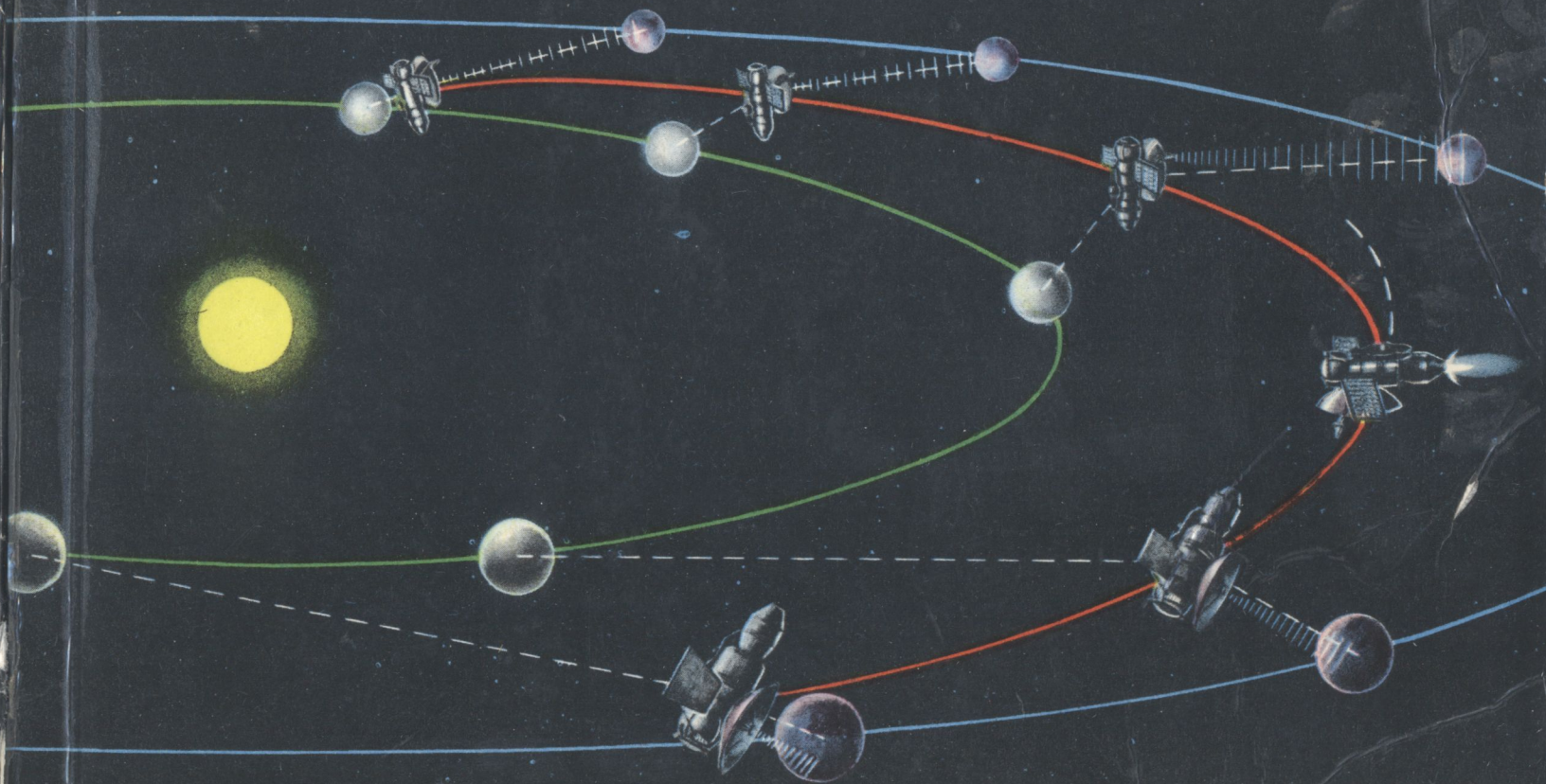




ВЕНЕРА РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ



В. АЛЕКСЕЕВ
С. МИНЧИН

ВЕНЕРА раскрывает тайны

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ



МАШИНОСТРОЕНИЕ
Москва
1975

В. Алексеев, С. Минчин. Венера раскрывает тайны. М., «Машиностроение», 1975, 96 с.

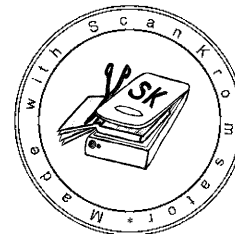
В книге в популярной форме рассказывается о советской программе изучения планеты Венера с помощью автоматических космических станций.

