

[вернёмся в библиотеку?](#)

Сканировал Молодцов Владимир Алексеевич

**Из истории ракетно-космической науки и техники. Вып. 3. стр. 48-90.**

**В.С. Авдеевский, В.П. Сенкевич**

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ, МАРСА, ВЕНЕРЫ И МЕЖПЛАНЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА, СОЗДАННЫЕ В СССР до 1982 г.**

**М. ИИЕТ РАН. 1999**

Почти четыре десятилетия отдаляет нас от того знаменательного события, когда советская автоматическая межпланетная станция "Луна-1", разорвав цепи земного притяжения, впервые в истории мировой космонавтики вышла в просторы дальнего космоса. За прошедшие с тех пор годы мы стали свидетелями качественно нового этапа в изучении ближайших к нашей планете небесных тел — Луны, Марса и Венеры. Создание трехступенчатой РН "Восток", обеспечившее в 1959 г. решение задачи достижения второй космической скорости, позволило начать полеты автоматических аппаратов к Луне. Это положило начало систематическим работам по изучению нашего естественного спутника космическими средствами, позволило нам в этом и последующие годы совершить облеты Луны и фотографирование ее видимой и невидимой сторон; создать спутники и провести дистанционные исследования Луны; выполнить посадки на ее поверхность; получить панорамы поверхности; произвести бурение поверхности, забор грунта из различных районов Луны и доставку их образцов на Землю; осуществить многомесячные исследования Луны с помощью подвижных луноходов.

Полеты автоматических аппаратов к Марсу обеспечили нам достижение его поверхности, создание спутников Марса, получение фотографий его поверхности с орбиты, первые измерения параметров атмосферы и ветра на спускаемом аппарате в процессе спуска

Полеты автоматических аппаратов к Венере, открывшие начало прямых измерений в атмосферах и на поверхности планет Солнечной системы, позволили осуществить пролеты около планеты и достижение поверхности Венеры; провести измерения параметров ее атмосферы во время спусков на парашютах, выполнить мягкие посадки на видимую с Земли сторону планеты, в том числе и на узкий освещенный серп Венеры, обеспечить измерения освещенности в различных спектральных интервалах в атмосфере и на поверхности планеты, посадку на невидимую с Земли сторону планеты; получить первые черно-белые, а затем и цветные панорамы поверхности Венеры; провести забор и анализ грунта, детальное изучение атмосферы, структуры облаков и аэрозолей; создать первые искусственные спутники Венеры.

Космические исследования Луны, Марса и Венеры осуществлялись нашей страной только с помощью автоматических аппаратов. На данном этапе реализации космической программы это экономически обоснованно и с технической точки зрения рационально. Дело в том, что для начального первичного систематического изучения небесных тел целесообразны именно автоматические аппараты, которые могут легко проникать в удаленные и труднодоступные районы Вселенной, а также получать разнообразную радиотелеметрическую и телевизионную информацию об этих районах, протекающих там физических процессах.

В процессе исследования небесных тел автоматическими аппаратами можно выделить три основных этапа, обусловленных поставленными целями исследований и располагаемыми техническими возможностями их практической реализации с помощью современных ракетно-технических систем.

На первом этапе, как правило, нами осуществлялись ограниченные по времени исследования при сближении космических аппаратов (КА) с небесными телами, попадании в них или при облете.

Второй этап исследований позволил решать уже более сложные задачи, связанные с доставкой приборов на поверхность исследуемых небесных тел или на орбиты их искусственных спутников.

Третий этап связан с решением сложных технических задач возвращения отсеков автоматических станций с вещественной информацией с поверхности исследуемых небесных тел на Землю.

Вышеперечисленные этапы, пройденные при исследованиях Луны, во многом, по-видимому, рациональны и для космических исследований других небесных тел Солнечной Системы. Всего для изучения Луны, Марса и Венеры за 25 лет космической эры в СССР было создано 52 автоматических межпланетных станций (АМС) различных типов.

**1. Космические аппараты для исследования Луны.** За многовековую историю визуальных и оптических наблюдений, не покидая Землю, человек сумел многое узнать о Луне. Но возможности наземных средств для глубокого и всестороннего познания ее природы ограничены. И поэтому естественно, что в годы космической эры на помощь им пришла космическая техника. Основной вклад в разработку советских АМС для исследования Луны и планет внесли коллективы, возглавлявшиеся С.П. Королевым и Г.Н. Бабакиным.

В конце 50-х годов отечественная ракетная техника достигла уровня, позволяющего перейти к решению новой этапной задачи — исследованию Луны. Для этого в конструкторском бюро С.П. Королева был создан трехступенчатый вариант первой космической ракеты-носителя "Восток".

В конце 1957 г. здесь же началась разработка программы исследований Луны и проектная проработка космических аппаратов, предназначенных для этих исследований. Главный конструктор поручил указанные работы проектному отделу, созданному в 1956 г. Во главе проектного подразделения стоял один из пионеров ракетной техники М.К. Тихонравов, отлично знавший основы теории и практики летательных аппаратов, обладающий широкой научной эрудицией и инженерным воображением.

Этому и другим проектным подразделениям, созданным в КБ С.П. Королева необходимо было осуществить первые проработки состава и компоновок КА различного целевого назначения, увязки их с ракетами-носителями, выбор схем и траекторий полета, определять основные требования к бортовым системам аппаратов, провести разработку программы полета и функционирования приборов и служебных систем.

К разработке научных основ первого этапа лунной программы были привлечены крупные ученые тех лет — физики, астрономы, механики. Активно участвовали в разработке лунной, а затем межпланетной программ М.В. Келдыш, А.Л. Виноградов, Д.Е. Охочимский, Ю.Н. Липский и многие другие /24,26/.

### **1.1. Первые АМС для полетов к Луне**

Первая космическая ракета со станцией "Луна-1" была запущена 2 января 1959 г. Ракета-носитель сообщила АМС вторую космическую скорость — 11,2 км/с. Разорвав путы земного тяготения, станция за 34 часа преодолела расстояние между Землей и Луной, прошла около Луны на расстоянии в несколько тысяч километров и стала первой в мире искусственной

планетой Солнечной системы.

Первый "лунник" (как его именовали в КБ Королева ) имел корпус сферической формы из алюминиевого сплава, образованный двумя тонкими полуболочками с герметичным стыком. На внешней поверхности корпуса размещались четыре стержневые антенны, центральный штырь с установленным на нем магнитометром, две протонные ловушки и два пьезоэлектрических датчика для изучения метеорных частиц. Часть аппаратуры размещалась и на третьей ступени РН. До момента сброса защитного конуса антенны были сложены, а после его сброса — раскрылись. Общая масса контейнера, научной и измерительной аппаратуры составляла 361,3 кг, а последней ступени ракеты (после израсходования рабочего запаса топлива) — 1472 кг.

Полет "Луны-1" преследовал и технические цели — отработку старта новой РН, исследование процесса терморегулирования в контейнере, испытание систем управления ракетой, энергопитания, радиотехнической системы связи и контроля траекторий полета. Точность работы системы управления и радиоконкомплекса, а также правильность баллистического определения траектории станции были проверены с помощью "искусственной кометы", когда 3 января 1959 г. при удалении от Земли на 113 тыс. км в пространстве возникло выпущенное из устройства, расположенного на последней ступени РН, ярко светящееся натриевое облако, координаты которого были замерены астрономическими оптическими средствами. Данные этих измерений были сопоставлены с результатами радиотехнических измерений и подтвердили их. Это было важно, поскольку в те годы еще отсутствовал опыт определения космических траекторий на базе радиотехнических измерений и естественно имела некоторая неуверенность в соответствующих возможностях радиосредств. Идея и теоретическое обоснование применения для оптического наблюдения паров натрия принадлежали профессору И.С.Шкловскому и его сотрудникам. До полета станции "Луна-1" испытания "искусственной кометы" были проведены при пуске геофизической ракеты.

Следующая станция "Луна-2" стартовала 12 сентября 1959 г, и достигла лунной поверхности в районе моря Ясности 14 сентября. Она стала первым земным объектом, преодолевшим маршрут "Земля-Луна". Конструкция станции, ее бортовые системы и научная аппаратура были примерно теми же, что и у "Луны-1". Аппаратура данной АМС позволила провести исследования непосредственно до лунной поверхности.

Важнейшей инженерной проблемой явилось здесь обеспечение высокой точности выведения последней ступени ракеты на траекторию полета к Луне. Поскольку средства для коррекции полета тогда еще не были созданы, для попадания на Луну нужно было обеспечить высокую точность вектора скорости в момент выключения двигателя последней ступени, а также строго выдержать указанный момент во времени (с ошибкой, не превышающей нескольких секунд). Для этого время старта должно быть выдержано с этой же точностью. Данную задачу ракетной технике пришлось решать впервые. Перед разработчиками станции "Луна-2" была поставлена и еще одна сложная задача — доставить на поверхность Луны вымпел — знак, символизирующий это техническое достижение. Сохранить целым вымпел при ударе аппарата о поверхность Луны было весьма непростым делом: скорость удара составляла более 3 км/с. На борту аппарата, впервые попавшего на поверхность Луны, было установлено два устройства с вымпелами, разработанными в КБ Королева и смежных организациях. Отметим, что искусственная натриевая комета успешно функционировала и в этом полете, но вопреки опасениям факт попадания в Луну был зарегистрирован и на основе радиоизмерений, причем не только нашими, но и зарубежными наземными службами.

Вторым этапом в исследовании Луны явилось фотографирование ее обратной стороны, невидимой с Земли. Для этого был создан новый КА, получивший название "Луна-3". В этом аппарате впервые в отечественной и зарубежной космической технике были использованы следующие системы и устройства:

- система поиска и ориентации на Солнце и Луну;
- всенаправленная солнечная батарея как единый для всех систем генератор электроэнергии;
- фототелевизионное устройство, обеспечивающее получение, обработку и передачу на Землю изображений лунной поверхности.

Для обеспечения функционирования систем в полете потребовалась тщательная проработка конструкции аппарата, логики и программы работы. Сложность здесь заключалась в том, что в то время отсутствовали технические прообразы и опыт разработки подобных КА. Как вспоминает ветеран проектного отдела КБ С.П.Королева Г.Ю.Максимов, практически все пришлось делать впервые. В качестве примера укажем на конструкцию иллюминатора, за которым были установлены лунный датчик и фототелевизионное устройство. Пришлось разработать конструкцию такого иллюминатора, принципиально отличную от иллюминаторов самолетов и судов, технологию сборки и методику испытания стекол на прочность, учитывающую зависимость разрушающей нагрузки от времени работы. Кроме того, был принят ряд конструктивных мероприятий, исключающих возможность запотевания стекол. Ведь из-за высокого коэффициента излучения поверхности стекла иллюминатор является одним из самых холодных элементов конструкции КА.

Система ориентации этого аппарата, необходимая для фотографирования Луны, явилась прообразом многих современных систем ориентации. Она вначале гасила угловые скорости аппарата и ориентировала одну из его осей на Солнце. Лунный датчик при этом был закрыт крышкой иллюминатора. После окончания ориентации на Солнце открывалась крышка, выключались солнечные датчики и аппарат ориентировался на Луну. Затем начинался сеанс фотографирования. Рассчитанные для определенной траектории и выбранных характеристик системы ориентации и фототелевизионной системы моменты времени включения и выключения отдельных режимов ориентации, открытия крышки иллюминатора и фотографирования задавались бортовыми программными устройствами, разработанными также в КБ Королева.

