности поверхности Марса в месте работ, по мнению авторов, возможно применение значительной площади поверхности обратной стороны тонкопленочных солнечных батарей межпланетного экспедиционного комплекса в качестве отражателей солнечного света.

Многочисленные фотографии позволяют сделать вывод о том, что Марс, даже в светлое время суток, представляет крайне неблагоприятную для освоения территорию.

Самыми распространенными формами рельефа на изученной территории Марса являются кратеры разного размера, разделенные на две группы и четыре класса по степени выраженности в рельефе (рис.1.2). Приведенные данные могут рассматриваться как граничные условия для оптимизации маршрутов перемещений по поверхности Марса.



Рис. 1.2. Морфологические классы кратеров, представляющие эволюционный ряд в двух размерных группах

Первая группа состоит из кратеров диаметром 15-25 км, вторая диаметром 60-80 км. Они имеют следующие характеристики по классам [4]:

- 1 класс представлен кратерами с резко выраженным кольцевым валом и максимальной, относительно других классов глубиной;
- 2 класс представлен кратерами несколько сглаженных очертаний, но с хорошо сохранившимся валом;
- 3 класс представляют кратеры сильно сглаженной формы,
- 4 класс представляют собой неглубокие округлые депрессии, со слабо выраженным, а во многих случаях и вообще неразличимым валом.

Максимальная крутизна внутренних склонов кратеров практически одинакова и достигает 20-30°. Глубина кратеров уменьшается от первого класса до четвертого.

Анализ распространенности кратеров различных морфологических классов показывает (рис.1.3)[4], что среди форм диаметром 4-30 км наблюдается определенное постоянство в соотношениях между формами разных классов (цифры соответствуют номеру класса).

Фотометрические профили планеты в ближней инфракрасной области спектра показывают, что пылевой осадок самой мощной бури не превышает нескольких миллиметров, а размер частиц в пылевых облаках колеблется в пределах до 10 мкм. Таким образом, можно предположить, что

операции на поверхности Марса будут проходить при наличии большого количества мелкой пыли и вероятной возможности пыльных бурь на поверхности планеты, что создает проблемы повышенного износа снаряжения и оборудования при ВКД. Пыль может ограничивать видимость, а также вызывать абразивные повреждения оптических поверхностей, зазоров и т.п.

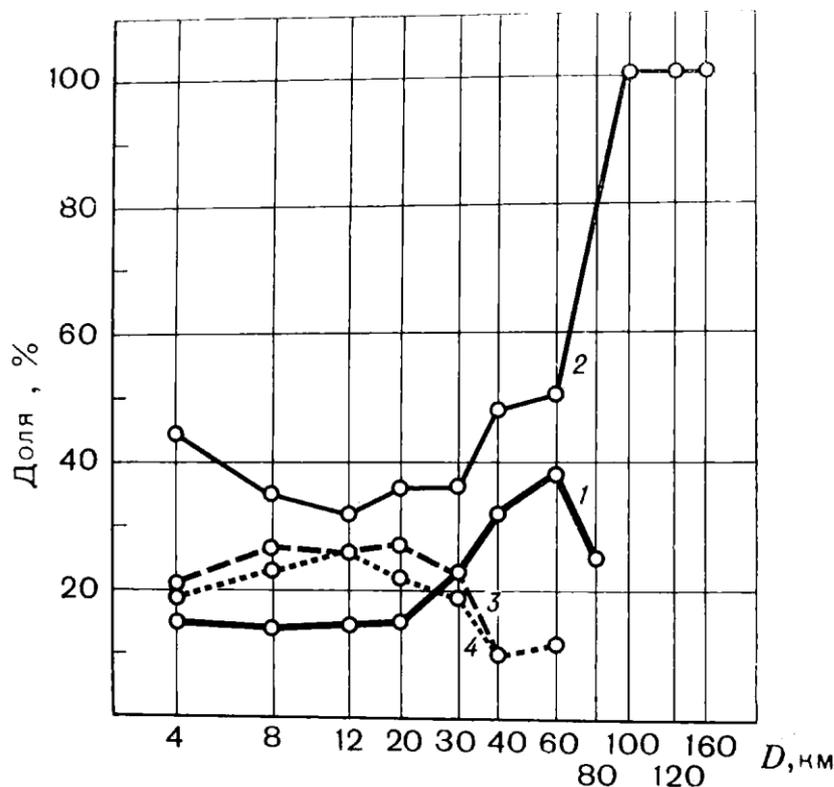


Рис. 1.3. Зависимость относительной распространенности кратеров различных морфологических классов, от величины их диаметра