Читатель сможет проследить историю исследований Венеры, начиная с древнейших времен и до наших дней, познакомиться с программой полетов станций «Венера-1», «Венера-2», «Венера-3», «Венера-4», «Венера-5», «Венера-6» и «Венера-7», которые помогли раскрыть тайны планеты и одновременно уточнить возможности дальнейших исследований.

В книге рассказано также о работе автоматической станции «Венера-8», которая впервые провела исследования атмосферы и поверхности Венеры на освещенной части планеты. Новые научные данные, полученные в результате полета станции «Венера-8», обогатили мировую науку о Вселенной и явились новым шагом советской науки и техники в исследовании космического пространства с помощью автоматических средств.

А 31901-411
038(01)-75 БЗ-31-13-74

© Издательство «Машиностроение», 1975 г.



Scan AAW

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная эпоха — время величайших достижений естествознания и техники — характеризуется все возрастающей ролью космических исследований, открывающих новые возможности для более глубокого познания природы.

Исследование околоземного пространства сочетается с изучением дальнего космоса, полеты человека — с запусками автоматических станций к планетам Солнечной системы и к Луне.

Мы стали свидетелями того, как сбываются пророческие слова Константина Эдуардовича Циолковского: «Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Человек все настойчивей проникает в космос, изучает его и ставит на службу своим интересам.

Запуски искусственных спутников позволили по-

нять, какое огромное влияние на атмосферу и ионосферу Земли оказывает припланетное космическое пространство и какие процессы развиваются в нем.

Спутники метеорологической системы «Метеор» обеспечивают систематическую передачу данных о процессах, происходящих в атмосфере, и тем самым позволяют своевременно предупреждать корабли, самолеты и население угрожаемых районов о надвигающихся штормах, тайфунах и других стихийных бедствиях. Они позволяют более точно предсказывать состояние погоды в различных районах нашей планеты, что имеет огромное экономическое значение для всех стран.

Прочно вошли в быт миллионов людей, находящихся в самых удаленных уголках нашей страны, передачи Центрального телевидения и видеотелефонная связь через спутник «Молния-1» с исполь-

зованием наземной сети приемных станций «Орбита».

Большую программу космических исследований с помощью пилотируемых космических кораблей «Союз» и «Аполлон» и орбитальных станций «Салют» и «Скайлэб» осуществляют Советский Союз и США.

Систематические исследования космоса ведут советские автоматические станции.

Полетами советских автоматических станций «Луна-9» и «Луна-10» впервые были решены задачи мягкой посадки на Луну и создания искусственного спутника Луны.

Межпланетные автоматические станции «Зонд-5», «Зонд-6», «Зонд-7» и «Зонд-8» впервые были возвращены на Землю из дальнего космического полета с результатами научных измерений на борту.

Успешно продолжается исследование Луны и Марса советскими автоматическими станциями. В сентябре 1970 года автоматическая станция «Луна-16» доставила на Землю лунный грунт, взятый в районе Моря Изобилия, в ноябре 1970 года «Луноход-1», доставленный на Луну станцией «Луна-17», проложил первую колею на лунной поверхности в районе Моря Дождей и в течение 10,5 месяцев проводил научные исследования по десятикилометровой трассе. В сентябре 1971 года на око-

лунную орбиту была выведена автоматическая станция «Луна-19», которая более года проводила исследования Луны. В феврале 1972 года автоматическая станция «Луна-20» доставила на Землю лунный грунт из материкового района Луны. С 16 января по 17 апреля 1973 года в переходной зоне море — материк Моря Ясности, преодолев 37 километров лунного бездорожья, произвел уникальные исследования «Луноход-2», доставленный на поверхность Селены автоматической станцией «Луна-21».

27 ноября и 2 декабря 1971 года после шестимесячного космического полета на орбиту спутников Марса были выведены станции «Марс-2» и «Марс-3», и спускаемый аппарат станции «Марс-3» впервые совершил посадку на поверхность этой планеты. Автоматические станции «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7» в феврале—марте 1973 года, завершив программу исследований, передали на Землю новые уникальные данные об этой планете.

Впервые были проведены прямые исследования в атмосфере планеты при снижении спускаемого аппарата.

Советские ученые продолжают систематические исследования Венеры с помощью космических аппаратов, начатые автоматической станцией «Венера-4» в 1967 году.