В целом полеты АМС "Луна-3" (октябрь 1959), а позднее "Зонд-3" (июль 1965 г.) решили важнейшую задачу первоначального глобального обзора лунной поверхности, сделали возможным построение первых глобальных карт лунной поверхности (включая невидимую с Земли сторону Луны) и создание на их основе глобуса Луны.

Станция "Луна-3" была выведена на сложную траекторию полета, являющуюся, в конечном счете, очень вытянутой орбитой искусственного спутника Земли. Сложность траектории была обусловлена спецификой поставленных перед станцией задач. Следует отметить, что баллистические расчеты всех советских АМС, стартовавших к Луне, Венере и Марсу, отличаются высокой точностью и дают наилучшие решения в соответствии с поставленными целями и задачами полета. Ведущая роль здесь принадлежит Институту прикладной математики АН СССР, головным НИИ и КБ промышленности и другим организациям, участвующим в обеспечении управления полетами. Возвращаясь к полету станции "Луна-3", отметим, что для первого фотографирования обратной стороны Луны район съемки был выбран таким образом, чтобы сфотографировать возможно большую часть невидимого с Земли полушария.

"Луна-3" сфотографировала впервые в истории науки 2/3 поверхности обратной стороны Луны, а "Зонд-3" завершил ее фотографическое обследование. Эти события имели историческое значение для лунной картографии.

Характерно, что запуски первых трех автоматических лунных советских станций производились в то время, когда Луна находилась вблизи южного участка своей орбиты. Запущенные непосредственно с Земли станции после набора скорости до второй космической переходили в пассивный полет к цели, без использования промежуточной околоземной

орбиты и без коррекции траектории перелета. В дальнейшем советские КА после создания четырехступенчатой РН "Молния" (первые три ступени РН "Восток") запускались к Луне и планетам уже с использованием промежуточной орбиты ИСЗ, что обеспечивало существенный энергетический выигрыш и расширяло временные интервалы возможных дат запуска к Луне. В 1963-1965 гг. были запущены станции "Луна-4" - "Луна-8". Схема полета этих станций, конечной целью функционирования которых должно было быть обеспечение мягкой посадки и передачи информации с Луны, стала выглядеть следующим образом: вывод станции ракетой-носителем на орбиту спутника — Земли; старт с этой орбиты в заданный момент последней ступенью ракеты и набор скорости, близкой ко второй космической; коррекция траектории полета, гашение скорости тормозной двигательной установкой на подлете к Луне для обеспечения прилунения или выхода на окололунную орбиту.

Станции "Луна-7" и "Луна-8". достигшие поверхности Луны 8 октября и 7 декабря 1965 г. соответственно, завершили этап экспериментальной отработки бортовых систем коррекции, астроориентации, управления, радиоизмерений и в последующем мягкой посадки.

Новый этап в исследовании Луны наступил в результате успешного полета советской автоматической станции "Луна-9", изготовленной в ОКБ им. Лавочкина по чертежам, разработанным в КБ Королева. Работы этого заслуженного конструкторского коллектива по космической тематике начались со станции "Луна-8", когда в 1965 г. сюда была передана С.П. Королевым вся последующая программа создания автоматических межпланетных станций. Станция "Луна-9", стартовавшая 31 января 1966 г., состояла из собственно автоматической лунной станции (АЛС), весившей около 100 кг; двигательной установки, предназначенной для проведения коррекции траектории и торможения при подлете к Луне, и отсеков системы управления. Общая масса АМС "Луна-9" в момент выведения на траекторию полета к Луне составляла 1583 кг.

При разработке и реализации этого проекта пришлось решить следующие основные проблемы:

- создание системы ориентации и навигации, обеспечивающей ориентацию аппарата относительно Солнца, Земли и Луны для проведения коррекции траектории и торможения около Луны;
- разработка двигательной установки для коррекции траектории и посадки, способной запускаться дважды в течение полета и работающей при различных значениях тяги;
- разработка системы управления движением, необходимой для стабилизации аппарата на участках работы двигателя и управления двигателем во время коррекции и торможения;
- создание средств амортизации АЛС при ударе ее о поверхность Луны (характеристики грунта которой пока были неизвестны);
- разработка системы терморегулирования АЛС, обеспечивающей заданный температурный режим внутри станции практически при любых положениях станции на поверхности Луны и при различных оптических коэффициентах участков лунной поверхности. Все указанные инженерные задачи решались впервые и в условиях особо жестких лимитов массы.

1 февраля по радиокоманде с Земли была выполнена коррекция, обеспечивавшая выход станции в расчетный район прилунения. При подлете к Луне была включена тормозная двигательная установка, которая на малой высоте над поверхностью Луны (перед самым моментом прилунения) была отброшена, и станция опустилась на поверхность, используя при этом систему амортизации.

Так, 3 февраля 1966 г. впервые в мире была осуществлена мягкая посадка на Луну в районе океана Бурь, западнее кратеров Рейнер и Мэрий. Человечество смогло познакомиться с уникальными панорамами поверхности Луны, переданными из этого района.

Переданные на Землю фото панорамы лунной поверхности позволили впервые увидеть

мельчайшие детали поверхности и оценить характер рельефа в том месте, где прилунилась станция. Из фотографий видно, что "Луна-9" заметно не погрузилась в грунт, как не погрузились пролежавшие на нем длительное время и не занесены пылью камни, которые видны во многих местах панорамы. Все это свидетельствовало о достаточной прочности пород поверхностного слоя Луны, об отсутствии на ней глубокого слоя пыли.

Итак, станция "Луна-9" впервые позволила получить достоверные сведения о микрорельефе и структуре лунного грунта, открыв эпоху непосредственных экспериментальных исследований на поверхности Луны. Эти исследования были продолжены автоматической станцией "Луна-13", запущенной 21 декабря 1966 г., конструкция которой предусматривала увеличенный объем научных исследований на лунной поверхности. На "Луне-13" были установлены дополнительные приборы: штамп-грунтометр для определения механических свойств самого наружного слоя грунта, радиационный плотномер для определения удельного веса породы и динамограф, который зарегистрировал перегрузку, возникшую при контакте станции "Луна-13" с поверхностью Луны, и таким образом давший дополнительные данные о свойствах лунного грунта.

Место посадки станции "Луна-13" было расположено на обширной равнине "морского" типа, тогда как станция "Луна-9" опустилась в непосредственной близости от окраины материкового щита. На основе подробного изучения 6 панорам переданных станциями "Луна-9" и "Луна-13", оказалось возможным не только определить микроструктуру грунта, но и получить ряд макрохарактеристик районов посадки.

### **1.3. Искусственные спутники Луны**

Впервые весьма сложная научно-техническая задача создания искусственных спутников Луны была решена 3 апреля 1966 г., когда советская АМС "Луна-10" была успешно выведена на окололунную орбиту. Станция "Луна-10" массой 245 кг имела разнообразную научную аппаратуру, которая размещалась в контейнере.

Параметры окололунной орбиты станции были заранее выбраны так, чтобы обеспечить нормальный тепловой режим работы приборов и устройств, а также благоприятные возможности изучения окололунного пространства на различном удалении от поверхности Луны.

На основании сведений, которые были получены с помощью аппаратуры, установленной на борту первого лунного спутника, оказалось возможным сделать ряд выводов о параметрах окололунного пространства, о природе и характеристиках грунта на поверхности Луны

Исследования Луны с орбит искусственных спутников были продолжены советскими станциями "Луна-11, -12, -14 и -15". Эти станции дали возможность получить детальные снимки больших площадей видимой и невидимой с Земли сторон Луны, уточнить ее конфигурацию, определить аномалии ее гравитационного поля, изучить метеоритную и радиационную обстановку в окрестностях Луны, а также, что особенно важно, получить общие сведения селенохимического характера. Естественно, что такие исследования являются глобальными, т.е. их результаты получаются усредненными по значительным площадям лунной поверхности

Вторым искусственным спутником Луны стала "Луна-11", запущенная в августе 1966 г. В отличие от "Луны-10", выведенной на орбиту, близкую к полярной, эта станция была выведена на орбиту с наклоном к лунному экватору 10,7 градуса, т.е. почти в экваториальном направлении. За 35 суток активной работы "Луна-11" передала на Землю массу новых данных, позволивших сопоставить их с предыдущими исследованиями.

На станции "Луна-12", выведенной на окололунную орбиту 25 октября 1966 г., была поставлена первая фототелевизионная система, что позволило приступить к более детальному изучению лунной поверхности. При этом наиболее мелкие детали рельефа, различимые на полученных снимках, имели размер 15-20 м. Особенно интересными оказались снимки кратера

Аристарх. На них были видны светлые лучи, исходящие из кратера. Снимки показали концентрации мелких кратеров на участках, которые при наблюдениях с Земли сливались в сплошные полосы повышенной яркости.

В круг перспективных задач искусственных спутников Луны входят не только вопросы, относящиеся непосредственно к Луне, но и проблемы системы "Земля-Луна". Например, по программе исследований станции "Луна-14" было уточнено соотношение масс Земли и Луны. Это соотношение имеет фундаментальное значение для астрономии, и его определению были посвящены многолетние наблюдения наземных обсерваторий.

Программа полета "Луны-15" (июль 1969 г.) существенно отличалась от предыдущих спутников Луны. Наряду с научными исследованиями Луны и окололунного космического пространства, с ее помощью велась отработка новых бортовых систем, обеспечивающих посадку в различных районах лунной поверхности за счет коррекции селеноцентрической орбиты,

В частности, во время этого полета были испытаны новые автоматические навигационные системы и приборы, нашедшие широкое применение в посадочных станциях (начиная со станции "Луна-16").

Исследования Луны и окололунного пространства с орбиты искусственных спутников Луны оказались настолько плодотворными что они продолжались и в дальнейшем. Для этого на окололунную орбиту, выводились гораздо более крупные станции с расширенным составом научной аппаратуры: "Луна-19" в 1971 г., "Луна-22" в 1973 г., "Луна-23" в 1974 г., которые работали там в течение многих месяцев.

#### **1.4. Автоматический "Зонд"**

Важная роль в исследовании Луны и в подготовке к исследованию планет принадлежит автоматическим станциям двух серий под общим названием "Зонд". Они предназначались для отработки конструкций лунных и межпланетных космических аппаратов, в том числе и пилотируемых, для проверки некоторых систем и агрегатов перспективных аппаратов и кораблей, для проведения научных исследований и совершенствования методов навигации в дальнем космосе.

Первая автоматическая станция "Зонд-1" была запущена в апреле 1964 г. Ее полет подтвердил принципиальную возможность проведения научно-технических экспериментов на межпланетных трассах, начатых станциями "Венера-1" и "Марс-1". 30 ноября этого же года был осуществлен запуск АМС "Зонд-2", на котором впервые в условиях реального космического полета испытывались электрические плазменные двигатели. Как уже отмечалось, запуском станции "Зонд-3" было практически завершено фотографирование обратной стороны Луны.