При планировании ВКД, важным препятствием может оказаться наличие ветра с ожидаемой скоростью 15 м/с и порывами во время бури до 80 м/с [1, с.86]. Хотя на Марсе ветер не создает столь больших сил, препятствующих движению, как это имеет место на Земле, но резкие порывы ветра влияют на равновесие и в сочетании с большим количеством пыли, создают трудности в поддержании комфортных тепловых условий (возможно изменение расчетных характеристик теплосъема скафандра). Таким образом, освоение Марса требует создания новой системы планетной ВКД с проработкой по следующим направлениям:

- уменьшение веса снаряжения и оборудования, в том числе за счет минимизации запасов и контуров системы обеспечения жизнедеятельности (СОЖ);
- применение вспомогательного барьерного (по биологической и токсикологической опасности) шлюза или переходного отсека для обеспечения «выхода» из жилого отсека или марсохода;
- использование вспомогательной тележки — платформы для размещения резервной и перезаряжаемой СОЖ, а также для обеспечения других функций.

Последний пункт может базироваться на опыте использования в программе "Аполлон" следующих двух вариантов подобных устройств: простая тележка, которую по поверхности Луны толкал сам астронавт, передвигающийся во время ВКД, а также управляемый вручную луноход, который перевозил астронавтов с оборудованием по Луне. Толкаемая вручную тележка была крайне неудобна при транспортировке во время ВКД. Применение управляемого лунохода значительно расширило возможности исследований, но потребовало дополнительных операций по разборке и перемещению образцов, а также по детальному наблюдению за состоянием лунохода, что занимало 80% времени в тех операциях ВКД, при которых это средство перемещения применялось [5]. Поэтому, вспомогательная тележка для ВКД на поверхности Марса, представляется в виде снабженной колесами и двигателем транспортной системы индивидуального использования, способной перемещаться со скоростью пешехода. Это гарантирует возможность использования хотя бы одной из них, при возвращении к базе в любом из сценариев единичного отказа, что потребует проработки схем взаимопомощи и возможных спасательных мероприятий при сравнительно удаленных от базы маршрутах перемещений.