Успешно был завершен еще один важный космический эксперимент. Автоматическая межпланетная станция «Венера-8», стартовавшая 27 марта 1972 года, достигла планеты Венера. 22 июля спускаемый аппарат станции «Венера-8» после аэродинамического торможения в верхних слоях атмосферы совершил плавный спуск на парашюте и мягкую посадку на освещенной части поверхности Венеры.

На поверхность планеты были доставлены вымпелы с барельефом основателя Советского государства Владимира Ильича Ленина и Гербом Союза Советских Социалистических Республик.

Впервые в истории космонавтики проведены научные исследования поверхности Венеры и опреде-

лены параметры атмосферы планеты на ее освещенной стороне.

Добыты новые научные данные о свойствах поверхности и атмосферы Венеры. Сделан еще один шаг в познании Вселенной.

5 февраля 1974 года на пути к Меркурию американский космический аппарат «Маринер-10», пролетая около Венеры на расстоянии около 6000 километров, провел научные исследования и фотографирование облачного слоя планеты.

Программа исследования планет Солнечной системы автоматическими станциями продолжается.

Задача настоящей книги — рассказать о советской программе изучения планеты Венера с помощью автоматических станций.

ПЛАНЕТА ЗАГАДОК

...У каждого человека свои звезды. Одним — тем, кто странствует,— они указывают путь. Для других это просто маленькие огоньки. Для ученых они как задача, которую надо решить...

Антуан Сент-Экзюпери

На небосклоне Венера в своем таинственном, манящем блеске появляется перед земным наблюдателем то вечером на западе, то утром на востоке, но никогда ночью, поэтому в древности люди считали, что это две звезды: вечерняя — Веспер и утренняя — Люцифер. Однако уже древнегреческий ученый Пифагор знал, что в действительности это одна звезда. Она получила имя Венус (Венеры) — одной из богинь римской мифологии — богини красоты. Славяне за яркость и удивительный блеск ласково называли ее Вечерницей.

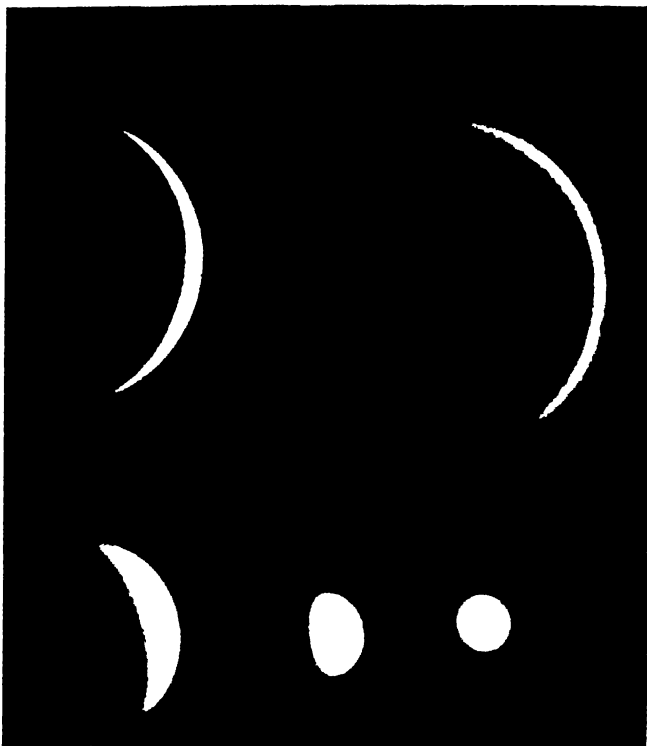
Для обозначения Солнца, Луны и планет астрономы употребляют знаки весьма древнего происхождения. Знаком Венеры служит изображение ручного зеркала — эмблема женственности и красоты.

Проводя оптические наблюдения за Венерой, ученые установили, что она движется вокруг Солнца почти по круговой орбите на среднем расстоянии от него в 108,2 миллиона километров; свой полный оборот вокруг Солнца она совершает за 224 дня 16 часов 49 минут, при этом средняя скорость движения по орбите составляет 35 километ-

ров в секунду. Видимый радиус планеты был оценен примерно в 6100 километров. Зная эти величины, а также возмущения, оказываемые Венерой на движение других небесных тел, ученые рассчитали ее массу — 0,8136 от массы Земли и среднюю плотность вещества Венеры — 5,12 грамма в одном кубическом сантиметре.