При полете станции второй серии "Зонд-4" в марте 1968 г. проводилась разведка дальних областей околоземного космического пространства. Особо важная роль для пилотируемого полета принадлежат "Зондам" в отработке системы возвращения на Землю космических аппаратов, движущихся со скоростью, близкой ко второй космической. Пусками станций "Зонд 5" — "Зонд-8" по существу выполнялись зачетные лётно-конструкторские испытания корабля Л-1 для облета Луны человеком. Всего на эту программу было израсходовано 15 ЛА.

Конструктивно станции "Зонд" этой серии состояли из приборного отсека и спускаемого аппарата (СА). Приборный отсек с его системами и аппаратурой предназначался для обеспечения полета станции по межпланетной трассе "Земля — Луна — Земля", а спускаемый аппарат с его аппаратурой — для проведения научных исследований по трассе полета и доставки результатов исследования на Землю. СА имел осесимметричную форму, напоминающую автомобильную фару, подобную форме СА кораблей "Союз". Такая форма позволяет за счет создания подъемной силы при определенном угле атаки в заданных пределах изменять траекторию полета аппарата при движении его в атмосфере Земли, что обеспечивает

управляемый спуск в заданный район поездки.

В СА кроме научной аппаратуры устанавливалась аппаратура радиосвязи, система терморегулирования, энергопитания и фотоаппаратура, которая обеспечивала получение около двухсот снимков с высокой степенью разрешения.

Большой интерес в мире вызвали высококачественные цветные снимки Луны и Земли, полученные при полетах станций "Зонд-5, -8" (1968 — 1970 гг.). Наименьшие размеры объектов, снятых с наиболее близкого к Луне расстояния, составляли всего лишь 15-20 м, тогда как с Земли с помощью оптики можно различать лунные объекты размером порядка 1 км. Этими станциями на Землю были доставлены экспонированные в космосе фотопленки с изображением Луны и Земли как глобального характера, так и сравнительного характера сравнительно крупного масштаба. Высокое качество проработки деталей лунной поверхности позволило создать целый ряд карт обратной стороны Луны, отражающих самые разнообразные характеристики лунного ландшафта. Так, например, пользуясь материалами "Зонда-6" и усовершенствованными методами дешифровки фотографий в 1969 г. были изданы полная карта Луны и полный глобус Луны, на которых удалось отобразить 99% лунной поверхности.

Работы по космической съемке Луны со станций "Зонд-5, -8" (позднее и Земли с борта космических кораблей "Союз" и орбитальных станций "Салют"), возглавили ученые одного из старейших в стране Московского института геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) доктора наук Н.П.Лаврова, Н.П.Волков и другие под научным руководством ректора института, доктора наук, профессора В.Д.Большакова. Эти работы получили высокую оценку научной общественности /5, 12, 22, 25, 27/.

Принципиально важная научно-техническая проблема — возвращение на Землю межпланетной станции со второй космической скоростью — впервые была решена во время полета АМС "Зонд-5", которая 18 сентября 1968 г. облетела Луну на минимальном расстоянии 1950 км от ее поверхности и перешла на траекторию возвращения. При подлете к Земле была проведена вторая коррекция траектории движения станции. Этим обеспечивался точный вход СА в земную атмосферу над заданным районом земной поверхности с требуемым углом входа на расчетной высоте. После торможения в атмосфере на высоте 7 км при скорости СА около 200 м/с была введена в действие парашютная система, обеспечивающая дальнейшее гашение скорости и мягкое приводнение спускаемого аппарата в акватории Индийского океана. Успешное возвращение СА станции "Зонд-5" подтвердило правильность выбранных конструктивных решений, прочность и надежность аппарата в целом. Еще более важное значение имел полет станции "Зонд-6", запущенной 10 ноября 1968 г. Программа научных исследований АМС "Зонд-6" предусматривала продолжение изучения радиационной обстановки на трассе полета, фотографирование поверхности Луны с высот от 10 до 3,5 тыс. км, определение концентрации метеорных частиц на трассе полета и в околоземном пространстве. При полете станции к Луне на расстоянии около 260 км от Земли была проведена коррекция траектории. Продолжая полет по новой траектории, "Зонд-6" облетел Луну. После облета Луны и проведенных коррекций СА станции "Зонд-6" 17 ноября 1968 г. вошел в плотные слои атмосферы Земли. Бортовое вычислительное устройство выбрало необходимую программу полета, а система управления спуском точно реализовала ее. На высоте 7,5 км при скорости около 200 м/с была введена парашютная система, и аппарат приземлился в заданном районе на территории Советского Союза. Так был впервые осуществлен управляемый спуск на сушу космического аппарата, облетевшего Луну /10, 25/.

Полет автоматической станции "Зонд-7", начавшийся 8 августа 1969 г. позволил получить цветные снимки Земли и Луны, а также выполнить ряд технических экспериментов, связанных с обработкой усовершенствованных систем: управление движением с использованием ЭВМ, дальней радиосвязи, астроориентации, средств радиационной защиты космических кораблей и др. Во время полета станции по трассе Земля — Луна АМС "Зонд-8" 21 октября 1970 г., был



проведен сеанс фотографирования Земли с расстояний 65 тыс. км. В течение первых трех суток полета с борта станции проводились сеансы передач телевизионного изображения Земли. 24 октября "Зонд-8" совершил облет Луны на минимальном расстоянии от ее поверхности, равном 1120 км. В это время проводились исследования характеристик окололунного космического пространства, а также фотографирование на цветную и черно-белую пленки лунной поверхности. Затем "Зонд-8" взял курс к Земле и 27 октября приводнился в заданном районе акватории Индийского океана.

### 1.5. Станции для доставки лунного грунта на Землю

Если станции для изучения Луны, создаваемые до конца 60-х гг., можно было отнести к первому поколению советских АМС, то последующее поколение автоматов, доставлявших аппаратуру на Луну и в ее окрестности, имело гораздо большие научно-технические и эксплуатационные возможности. В первую очередь это связано с созданием в КБ Г.Н. Бабакина самостоятельного ракетного блока — унифицированной посадочной ступени, которая позволяет широко варьировать программы полетов автоматических станций. С ее помощью с 1970 г. доставлялись в различные районы Луны разработанные в этом КБ станции для забора лунного грунта ("Луна-16", "Луна-20", "Луна-24") и луноходы ("Луна-17", "Луна-21"), давшие большой объем новой уникальной информации о строении самой Луны и эволюции ее развития. Аппараты оборудовались сложным комплексом автоматических устройств с дистанционным управлением.

Особую ценность представляли осуществленные в 1970-1976 гг. полеты посадочно-возвратных станций "Луна-16,-20 и -24", с помощью которых была успешно решена сложнейшая научно-техническая проблема космонавтики — забор образцов твердой породы с другого небесного тела автоматическими средствами и доставка этих образцов на Землю.

"Луна-16" совершила посадку на Луну 20 сентября 1970 г. в Море Изобилия. "Луна-20" опустилась на Луну 21 февраля 1972 г, а материковом районе с трудным для посадки рельефом возле кратера Аполлоний. "Луна-24" опустилась на Луну 18 августа 1976 г. в юго-восточном районе Моря Кризисов.

Автоматические станции "Луна-16 и -20" имели одинаковые буровое оборудование и грунтозаборное устройство, позволившие им взять пробы лунного грунта с глубины до 35 см. Сами буры грунтозаборных устройства представляли собой трубки с резцами на торцах, которые по мере бурения заполнялись грунтом. Специальное устройство не давало колонке грунта высыпаться из бура после окончания бурения и подъема бура. Буровой механизм был укреплен на штанге с несколькими электроприводами. Грунтозаборное устройство станции "Луна-24" обеспечило бурение и взятие пробы грунта с глубины до 2 м. Здесь было применено грунтозаборное устройство новой конструкции. После завершения бурения гибкий шланг вместе с грунтом наматывался на барабан, который наподобие катушки с кабелем помещался в герметичную ампулу возвращаемого аппарата.

Места посадки автоматических станций "Луна-16, 20 и 24" были выбраны так, что доставленная на Землю серия образцов дала возможность составить представление о характерном регионе Луны, включающем в себя морской, материковый и переходный участки поверхности.

Все вышеописанные научные исследования проводились космическими аппаратами в непосредственной близости от места их посадки. Вполне понятно, что такие локальные методы исследований давали все же недостаточный объем информации.

Именно поэтому центр тяжести исследований должен был все более переноситься не на детальное изучение отдельных районов Луны, а на сравнение их характеристик, на проникновение в подповерхностные слои, на долговременные наблюдения за физическими параметрами равнинных участков поверхности Луны и окололунного пространства. Иначе

говоря, исследования "рекогносцировочного" характера нужно было дополнить "селенографическими", названными так по аналогии с географическими исследованиями на Земле.

### **1.6. Лунные самоходные аппараты**

Таким образом, наступило время сделать новый шаг в научных исследованиях Луны, а именно — приступить к систематическому изучению больших площадей ее поверхности с помощью передвижных автоматических средств. В результате в 1970-1973 гг. нашей страной были проведены эксперименты с участием самоходных научных лабораторий "Луноход-1 и -2". Путешествие "Лунохода-1", доставленного станцией "Луна-17" 17 ноября 1970 г. в Море Дождей, продолжалось 232 дня. За это время аппарат прошел свыше 10 км. По всей трассе движения "Лунохода-1" проводились систематические исследования покрова Луны. На Землю было передано около 25 тыс. снимков поверхности и более 200 панорам. В результате сфотографировано 500 тыс. квадратных метров лунной поверхности, а 80 тыс. квадратных метров детально обследовано.

На "Луноходе-1" был установлен комплект научной аппаратуры, в том числе прибор для прямого измерения механических свойств лунного грунта — пенетромтр. Эти измерения проводились по всей трассе движения через каждые 15-20 м пути. Непрерывно измерялись и использовались для оценки свойств покрова Луны параметры взаимодействия ходовой части "Лунохода-1" с лунным грунтом.

Следует отметить, что "Луноход" представлял собой автоматический управляемый аппарат, рассчитанный на длительный срок работы в условиях лунной среды и пересеченной местности. Движением "Лунохода-1" (а затем и "Лунохода-2") управлял из Центра дальней космической связи специальный экипаж. Автоматический исследователь испытывал резкие колебания температуры (от плюс 130 до — 150 градусов Цельсия), воздействие космического излучения, сверхвысокий вакуум, преодолевал при движении крутые подъемы и многочисленные кратеры, сыпучий лунный грунт и др. Ширина колеи "Лунохода" 160 см, колесная база 170 см, диаметр колеса по грунтозацепам 51 см, ширина обода 20 см, масса "Лунохода" 576 кг. Давление на грунт при глубине колеи 3 см составляло 0,05 кгс/ кв. см /18, 27/.

Одна из важных особенностей "Лунохода-1" заключалась в том, что проведенные им многочисленные исследования носили комплексный характер. Они не были изолированы, а дополняли друг друга. Изучение геоморфологических характеристик того или иного участка, исследование несущей способности грунта на этом участке в различных его точках, химический анализ верхнего слоя — все эти взаимосвязанные эксперименты проводились одновременно. Благодаря им удалось привязать к рельефу данные о фунте, полученные внутри различных кратеров, на их склонах и валах, на междукратерных участках.