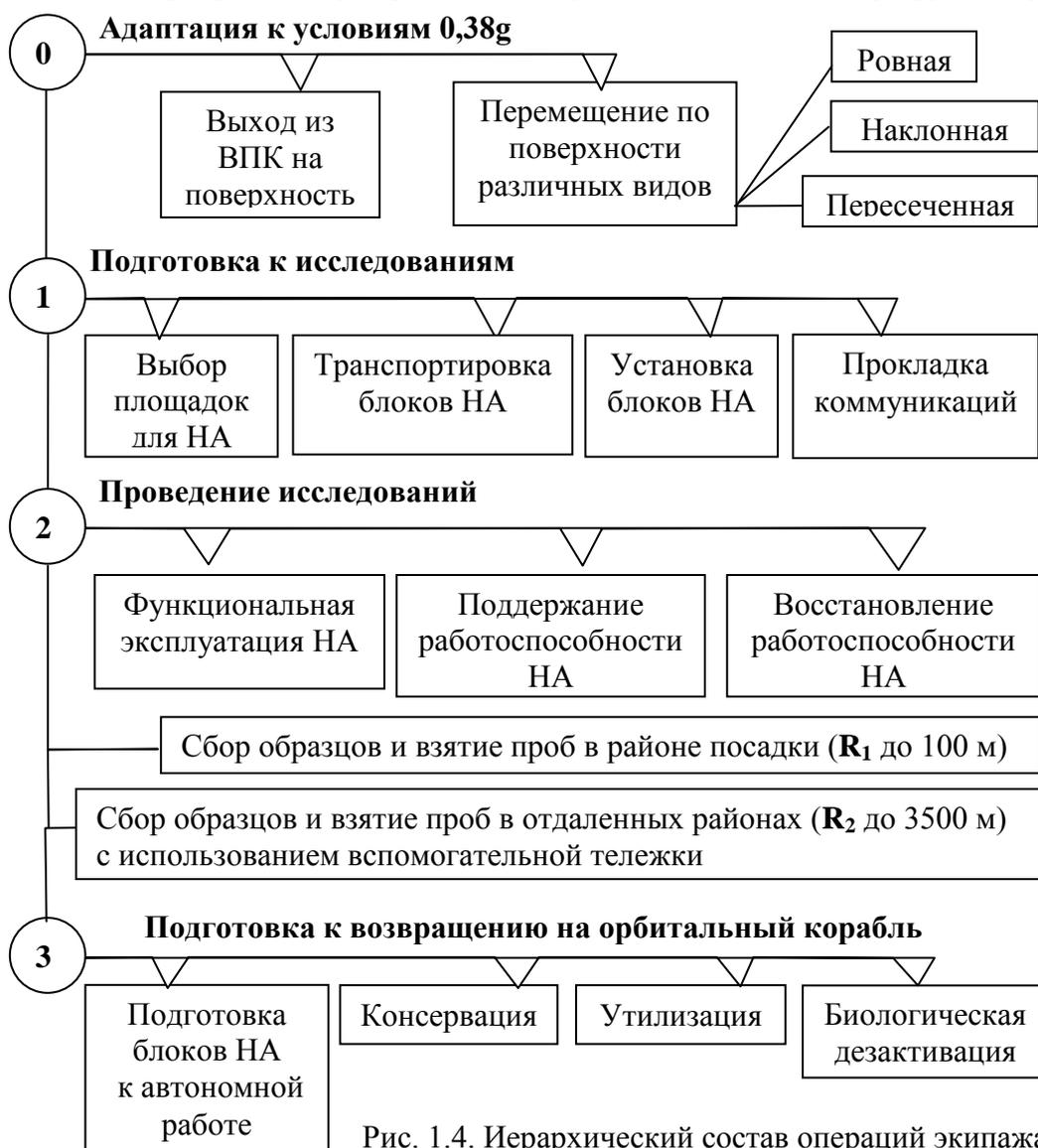


Рис. 1.4. Иерархический состав операций экипажа на поверхности Марса

На основе изученных публикаций, авторами разработана и показана на рис. 1.4 схема уровневой структуры деятельности экипажа на поверхности Марса, которая не зависит от вариаций конкретных сценариев пилотируемой экспедиции. Безусловно, требуется дальнейшая детализация и экспериментальная отработка подтверждения элементной реализуемости.

Список литературы

1. Бронштэн В. А. Планета Марс. – М.: Наука, 1977.- 96 с.
2. Кондратьев К. Я. Викинги на Марсе. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.- 68 с.
3. Моисеев Н.А., Филипенков С.Н. Скафандры межпланетной экспедиции на Марс //Труды XXVIII Циолковских чтений. Современные проблемы профессиональной деятельности космонавтов. М.: ИИЕТ РАН, 1994.- с.110-113.
4. Поверхность Марса. - М.: Наука. 1980.- 240 с.
5. Программа «Аполлон» Ч.2. // Обзор по материалам открытой иностранной печати. ГОНТИ-1, 1971.- 522 с.
6. Так есть ли жизнь на Марсе? // Новости космонавтики.- 2005, №4.- с. 39.
7. Horton R. D., "Thermal environment evaluation for EVA on the Moon and Mars", Technical Memorandum LMSMSS 32509, June 1997.

Сведения об авторах

Бабкин Андрей Николаевич, аспирант кафедры системного анализа и управления Московского авиационного института (государственного технического университета).

Полтавец Геннадий Афанасьевич, профессор кафедры системного анализа и управления Московского авиационного института (государственного технического университета) д.т.н., телефон: 158-41-97, 158-43-55.