Следующая особенность лунохода — это гибкость его научной программы. По усмотрению специалистов Центра дальней космической связи (вблизи г. Евпатория) передвижная лаборатория меняла курс своего движения, направляясь к интересным с научной точки зрения рельефным образованиям: каменным россыпям, центральным горкам внутри кратеров, лункам. Более того, проводились съемки одних и тех же объектов с различных точек обзора, некоторые эксперименты повторялись, изменялась их длительность/8, 10, 12,27/.

В январе 1973 г. началось путешествие "Лунохода-2" (доставлен станцией "Луна-21" в восточной окраине Моря Ясности, в районе кратера Лемонье). В этой экспедиции в течение 4 месяцев исследовалась переходная зона от лунного моря к материку. В условиях сложного рельефа были проведены исследования по Трассе протяженностью 37 км, что более чем в 3,5 раза превышает расстояние, пройденное "Луноходом-1".

Каждый новый космический эксперимент не дублировал предыдущий как с технической

точки зрения, так и с научной. И хотя второй самоходный аппарат внешне почти не отличался от своего предшественника, за его обликом скрывалось немало технических новшеств. Ну, а что касается научной программы, то здесь различия были еще более существенны.

Программа работы лунохода была составлена в соответствии с научной задачей изучения вариаций основных физико-химических свойств поверхности в зависимости от геолого-морфологической обстановки в зоне перехода морского района Луны в материковый. В эту задачу входило получение морфологических и топографических данных, изучение магнитного поля, химического состава поверхностного слоя и физико-механических свойств грунта, а также оптических свойств поверхности.

Методика исследования поверхности Луны с помощью "Лунохода-2" была разработана с учетом опыта работы на самоходной лаборатории "Луноход-1". В частности, проведение геолого-морфологических и топографических исследований местности выполнялось на основе съемки лунного ландшафта, в которую входило получение телевизионных панорам и снимков, а также телеметрических данных о длине пройденного расстояния и положения аппарата на лунной поверхности.

При движении "Лунохода-2" попадались участки с повышенной просадочностью, а также с незначительным слоем рыхлого материала на довольно твердом основании. В целом же данные о характере распределения механических характеристик лунного грунта по поверхности достаточно хорошо совпадали с аналогичными данными, полученными "Луноходом-1",

Следует отметить, что всего по трассе движения "Луноходов-1 и -2" было проведено свыше 1000 прямых измерений механических свойств покрова Луны, что позволило выявить его неоднородность, прежде всего связанную с характером местности и рельефа.

Маршруты первого и второго луноходов пролегли в районах, которые существенно отличались друг от друга. "Луноход-1" исследовал типично "морской" район, расположенный в западной части Моря Дождей. Данные химического анализа показали, что покровное вещество здесь такое же по составу, как породы других морских районов Луны, исследовавшихся ранее. Столь же типичными оказались и физико-механические характеристики грунта. По числу кратеров различного размера на единицу площади, их форме, количеству камней и другим "селеноморфологическим" признакам изучавшийся район также не выделялся среди детально исследованных участков морского типа.

Совсем иная картина предстала перед исследователями в процессе работы "Лунохода-2", который был доставлен в южную часть кратера Лемонье, район, непосредственно примыкающий к материковому массиву. Всего несколько километров отделяли место посадки от материка. И уже на второй лунный день аппарат приступил к исследованиям переходной зоны между морем и материком. Самоходный аппарат пересек переходную зону, провел серию исследований в материковом районе и вновь вернулся на поверхность морского типа. Граница морского и материкового ландшафтов в месте пересечения ее луноходом была определена. Характеристики покровного вещества менялись, и приборы лунохода зафиксировали эти отличия. Изменился химический состав грунта, иным стало распределение камней на поверхности.

Для выполнения исследований на "Луноходе-2" было установлено следующее научное оборудование: магнитометр, рентгено-спектральный прибор "Рифма-М", анализировавший химический состав лунного грунта; астрофотометр, измерявший светимость лунного неба; прибор, измерявший характеристики космического излучения; фотоприемник "Рубин-1", служивший для осуществления по лазерной пеленгации аппарата, а также французский отражатель "ТЛ-2".

Следует отметить, что, во-первых, некоторые бортовые системы "Лунохода-2" были усовершенствованы по сравнению с теми, которые применялись на "Луноходе-1"; а во-вторых, состав научной аппаратуры был изменен. Так, например, в число панорамных телекамер были

включены специальные фотометрические марки, представляющие собой пластинки с несколькими десятками полей различной отражательной способности. Частота передач телевизионных изображений курсовых камер была значительно повышена. Теперь между следующими одна за другой картинами проходило лишь 3-5 с вместо 20 с на первом луноходе, Такие приборы, как магнитометр, астрофотометр и фотоприемник "Рубин-1" на "Луноходе-2" были установлены впервые.

В целом, за время своей работы отечественные самоходные аппараты, управляемые средствами автоматики и телемеханики дистанционно с Земли, прошли маршрут длиной около 50000 м, передали более 300 панорам и 100000 снимков, провели многократные исследования физико-механических и химических свойств грунта.

Многомесячный опыт эксплуатации двух советских "Луноходов" ярко продемонстрировал их эффективность в качестве средства изучения природы Луны. Можно смело утверждать, что аппараты подобного типа имеют большое будущее в космических исследованиях.

После того, как в январе 1959 г. первый советский космический аппарат пролетел вблизи Луны, что положило начало космической эре в исследовании Луны, автоматические станции сфотографировали всю ее поверхность, доставили образцы лунного грунта в земные лаборатории, на Луне работали самоходные аппараты.

\* \* \*

В результате изучения Луны космическими аппаратами наши знания о ближайшем к нам небесном теле существенно пополнились, а во многом и изменились коренным образом.

Осуществляемая в нашей стране программа исследования Луны с помощью автоматических средств характеризовалась последовательностью, систематичностью и широтой научного поиска и, наряду с американской космической программой (что требует специальной научной статьи), способствовала появлению многих фундаментальных научных открытий в изучении Селены.

Всего к Луне за прошедшие годы в СССР было запущено 24 станции серии "Луна" и 5 автоматических станций серии "Зонд"/10, 24, 25/. Полеты этих станций, их работа на окололунной орбите и на ее поверхности продемонстрировали эффективность использования автоматов в исследовании Луны.

## **2. Автоматические межпланетные станции для исследования планет**

В конце 50-х — начале 60-х годов в нашей стране началась разработка автоматических межпланетных станций для космических полетов к ближайшим планетам Солнечной системы.

При разработке уже первых АМС коллективом КБ С.П.Королева и смежных организаций пришлось столкнуться с целым рядом новых научно-технических проблем, вызванных следующими специфическими условиями межпланетных полетов.

Значительные удаления космических аппаратов от Земли (до 300-400 млн. км) потребовали, во-первых, разработки бортовых остронаправленных антенн для передачи с борта АМС на Землю большого объема научной информации; во-вторых, разработка средств наведения этих антенн на Землю и, в-третьих, создания наземных пунктов, оснащенных большими антеннами для приема информации с КА и передачи с Земли команд управления и числовых данных для управления бортовыми системами. Для этой цели, в частности в начале 60-х годов в Крыму был создан Центр дальней космической связи и управления, в течение многих лет обеспечивавший выполнение межпланетных и лунных программ. С большими дальностями от Земли до космического аппарата связано и увеличение времени распространения радиосигнала (до нескольких а затем и десятков минут). Это обстоятельство потребовало выработки новой точки зрения на процесс управления аппаратом в полете и соответственно разработки новых бортовых приборов, таких, как, например, программно-временное устройство с изменяемой по

командам с Земли программой, бортовое логическое устройство и т.д.

Большие времена полета от Земли до планеты (до 7-8 месяцев) потребовали создания экономичной, с точки зрения затрат электроэнергии и расходов массы системы ориентации, обеспечивавшей постоянную ориентацию аппарата на Солнце, необходимую в свою очередь для непрерывной работы солнечных батарей. Кроме того, большая длительность полета потребовала применения новых аккумуляторов электроэнергии, выдерживающих большое количество циклов заряд-разряд. По этой же причине повысились требования к надежности бортовой аппаратуры и конструкции, что усложнялось малой изученностью в то время космических условий и таких вопросов, как изменение оптических характеристик наружных покрытий, от которых зависит температурный режим космического аппарата, работа механизмов в глубоком вакууме, испарение материалов и т.п.

Значительные перепады потоков солнечной энергии, падающих на поверхность аппарата (в два и более раз), потребовали создания принципиально новых систем терморегулирования, обеспечивающих поддержание заданных температур конструкции и газа в гермоотсеках в этих условиях, а также создания системы электропитания, надежно работающей при изменении мощности солнечных батарей в широких пределах.

Неопределенность в знании физических условий на планетах и жесткие массовые лимиты, в связи с чем приходилось разрабатывать аппараты, рассчитанные на достаточно широкий диапазон давлений, температур и состава газов атмосфер Венеры и Марса.

Точность выведения ракетой-носителем автоматических межпланетных станций на траекторию перелета от Земли к планете не могла обеспечить попадание в планету или пролет около планеты на заданном расстоянии от поверхности. В связи с этим возникает необходимость осуществлять коррекцию движения КА уже после выведения его на межпланетную траекторию и определения фактических параметров этой траектории. Это в свою очередь потребовало создания корректирующего ракетного двигателя, способного несколько раз запускаться в течение полета при промежутках между включениями до нескольких месяцев. Такой двигатель был создан в КБ А.М.Исаева. В других организациях были созданы солнечные и звездные оптические датчики, обеспечивающие ориентацию с высокой точностью (погрешность всего несколько угловых минут) перед включением корректирующего двигателя, разработаны специальные конструктивные и другие мероприятия, уменьшающие угловые рассогласования между базами оптических датчиков, гироскопических устройств и корректирующего двигателя.

Прежде, чем послать автоматические станции на межпланетные трассы, необходимо было решить все перечисленные и ряд других проблем, а также провести наземные и летные испытания.

Успешное завершение этих работ позволило разработать совершенные технические средства для межпланетных перелетов и осуществить запуски станций "Венера-1" (1961 г.), "Марс-1" (1962 г.), "Зонд-1" и "Зонд-2" (1962 г.), "Зонд-3", "Венера-2 и -3" (1965 г.), разработанные в КБ С.П.Королева. Основные технические характеристики указанных станций и некоторые результаты их летных испытаний приведены в статьях [28, 29]

Полеты этих автоматических станций являлись своеобразной рекогносцировкой. Они не позволили пока еще получить новых фундаментальных данных о небесных соседях нашей планеты, но дали возможность проложить космические трассы "Земля - Венера" и "Земля — Марс", провести первые научные исследования, осуществить практическую проверку в условиях космического полета работы бортовых систем, аппаратуры, приборов, С их помощью были получены первые экспериментальные данные о физических условиях в межпланетном космическом пространстве, заложены практические основы для последующих полетов.

Дадим краткую характеристику советских космических аппаратов для изучения Марса и Венеры /10, 12, 13, 23-27/.

## **2.1. Первые АМС для полета к Марсу**

Первый в истории мировой космонавтики старт автоматической станции к Марсу был осуществлен в нашей стране 1 ноября 1962 г. На траекторию полета к Марсу межпланетная станция "Марс-1" была выведена ракетой-носителем "Молния" с использованием промежуточной орбиты ИСЗ. Расчет движения станции по данным траекторных измерений показывал, что она пройдет на расстоянии 193 тыс. км от Марса. Тогда это свидетельствовало о высокой точности выведения станции на заданную траекторию.

Конструктивно АМС "Марс-1" была выполнена из двух герметических отсеков: орбитального и планетного. В орбитальном отсеке располагалась аппаратура, обеспечивающая работу станции во время ее полета к Марсу, а в планетном — научные приборы, которые должны были работать непосредственно у планеты. Кроме того, на орбитальном отсеке устанавливались: корректирующая двигательная установка, панели солнечных батарей, система терморегулирования и антенны.

Со станцией "Марс-1" был проведен 61 сеанс радиосвязи, а на ее борт передано более 3000 радиокоманд. Энергетика радиолиний обеспечивала связь на сотни миллионов километров.

В результате полета станции "Марс-1" были получены сведения о космическом пространстве за пределами земной орбиты. Все время полета станции регистрировались потоки "солнечного ветра", определялась напряженность магнитного поля в космическом межпланетном пространстве. Кроме того, станцией осуществлялась регистрация метеорных частиц.

Сближение станций с Марсом наступило 19 июня 1963 г., после чего станция продолжила движение по гелиоцентрической орбите. Таким образом, впервые в истории космонавтики была проложена межпланетная трасса "Земля — Марс", что явилось крупным достижением отечественной космической науки и техники.

Через два года, 29 ноября 1964 г. в сторону Марса была запущена еще одна станция — "Зонд-2". На ее борту имелся комплект научной аппаратуры, система дальней связи, система ориентации. В ходе полета станции "Зонд-2" был получен большой объем ценной научной информации.

Запуски первых автоматических аппаратов к Марсу положили начало периоду исследования загадочной планеты с помощью средств космической техники.

## **2.2. АМС "Марс" второго поколения**

В 1971 г. для проведения обширного комплекса разнообразных научных исследований в нашей стране были запущены автоматические межпланетные станции "Марс-2" и "Марс-3", разработанные в КБ Г.Н.Бабакина, с использованием технического задела, полученного в КБ С.П.Королева.

19 мая мощной ракетно-космической системой, созданной на основе РН "Протон", был осуществлен запуск станции "Марс-2", а 23 мая стартовала станция "Марс-3". Вывод обеих станций на траекторию полета к Марсу осуществлялся с использованием промежуточной орбиты ИСЗ, при старте с которой им была сообщена скорость, близкая ко второй космической. После перехода на межпланетную трассу обе станции были отделены от последних ступеней ракеты-носителя и их дальнейший полет продолжался самостоятельно. По конструкции станции "Марс-2" и "Марс-3" были близки друг к другу. Они состояли из орбитальных отсеков и спускаемых аппаратов и были оснащены автономными бортовыми системами стабилизации и ориентации, радиоуправления и траекторных измерений, терморегулирования и энергопитания, а также двигательными установками многообразного действия, программно-временными устройствами и комплектом разнообразной научной аппаратуры. Масса каждой автоматической станции без последней ступени ракеты-носителя составляла 4650 кг.

Если спускаемый аппарат (СА) станции "Марс-2" состоял из сбрасываемой капсулы с вымпелом, на которой был изображен Герб СССР, то СА станции "Марс-3" представлял по существу автоматическую марсианскую станцию. Он был оборудован различными бортовыми устройствами, которые обеспечивали отделение аппарата от орбитальной станции, переход его на траекторию сближения с планетой, торможение и спуск в атмосфере Марса и, наконец, мягкую посадку на его поверхность.

Для аэродинамического торможения в атмосфере Марса и защиты от возникающих при этом высоких температур СА имел специальный экран конической формы. Перед полетом космические аппараты были подвергнуты тщательной стерилизации, чтобы исключить занос земных организмов на поверхность Марса. По трассе перелета проводились исследования межпланетной среды и другие научные исследования.

27 ноября 1971 г. после семи месяцев полета к Марсу приблизилась станция "Марс-2". От нее была отделена капсула, доставившая на поверхность планеты вымпел с изображением Герба нашей страны, а сама станция вышла на околомарсианскую орбиту.

2 декабря 1971 г. к Марсу подошла и станция "Марс-3". Ее спускаемый аппарат вошел в атмосферу, совершил снижение на парашюте и достиг поверхности между марсианскими областями Электрис и Фаэтонис с координатами 45 градусов южной широты и 150 градусов западной долготы. Орбитальный отсек "Марс-3" был выведен также на орбиту искусственного спутника Марса.

На СА автоматической станции "Марс-3" была установлена аппаратура для измерения температуры и давления атмосферы, измерения скорости ветра, определения химического состава и физико-механических свойств поверхностного слоя, а также получения панорамы с помощью телевизионных камер.

Сразу же после посадки автоматической марсианской станции по команде от программно-временного устройства она была приведена в рабочее состояние. В расчетное время началась передача видеосигнала с поверхности планеты, которая продолжалась около 20 с. За это время была передана небольшая часть панорамы, на которой, к сожалению, нельзя было обнаружить заметно различающихся по контрасту деталей. Трудно сказать по каким причинам прекратилась передача. Возможно, это связано с местными особенностями района посадки, которые нам совершенно неизвестны, или с происходившей в этот период сильной пылевой бурей. Внезапное прекращение сигналов с СА не позволило получить информацию о работе научной аппаратуры. Появление сигнала со спускаемого аппарата в расчетное время было зафиксировано специальными датчиками в приемных устройствах орбитального отсека. Одновременно началась регистрация видеосигнала на двух запоминающих устройствах станции «Марс-3». В последующих сеансах связи принятое изображение было передано со станции на Землю.

Станции "Марс-2" и "Марс-3" проводили научные исследования планеты и ее околопланетного космического пространства на существенно различных эллиптических орбитах. Период обращения вокруг планеты станции "Марс-2" составлял 18 ч., а период обращения станции "Марс-3" — 11 сут. Обе станции приближались к Марсу на минимальное расстояние около 1500 км, максимальные расстояния от планеты у них были различны: у "Марса-2" всего 25 тыс. км, у "Марса-3" более чем 200 тыс. км. Работа двух советских спутников Марса создавала благоприятную возможность для разнообразных исследований этой планеты. Данные некоторых экспериментов дополняли друг друга и позволяли получить более точную картину. На станциях-спутниках "Марс-2" и "Марс-3" был установлен комплекс разнообразной научной аппаратуры для проведения исследования характеристик атмосферы и поверхности планеты, который позволял проводить следующие астрофизические эксперименты:

- измерение температуры по ее инфракрасному излучению;
- исследование рельефа по оптической толще атмосферы в полосе поглощения углекислого

газа;

- исследование фотометрических свойств поверхности и атмосферы;
- измерение содержания водяного пара в атмосфере;
- измерение температуры, а также одновременно диэлектрической постоянной грунта по радиоизлучению планеты;
- исследование ультрафиолетового излучения атмосферы в резонансных линиях водорода и кислорода.

Для осуществления каждого из вышеперечисленных экспериментов были изготовлены специальные приборы, удовлетворяющие жестким условиям космической техники: работоспособность в сверхвысоком вакууме, вибропрочность, малая масса, минимальное потребление энергии. На обеих станциях работали следующие приборы.

Радиотелескопы, которые принимали излучаемые планетой радиоволны трехсантиметрового диапазона и измеряли их интенсивность и поляризацию, позволили определить температуру на глубине нескольких десятков сантиметров, а также оценить плотность и состав поверхностного грунта. В результате проведенных исследований было установлено, что температура под поверхностью на вышеуказанной глубине не испытывает суточных вариаций. Этот факт свидетельствовал о большой тепловой инерции и малой теплопроводности марсианского грунта, подобной теплопроводности сухого песка. Многоканальные ультрафиолетовые фотометры измеряли интенсивность свечения верхней атмосферы Марса в наиболее сильных, так называемых резонансных линиях атмосферного водорода и кислорода.

По две фототелевизионные камеры с различными фокусными расстояниями, позволявшие получать как крупномасштабные изображения, охватывающие площадь поверхности планеты, так и фотографировать поверхность Марса с достаточно высоким разрешением.

Однако сделать снимки оказалось непросто. В сентябре 1971 г. на Марсе возникла исключительная по силе и продолжительности пылевая буря, которая охватила всю планету. Поэтому на некоторых фотографиях, переданных "Марсом-2" и "Марсом-3", видны лишь возвышенные участки поверхности, выделяющиеся над облаками пыли, или участки местности через небольшие просветы, а остальные образования поверхности не видны совсем или просматриваются неясно.

Несомненно большой интерес представляют снимки, охватывающие весь диск Марса, причем впервые были получены снимки Марса в фазах, не наблюдаемых с Земли. Переданные станциями фотоизображения позволяли получить дополнительную информацию о поверхности, структуре и фигуре Марса, а также приблизиться к пониманию процессов, вызывающих на его поверхности мощные пылевые бури.

В июле — августе 1973 г. к "красной планете" были последовательно запущены четыре межпланетные станции: "Марс-4", "Марс-5", "Марс-6" и "Марс-7".

Основной целью запуска автоматических станций являлось продолжение научных исследований планеты Марс и окружающего ее космического пространства, а также характеристик межпланетной среды, начатых автоматическими станциями "Марс-2" и "Марс-3". Растянувшись в гигантскую цепочку длиной в 6 млн. км, более полугода летели в небесном безмолвии межпланетные посланцы нашей страны — своеобразный "марсианский квартет".

Научная программа четырех станций была обширной и составлена с учетом предыдущих исследований. Она предусматривала проведение различных исследований на трассе перелета, а именно: радиационных и магнитных измерений, изучение космических лучей и радиоизлучений Солнца в метровом диапазоне и регистрацию потоков солнечной плазмы, а также осуществление комплексных исследований Марса с пролетной траектории, с орбиты его искусственного спутника и непосредственно на планете.



В соответствии с задачами станции различались между собой по конструкции и оснащению научной аппаратурой, хотя у всех у них была одна и та же унифицированная перелетная ступень. Так, если станции "Марс-4" и "Марс-5" по своей конструкции были похожи друг на друга, как близнецы, то две другие по внешнему виду несколько отличались от своих собратьев.

Предусматривалось, что станции будут вести научные исследования синхронно. Так, например, "Марс-6" часть работ мог выполнять с использованием аппаратуры станции "Марс-4".

На станциях "Марс-5" и "Марс-7", кроме советской научной аппаратуры, были установлены приборы французского производства, с помощью которых был продолжен начатый "Марсом-3" эксперимент под названием "Стерео", сущность которого состояла в регистрации солнечных всплесков в метровом диапазоне волн. Изучение солнечного радиоизлучения проводилось с двух различных направлений — с Земли из французских городов Нанси и Медоне и с космических станций "Марс-6" и "Марс-7". Все это позволило более точно определить диаграмму направленности исследуемого излучения.

Помимо этого, на борту станций "Марс-6" и "Марс-7" была установлена французская аппаратура под названием "Жемо", которая предназначалась для изучения спектрального распределения и интенсивности протонов и электронов на перелетной трассе. Этот эксперимент продолжал советско-французский эксперимент, который проводился на спутнике "Прогноз-2". Преодолев расстояние около 460 млн. км, межпланетные автоматические станции "Марс-4" и "Марс-5" достигли окрестностей планеты Марс а начале второй декады февраля 1974 г.

Станция "Марс-4" приблизилась к планете 10 февраля и в связи с тем, что не включилась тормозная двигательная установка (из-за нарушения в работе одной из бортовых систем станции), прошла на расстоянии 2200 км от поверхности Марса. При этом с помощью установленного на борту станции фототелевизионного устройства была получена серия фотографий поверхности Марса, которая была передана на Землю.

В процессе дальнейшего полета станции "Марс-4" с ее борта передавалась разнообразная научная информация о физических характеристиках космического пространства.

Станция "Марс-5" достигла окрестностей планеты 12 февраля 1974 г. Автономно с помощью бортовой системы астронавигации она выполнила необходимые динамические операции, вышла на орбиту искусственного спутника планеты и приступила к выполнению намеченных научных исследований.

Параметры орбиты третьего искусственного спутника Марса были выбраны таким образом, чтобы "Марс-5" проходил в светлое время марсианских суток над районом, выбранным для посадки спускаемых аппаратов "Марс-6" и "Марс-7".

Прошел месяц, и в окрестности Марса прилетели автоматические станции "Марс-6" и "Марс-7".

Первым 9 марта 1974 г. в окрестности Марса прибыл "Марс-7". Спускаемый аппарат был отделен от станции, но вследствие нарушения в работе одной из бортовых систем прошел на расстоянии 1300 км от поверхности планеты. Через три дня, 12 марта 1974 г. в район Марса прилетел "Марс-6". Когда до планеты оставалось около 50 тыс. км., от станции отделился спускаемый аппарат, который импульсом специального двигателя был переведен на траекторию сближения с Марсом. При этом перелетный отсек станции продолжал полет по траектории с минимальным удалением от поверхности планеты около 1600 км. Спускаемый аппарат вошел в атмосферу Марса, и началось аэродинамическое торможение. По достижении определенных перегрузок была введена в действие парашютная система. В непосредственной близости от поверхности Марса радиосвязь со спускаемым аппаратом прекратилась. Все данные измерений были приняты перелетным отсеком "Марса-6" и затем с помощью его большой параболической антенны переданы на Землю. Спускаемый аппарат станции "Марс-6"

достиг поверхности планеты в районе с координатами 24 град, южной широты и 25 град, западной долготы. Перелетные отсеки станций "Марс-6" и "Марс-7" продолжили полет по гелиоцентрической орбите и исследования физических характеристик космического пространства, в том числе частиц "солнечного ветра", космических лучей и радиоизлучения Солнца.

На борту орбитальной станции "Марс-5" находился ряд приборов для проведения комплексного исследования атмосферы и поверхности планеты астрофизическими методами, что позволило получить ценные данные о рельефе поверхности, температуре, теплопроводности, структуре и составе марсианского грунта. Получены также данные о составе нижних и верхних слоев атмосферы Марса, о запыленности марсианской атмосферы.

Все бортовые приборы станций дали в руки ученых интересные сведения, включавшие как характеристики самого Марса, так и окружающей его среды. Так, например, приборы спускаемого аппарата "Марс-6" передали такие параметры нижней атмосферы Марса, как давление, температура, химический состав. Выполненные измерения охватывали область высот от 0 до 20 км. Кроме того, для оценки основных параметров марсианской атмосферы были привлечены косвенные данные, полученные с помощью акселерометров, и результаты измерений относительной доплеровской скорости между спускаемым аппаратом и орбитальным отсеком.

Совместный анализ всех полученных данных свидетельствует о следующих характеристиках атмосферы Марса [4, 6, 10, 12,14-16, 19-21]:

- а) давление у поверхности — 6 мбар;
- б) температура у поверхности — 230 град. К;
- в) высота тропопаузы — 25-30 км;
- г) температурный градиент в тропопаузе — 2,5 град. К/км;
- д) температура изотермической стратосферы — 160-160°К.;

Эта модель атмосферы Марса достаточно хорошо согласуется с данными, полученными ранее по анализу радиационных характеристик планеты.

Интересно также и то, что фотометр "Марса-5", чувствительный к линиям поглощения водяного пара, зарегистрировал в некоторых областях Марса такое количество водяных паров, которое в несколько раз превышает результаты аналогичных измерений, выполненных в 1972 г. станцией "Марс-3".

Наконец, о результатах фотографирования Марса. В фотографировании на этот раз участвовали сразу две станции. "Марс-4" фотографировал планету с пролетной траектории, а "Марс-5" — с орбиты искусственного спутника. Фотографирование велось с помощью фототелевизионных устройств, способных различать детали размером в 1 км и 100 м с расстояния около 2000 км.

Изображение более широкой полосы местности вдоль трассы полета получалось с помощью сканирующих оптико-механических приборов. Любопытно, что широкоугольный объект фотосистемы "работал" в паре со светофильтром. Это позволило после сравнительного анализа снимков получить и цветные фотоизображения отдельных участков поверхности.

Трассы съемок пролегли в южном полушарии и простирались с запада на восток на несколько тысяч километров, охватывая многие разнообразные по структуре области марсианской поверхности.

На полученных снимках заметны следы интенсивной эрозии под действием поверхностных динамических процессов: плоскодонные кратеры со скоплением песчаных наносов, извилистые трещины, каньоны, которые, возможно, являются следами древних речных долин.

Таким образом, полет "марсианского квартета" отечественных автоматических станций несомненно расширил сведения о природе "красной планеты" и внес значительный вклад в развитие наших представлений о строении планет Солнечной системы.

## **В. Аппараты для исследования Венеры**

Первый выход на межпланетную трассу к Венере был предпринят 12 февраля 1961 г. Автоматическая станция "Венера-1" разработки КБ С.П.Королева массой 643,5 кг была выведена на траекторию полета к Венере с промежуточной орбиты спутника Земли, подобно автоматической станции "Луна-4".

В конструктивном отношении автоматическая межпланетная станция "Венера-1" представляла собой герметичный аппарат, оснащенный комплексом радиоаппаратуры, программным устройством, системами ориентации, управления и блоками химических батарей. Снаружи корпуса станции располагалась часть научной аппаратуры, две панели солнечных батарей и антенны. Одна из них — остронаправленная — обеспечивала связь со станцией на больших расстояниях от Земли. Две другие использовались для связи на средних расстояниях от Земли и, наконец, последняя предназначалась для передачи информации и определения параметров траектории на прицельном участке. Вся бортовая аппаратура работала нормально до 27 февраля, после чего связь с ней прекратилась. Расстояние от "Венеры-1" до Земли в этот момент составляло примерно 23 млн. км, что для того времени являлось рекордом дальней космической связи. Затем по расчетным данным было установлено, что во второй половине мая "Венера-1" прошла от поверхности планеты на расстоянии менее 100 тыс. км и вышла затем на орбиту спутника Солнца.

В ноябре 1965 г. к Венере были посланы еще две автоматические станции. Каждая из станций ("Венера-2" и "Венера-3") были выполнены из двух герметичных отсеков (орбитального и специального). В специальных отсеках располагались, в основном, научная аппаратура и приборы, обеспечивающие функционирование отсеков, а также радиопередатчики, которые должны были передать на Землю фотоизображения планеты и основные параметры ее атмосферы и поверхности, измеренные научными приборами.

Основная аппаратура, обеспечивающая работу станции в процессе полета, была сосредоточена в орбитальных отсеках. Здесь также различались специальные программные устройства, осуществлявшие автономное управление бортовыми системами станций и обеспечивавшие через заданные интервалы времени сеансы радиосвязи, которые могли проводиться также по командам с Земли.

27 февраля 1966 г. станция "Венера-2" прошла на расстоянии 24 тыс.км от освещенной Солнцем поверхности Венеры и, продолжая движение, вышла на гелиоцентрическую орбиту. 1 марта того же года поверхности Венеры достигла станция "Венера-3", совершившая жесткий контакт с планетой и доставившая на нее вымпел с изображением Герба Советского Союза.

Полет автоматических станций "Венера-2" и "Венера-3" показал, что условия работы космических аппаратов в непосредственной близости от Венеры были еще тогда недостаточно изучены. При приближении станций к Венере было отмечено заметное увеличение температуры, превысившей расчетные значения. Были также замечены некоторые нарушения радиосвязи при подлете к планете. Последний сеанс радиосвязи со станцией "Венера-3" при ее сближении с планетой не состоялся. При подлете станции "Венера-2" к планете на ее борт были выданы необходимые команды для автономного проведения запланированных исследований в пролетном сеансе. Однако ответного подтверждения о получении и прохождении этих команд от "Венеры-2" не было получено.

В целом научная информация, полученная с помощью станций "Венера-2" и "Венера-3", интересна, так как одновременно поступала с двух аппаратов, находившихся в разных точках космического пространства. Научные измерения и исследования позволили получить сведения о межпланетных магнитных полях, космических лучах, потоках заряженных частиц малых энергий, потоках солнечной плазмы, микрометеоритах, космическом радиоизлучении и т.д.

Наряду с этим полеты станций "Венера-1", а также "Венера-2 и -3" содействовали освоению

техники космических полетов, совершенствованию конструкции и бортовых систем последующих станций этой серии, разрабатывающихся с середины 60-х годов КБ Г.Н. Бабакина.

Принципиальный и важный этап в исследованиях собственно Венеры был открыт полетом станции "Венера-4", которая была запущена 12 июня 1967 г. Масса станции была 1106 кг, а сама она состояла из орбитального отсека и спускаемого аппарата.

18 октября 1967 г. станция "Венера-4", преодолев около 350 млн. км пути, вошла в верхние разреженные слои атмосферы планеты. От станции отделился спускаемый аппарат, который затормозился в атмосфере планеты и на парашюте совершил полуторачасовой спуск, во время которого велась передача научной информации о давлении, температуре, плотности и химическом составе газов в атмосфере Венеры. По мере погружения в атмосферу температура и давление плавно возрастали и достигли 270 град. С и 18 атм. (предельное значение расчетных характеристик спускаемого аппарата).

Впервые в атмосфере таинственной планеты были проведены научные исследования.

Анализ химического состава Венеры, выполненный группой под руководством академика А.П.Виноградова и Ю.А.Суркова, показал, что углекислота является основной компонентой атмосферы Венеры и составляет не менее 90-95% всего ее состава. В то же время анализаторы, имеющие пороговую чувствительность 7%, не зарегистрировали присутствия азота, хотя до запуска "Венеры-4" считалось, что азот — основная составляющая атмосферы. Процентное содержание кислорода оказалось около 0,4%, а воды вместе с кислородом — не более 1,6%. На основе данных, полученных этим аппаратом, академиком В.С.Авдуевским, М.Я.Маровым, М.К.Рождественским, В.В.Михневич и В.А.Соколовым впервые были отработаны измерения температуры и давления атмосферы, а также получено распределение этих параметров по высоте [1, 12, 25].

Стартовавшие к Венере в январе 1969 г. советские межпланетные станции "Венера-5 и -6" конструктивно были похожи на свою предшественницу "Венеру-4". Однако корпус спускаемых аппаратов этих станций был упрочен по сравнению с корпусом спускаемого аппарата "Венеры-4", что позволило провести измерения подоблачной атмосферы на более низких высотах (до 19 км над поверхностью планеты). Обе станции имели одинаковую массу (1130 кг), были аналогичны по своей конструкции и составу. В их спускаемых аппаратах были установлены более современные радиовысотомеры.

Сведения, полученные станциями "Венера-5" и "Венера-6", уточнили данные о составе атмосферы Венеры. Оказалось, что концентрация углекислого газа достигает 93-97%, содержание азота вместе с инертными газами составляет 2-5%, а количество кислорода не превышает 0,1%.

Данные, полученные в результате успешного завершения первой серии советских космических экспериментов в атмосфере Венеры и ближайших окрестностях планеты, позволили советским ученым во главе с В.С. Авдуевским и М.Я. Маровым создать на их основе модель атмосферы Венеры [2, 12, 27]. Эта модель использовалась для проведения исследований на поверхности планеты. Однако ничего еще не было известно о нижних слоях атмосферы Венеры, о поверхности планеты, составе слагающих ее пород и т.д. Для получения ответов на эти и другие интересовавшие ученых вопросы требовались дальнейшие полеты автоматических станций к Венере.

Перед конструкторами и учеными была поставлена новая сложнейшая научно-техническая задача — создать аппарат, который обладал бы прочностью батискафа, выдерживающего давление километрового слоя воды, способного при этом противостоять также воздействию очень высоких температур и сохранить работоспособность всех бортовых систем при снижении аппарата в атмосфере планеты и при достижении ее поверхности [12, 27].

Таким аппаратом была станция "Венера-7", стартовавшая к Венере 17 августа 1970 г.

Спускаемый аппарат "Венеры-7" был разработан и рассчитан теперь с запасом на внешнее давление до 180 атмосфер и температуру до 530°C.

Наряду с этим необходимо было выдержать большие перегрузки при входе в атмосферу (свыше 300 единиц). Проектирование силового корпуса, расчет и испытания высокоэффективных теплоизоляционных покрытий, — все это потребовало решения ряда сложных научно-технических проблем. В качестве материалов для теплоизоляции использовались пористые и изготовленные в виде сот материалы, обладающие высокой прочностью для того, чтобы противостоять высокому давлению при спуске. Работоспособность конструкции аппаратов и автоматики была подтверждена большим числом испытаний в атмосфере Земли [12, 27].

После 120-дневного полета 15 декабря 1970 г. спускаемый аппарат станции благополучно совершил посадку на ночную сторону Венеры в 2000 километрах от утреннего терминатора — границы света и тени на планете.

Наземные средства после посадки спускаемого аппарата на поверхность Венеры продолжали принимать сигналы еще в течение 23 минут. По времени снижения, скорости и характеру изменения температуры был определен закон изменения температуры по высоте вплоть до поверхности планеты. Оказалось, что закон изменения температуры (на участке измерений) близок к адиабатическому. Значения атмосферных параметров на поверхности планеты в месте посадки спускаемого аппарата "Венеры-4" оказались следующими — температура  $475 \pm 20$  град. С, давление  $90 \pm 15$  атм.

Каждый из полетов автоматических станций к Венере был взаимно обусловлен и осуществлялся после тщательного изучения результатов и опыта предыдущих. Поэтому естественно, что полученные ранее данные о природе Венеры и работоспособности конструкций и приборов предшествующих станций были учтены при подготовке и проведении эксперимента с автоматической станцией "Венера-8", запущенной 27 марта 1972 г.

Задача, которую должен был в данном случае выполнить спускаемый аппарат "Венеры-8", на первый взгляд отличалась от "обязанностей" предыдущих автоматических исследователей Венеры. Но в самой постановке этой задачи было одно условие, которое в корне меняло представление о характере намечавшегося эксперимента: спускаемый аппарат должен был совершить посадку на дневную сторону планеты. Предыдущие станции — от "Венеры-4" до "Венеры-7" включительно — погружались в атмосферу Венеры и проводили ее исследования на ночной стороне планеты.

Посадка автоматической станции на освещенную сторону (видимый с Земли узкий освещенный Солнцем серп планеты) Венеры с баллистической точки зрения оказалось значительно сложнее, чем на ночную.

Через 117 суток после старта, 22 июля 1972 г., спускаемый аппарат совершил мягкую посадку на поверхность планеты. В течение 50 минут шла передача научной информации на Землю. Расчетное место посадки этой станции было примерно в 3000 км от места посадки ее предшественницы — "Венеры-7". Измеренные значения температуры и давления на поверхности планеты в этом районе были очень близки данным, полученным станцией "Венера-7" (т.е. на ночной стороне планеты). Впервые на всем участке парашютирования и после посадки с помощью фотометра была получена важнейшая информация об освещенности в атмосфере планеты. Эти уникальные данные позволили сделать вывод, что часть светового потока Солнца в видимой области спектра достигает поверхности планеты и тем самым существует значительное различие между освещенностью днем и ночью. Кроме того, данные этих измерений указывают на то, что атмосфера Венеры несколько ослабляет солнечный свет [3, 10, 12].

Дальнейшее развитие космических исследований Венеры требовало разработки посадочных станций второго поколения, способных решать новые более сложные научные и инженерные

задачи. Первыми такими станциями стали "Венера-9" и "Венера-10". В состав их вошли искусственные спутники Венеры (ИСВ), и спускаемые аппараты (СА) массой 1500 кг, общая масса каждой из станций составляла уже около 5 тонн. При этом аппаратура ИСВ могла ретранслировать на Землю радиосигналы с борта СА, совершившего посадку на освещенной Солнцем, но невидимой (в нижнем соединении) с Земли стороне планеты.

Отечественные станции нового поколения "Венера-9 и -10" были запущены соответственно 8 и 14 июня 1975 г., а 22 и 25 октября спускаемые аппараты этих станций произвели зондирование атмосферы и совершили мягкую посадку на поверхность Венеры.

За двое суток до входа в атмосферу Венеры 20 октября от автоматической станции "Венера-9" отделился спускаемый аппарат. Станция после отделения спускаемого аппарата была переведена на эллиптическую орбиту искусственного спутника Венеры с минимальной высотой над поверхностью планеты около 1500 км и периодом обращения около двух суток. Так впервые в истории космонавтики был создан первый искусственный спутник планеты Венера.

Во время снижения СА "Венеры-9" и в течение 53 минут после посадки с помощью установленной на нем научной аппаратуры проводились исследования атмосферы и поверхности планеты, а также передавалось изображение места посадки. Изображения, полученные телевизионными системами аппарата, принимались на борту искусственного спутника Венеры и ретранслировались на Землю. "Венера-9" зафиксировала давление 90 атмосфер и температуру 485°C.

Далее наступила очередь "Венеры-10". 23 октября от нее отделился спускаемый аппарат с научной аппаратурой на борту. Сама станция "Венера-10" вышла на орбиту искусственного спутника Венеры с периодом около двух суток. Во время снижения спускаемого аппарата, длившегося 75 минут, с помощью установленных на борту научных приборов измерялись физико-химические параметры и оптические характеристики атмосферы Венеры, исследовалась структура облачного слоя.

Спускаемый аппарат автоматической станции "Венера-10" совершил мягкую посадку на поверхность планеты на расстоянии около 2200 км от места посадки СА "Венеры-9". На Землю было передано изображение еще одного участка поверхности Венеры. После посадки в течение 65 минут проводилась съемка поверхности планеты, измерение освещенности, физических свойств и характера грунта в месте посадки. Бортовой радиокомплекс станции "Венера-10" обеспечивал ретрансляцию результатов этих измерений на Землю. В моменты посадки СА "Венеры-9 и -10" высота Солнца над горизонтом составляла соответственно 57 град. и 63 град.

На первых в истории панорамных снимках, переданных станцией "Венера-9", отчетливо видна россыпь крупных камней (до 40 см) с острыми краями. Это означает, что данная станция опустилась в молодой горный район. На панораме отчетливо виден развал камней, отбрасывающих четкие тени на плотную, по-видимому, грунтовую поверхность. Удивительным зрелищем явилась также ровная, чуть скругленная линия горизонта с правой стороны от места посадки.

Совершенно другую информацию содержал снимок, переданный "Венерой-10". Вокруг спускаемого аппарата выступали скальные глыбы со скругленными краями, с крупными щербинками, заполненными грунтовым песком. Детали ландшафта как бы свидетельствуют о значительных изменениях, происшедших с этой местностью в течение длительного времени. И эти признаки влияния времени дают возможность провести сравнения "молодой" и "старой" поверхности в этих двух различных районах. Первый опустился в гористый район поверхности Венеры, второй — на равнинную местность.

Дополнительные измерения радиоактивности гамма-спектрометром и плотности с помощью плотномера характер горных пород на панорамах и то, что эти породы по своему типу близки к базальтам (в месте посадки "Венеры-10" плотность грунта составляет 2,7-2,9 г/

см<sup>3</sup>).

Стало возможным сделать предположение, что на Венере, как и на Земле (впрочем, как на Луне и Марсе) протекают сходные геохимические процессы.

Неожиданным явился характер освещенности поверхности Венеры. Раньше предполагалось, что плотные облака значительно рассеивают солнечный свет и сглаживают контрасты. Но в обоих районах видимость оказалась прекрасной, а освещенность достаточно высокой.

После фотометрической обработки панорамных снимков была определена отражательная способность (альbedo) поверхности в видимом диапазоне длин волн. Согласно обработке, выполненной учеными под руководством доктора наук А.С.Селиванова, поверхность Венеры по коэффициенту отражения близка к лунной и равна 6% (на Луне 7%),

Со спускаемых аппаратов АМС "Венера-9 и -10" были проведены также прямые измерения скорости ветра у поверхности планеты. Чашечные анемометры, установленные над тормозным щитком спускаемого аппарата, показали, что на высоте 1,3 м от поверхности средняя скорость ветра — около 0,5 м/с ("Венера-9") и 1 м/с ("Венера-10").

Обилие новых сведений о планете, множество новых данных измерений физических характеристик в атмосфере и на поверхности, уникальные панорамы местности, полученные "Венерой -9 и -10", все это, несомненно, позволило составить более точные представления о Венере [12, 14, 17, 19].

В 1978 г. исследования Венеры были продолжены с помощью автоматических станций "Венера-11 и -12". По конструкции и целевому назначению обе станции были аналогичны, обе запущены с интервалом в несколько суток (9 и 14 сентября 1978 г.); их спускаемые аппараты достигли планеты 21 декабря ("Венера-12") и 25 декабря ("Венера-11"). Расстояние между районами посадки этих станций составило примерно 800 км. Оба аппарата работали на поверхности планеты около двух часов и передали на Землю ценную научную информацию. Сами станции "Венера-11 и -12" продолжили полеты по гелиоцентрическим орбитам.

Помимо аппаратуры для измерения параметров атмосферы планеты, изучения ее химического состава, структуры облачного слоя и физических свойств частиц облаков на станциях были установлены приборы для регистрации возможных гроз на Венере и анализа электрической активности атмосферы. 21 декабря ("Венера-12") и 25 декабря ("Венера-11") зарегистрировали на Венере грозы, которые, по-видимому, имеют локальный характер. Свечение темной стороны планеты может быть, по всей вероятности» объяснено вспышками молний в районах грозовой деятельности.

В рамках советско-французской программы при полете станций были продолжены исследования гамма-всплесков солнечного и галактического происхождения. Эти работы, целью которых являлось определение места нахождения и характеристик источников вспышек гамма-излучения, ранее были начаты автоматической станцией "Прогноз-6" и запущенным в СССР французским искусственным спутником Земли "Снег-3".

Регистрация всплесков гамма-излучения в данном эксперименте велась также с помощью советско-французской аппаратуры, находившейся на отечественной автоматической станции "Прогноз-7". Измерения, проводившиеся одновременно тремя далеко отстоящими друг от друга космическими аппаратами ("Венера-11 и -12" и "Прогноз-7") позволили существенно повысить точность определения координат космических гамма-вспышек и вспышек на Солнце.

В качестве основной научной задачи советских исследований Венеры в 1978 г. следует, по-видимому, считать тонкий химический анализ ее атмосферы. Именно для этого на борту спускаемых аппаратов станций "Венера-11 и -12" были установлены специальные приборы. В их числе находились и масс-спектрометры, с помощью которых было получено около 200 масс-спектров, давших новую информацию о концентрации азота, аргона, неона, криптона, а также об изотопном составе некоторых элементов. Вторая основная задача, поставленная перед

станциями, состояла в определении состава аэрозолей облачного слоя. Полученные в результате этого эксперимента данные оказались неожиданными (и требовали тщательного анализа и проверки), так как приборы зафиксировали не серу, как предполагалось, а хлор. Для уточнения моделей атмосферы Венеры необходимо было также установить содержание в атмосфере паров воды и малых газовых составляющих, а также определить соотношение в ней угарного и углекислого газов.

В целом во время спуска аппаратов "Венера-11 и -12" были получены более точные данные о количестве в атмосфере Венеры малых газовых компонентов и ее окислительно-восстановительных свойств.

Продолжая последовательную программу комплексных научных исследований Венеры автоматическими аппаратами, Советский Союз осуществил 30 октября и 4 ноября 1981 г. запуски межпланетных станций "Венера-13 и -14". В процессе полета этих станций по трассе "Земля — Венера" были продолжены исследования рентгеновского излучения, межпланетной плазмы, характеристик солнечного ветра и космических лучей.

Научная информация и данные о работе систем и аппаратуры станций регулярно передавались на Землю.

1 марта 1982 г. межпланетная станция "Венера-13" достигла окрестностей Венеры и ее спускаемый аппарат совершил мягкую посадку в равнинной местности к востоку от области Фебы. Научная информация с поверхности планеты передавалась в течение 127 минут.

Орбитальный блок станции "Венера-13", выполнив свою миссию "космического ретранслятора", спустя двое суток после посадки спускаемого аппарата, вышел из сферы притяжения Венеры и стал искусственным спутником Солнца.

В процессе снижения спускаемого аппарата "Венеры-13" с помощью установленных на его борту научных приборов проводились комплексные исследования химического и изотопного состава атмосферы и облаков, структуры облачного слоя, а также эксперименты по спектральному анализу рассеянного солнечного излучения и регистрация электрических разрядов в атмосфере.

С помощью телефотометров спускаемого аппарата с поверхности Венеры были переданы панорамные изображения окружающей местности. Часть панорам была снята последовательно через красный, синий и зеленый светофильтры, что позволило впервые получить цветное изображение поверхности. Спускаемый аппарат совершил посадку на участке древней поверхности планеты, где обнаружены малораспространенные на Земле лавовые потоки со следами химического выветривания.

С помощью установленного на борту спускаемого аппарата грунтозаборного устройства была пробурена первая скважина на Венере, взят образец и осуществлен рентгенофлюоресцентный анализ его состава. Решение этой сложной задачи следует рассматривать как новый важный научно-технический успех отечественной космонавтики. Одновременно была оценена сейсмическая активность планеты, и с помощью выносного прибора измерены физико-механические свойства грунта в состоянии естественного залегания.

Через несколько дней в окрестность Венеры прилетела станция "Венера-14". 5 марта 1982 г. посадочный аппарат "Венеры-14" опустился на удалении тысячи км юго-восточнее места посадки "Венеры-13". Механические глаза космического фотографа запечатлели венерианский ландшафт. С первого же взгляда было ясно, что ландшафт отличался от тех, что были получены "Венерой-13". Аппарат сел под большим углом, и телефотометры зафиксировали две очень непохожие картинки. На левой — поверхность рядом с аппаратом. Перед глазами плоские, сглаженные камни, присыпанные песком и пылью. Справа — ландшафт иной: плиты, трещинки, каменистый грунт. С помощью установленного на спускаемом аппарате грунтозаборного устройства было проведено бурение поверхностного слоя, взятие проб грунта



и его анализ с целью определения элементного состава пород.

Научно-технические эксперименты и исследования на поверхности Венеры включали также измерение электропроводности, физико-механических свойств грунта и оценку сейсмической активности планеты. При этом все системы и приборы спускаемого аппарата работали успешно и продемонстрировали высокую надежность.

Чувствительные приборы спускаемого аппарата "Венеры-14" зафиксировали удивительное явление — после посадки в небе Венеры бушевала гроза, громыхал гром. На пленку были записаны низкочастотные и высокочастотные разряды и сильные шумовые звуки.

57 минут работал на этот раз на Утренней звезде наш посланец. Отечественная наука и техника вновь внесли крупный вклад в мировую сокровищницу знаний, продемонстрировали свои богатые возможности.

Несколько десятков лет назад выдающийся ученый нашего времени академик М.В.Келдыш, бывший инициатором программы исследования Венеры, ее вдохновителем и активным участником, как-то сказал о Венере: "Эта планета заслуживает самого тщательного изучения. Оно позволит нам лучше понять прошлое Солнечной системы и тем самым обогатит наши знания о мире космоса. И поэтому завершение одного эксперимента должно стать началом новых..."

\* \* \*

Полеты космических аппаратов неизмеримо обогатили наши знания о межпланетном космическом пространстве, заставили коренным образом пересмотреть прочно установившиеся представления о физических условиях, существующих на планетах, и других небесных телах, а также в значительной мере стимулировали развитие и наземных методов наблюдений. Бурное развитие космической техники позволяет накопить экспериментальный материал для понимания процессов происхождения Солнечной системы.

Вполне ясно, что сегодня многие вопросы науки могут быть разрешены только с помощью информативных автоматических межпланетных станций, направляемых к планетам и облетающих их на близкое расстоянии или спускающихся в глубь их атмосфер и на их поверхность.

Отечественной космической техникой пройден большой и славный путь, нам есть чем гордиться, но главные достижения, как всегда, впереди. Программа исследований космоса должна жить и развиваться.

Литература и источники

1. Авдеевский В.С., Маров М.Я., Рождественский М.К. Результаты измерений параметров атмосферы Венеры на советской АМС "Венера-4"/Космические исследования, 1969, 7, вып.2, 233.
2. Авдеевский В.С., Маров М.Я., Рождественский М.К. Предварительная модель атмосферы Венеры, основанная на результатах измерений космических аппаратов "Венера-5" и "Венера-6" II Доклад, представленный на коллоквиум по атмосферам и поверхностям планет. Вудсхолл, 11-15 августа 1969 г.
3. Авдеевский В.С., Маров М.Я., Моленин Б.Е., Экономов А.П. Результаты прямых измерений освещенности в атмосфере и на поверхности планеты Венера при полете АМС "Венера-8". // ДАН СССР, 1973 г., 210, № 4, 799,
4. Авдеевский В.С., Аким Э.Л., Алешин В.М., Бородин Н.Ф., Кержанович В.В., Малков Я.В., Морозов С.Ф., Рождественский М.К., Рябов О.Л., Субботин М.И., Суслов В.М., Черемухина З.П., Шкиркина В.И. Атмосфера Марса в районе посадки спускаемого аппарата "Марс-6" (предварительные результаты). // Космические исследования, 1975, 13, вып. 1, 21.
5. Большаков В.Д. О результатах научных фотографических экспериментов и обработки материалов съемок Луны автоматическими станциями "Зонд-6,-7,-8". // Геодезия и картография, 1976, №4.45.

6. Бронштэн В.А. Планета Марс. М., "Наука", 1977.
7. Викторов В.И., Чесноков В.И. Химия лунного грунта. М., "Знание", 1978.
8. Галкин И.Н., Шварев В.В. Строение Луны. М., "Знание", 1977.
9. Денисов В.П., Сенкевич В.П., Алимов В.И., Войцеховский А.И. Луна и планеты (космическая программа). V., "Знание", 1971.
10. Денисов В.П., Сенкевич В.П., Алимов В.И., Журенко А.А., Войцеховский А.И., Еременко А.А., Мишарин В.А., Данилов В.А. Страницы советской космонавтики. М., "Машиностроение", 1975.
11. Дубинин Э.М., Подгорный И.М. Магнитные поля небесных тел. М., "Знание", 1980.
12. Келдыш М.В., Маров М.Я. Космические исследования. М., "Наука", 1981.
13. Коваль А.Д., Сенкевич В.П. Космос далекий и близкий. Л., 1977.
14. Ксанфомалити Л.В. Планеты, открытые заново. М., "Наука", 1978.
15. Ксанфомалити Л.В. "Марс-5". Поверхность и атмосфера красной планеты. // Земля и Вселенная, № 5, 1974.
16. Ксанфомалити Л.В. Планеты: исследования семидесятых годов. М. "Знание", 1981.
17. Кондратьев К.Я., Крупенио Н.Н. Новое о планете Венера. М., "Знание", 1979.
18. Кемурджиан А.Л., Громов В.В., Черкасов И.И., Шварев В.В. Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны. М., 1976.
19. Маров М.Я. Планеты Солнечной системы. М., 1981.
20. Мороз В.И. Физика планет. М., 1967.
21. Мороз В.И., Наджик А.Э. Предварительные результаты измерений содержания водяного пара по измерениям с борта АМС "Марс-5". // Космические исследования, 1975, 13, вып. 1, 33.
22. Перов В.Д., Стахеев Ю.И. Космические аппараты исследуют Луну (к 20-летию запуска "Луны-1"). М., 1978.
23. Сенкевич В.П., Коваль А.Д., Минчин С.Н., Васильев М.В. Покорение космоса. М., 1972, 179 с.
24. Алексеев В.А., Береговой Г.Т., Верещетин В.С., Воробьев Г.И., Гильберг Л.А., Горьков В.Л., Давыдов И.В., Елисеев А.С., Еременко А.А., Медведев В.Н., Мещеряков И.В., Никитин С.А., Ребров М.Ф., Рябчиков Е.И., Сенкевич В.П., Ткачев А.С., Титов ГС, Шаталов В.А. Советская космонавтика. М., 1981.
25. Сообщения ТАСС о полетах КА серий "Луна", "Зонд", "Марс" и "Венера" за 1959-1982 гг.
26. Успехи СССР в исследовании космического пространства. Первое космическое десятилетие 1957-1967 гг., колл. авторов, под ред. А.А. Благоднарова. М., 1968..
27. Успехи Советского Союза в исследовании космического пространства. Второе десятилетие, колл. авторов, под ред. С.Н. Вернова. М., 1978.
28. Максимов Г.Ю. Различные аспекты использования космонавтики в интересах внешней и внутренней политики государств (исторические примеры и некоторые перспективы) // Аэрокосмическая деятельность и общество. М., ИИЕТ РАН, 1996, с. 20 -45.
29. Максимов Г.Ю. Из истории создания и испытаний первых советских автоматических межпланетных станций (1960-1966) // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 71, с. 14 — 32.