Венера — самая близкая к нам планета. В своем движении по орбите она периодически занимает относительно Солнца и Земли два диаметрально противоположных положения, получивших названия нижнего соединения, когда Венера находится между Солнцем и Землей, и верхнего соединения, когда Солнце находится между Землей и Венерой. При этом минимальное расстояние между Венерой и Землей составляет около 42 миллионов километров (нижнее соединение) и максимальное — 258 миллионов километров (верхнее соединение).

Период между двумя нижними соединениями — называемый синодическим — равен 584 суткам. Объясняется это тем, что за сутки Венера проходит $1/225$ часть своей орбиты, а Земля $1/365$. Следовательно, в своем движении по орбите за сут-



Вид Венеры в телескоп при разных фазах [западная элонгация]

ки Венера опережает Землю на $1/584$ часть окружности.

Взаимное положение Земли, Венеры и Солнца в нижнем соединении, когда они располагаются на

одной прямой, именуется явлением прохождения Венеры через диск Солнца. Эту картину можно наблюдать даже невооруженным глазом. Однако свидетелем этого явления может стать далеко не каждый, так как периодичность прохождения Венеры составляет 8; 105,5; 8 и 121,5 лет. В прошлом столетии это явление наблюдалось 9 декабря 1874 года и 8 декабря 1882 года. И только 8 июня 2004 года и 6 июня 2012 года оно повторится вновь.

В 1610 году Галилео Галилей, наблюдая Венеру в подзорную трубу, впервые обнаружил и описал последовательное изменение ее фаз, аналогичное Луне. Он не был сначала уверен в правильности своего наблюдения и не решался сообщить о нем открыто. Поэтому сведения об этом открытии Галилей зашифровал в латинскую фразу-анаграмму и лишь впоследствии, окончательно убедившись в верности своего предположения, расшифровал ее, переставив в ней буквы: «Мать любви подражает видам Цинтии». Мать любви — богиня Венера, а Цинтия — одно из древних названий Луны.

В нижнем соединении, когда Венера находится на самом близком расстоянии от Земли, она всегда обращена к нам неосвещенной стороной, и поэтому наиболее крупная ее фаза нам совершенно не видна. Отходя от этого положения «нововенерия», планета принимает вид серпа, диаметр которого тем меньше, чем серп шире. Полный диск Венеры виден под углом к Солнцу 10 градусов, наибольший серп — под углом 64 градуса.

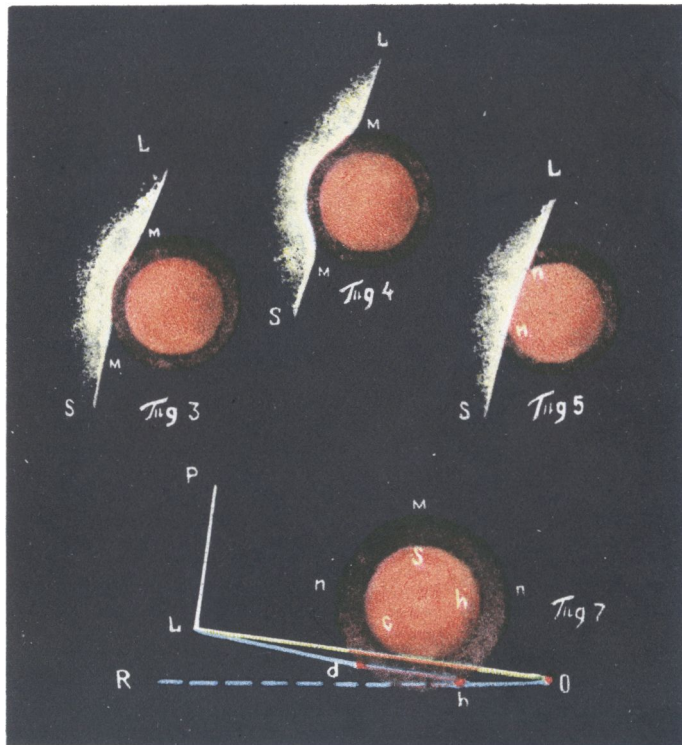
В 1761 году первый русский академик Михаил Васильевич Ломоносов, наблюдая Венеру в момент ее прохождения по солнечному диску, установил, что в начале прохождения, когда Венера только не-

большой частью нашла на Солнце, вокруг остального диска планеты, со стороны темного фона, вспыхивает яркий ободок. При дальнейшем движении, когда Венера полностью вошла на диск Солнца и сместилась к противоположному краю на $1/10$ своего диаметра, на краю Солнца наблюдается «пупырь», который вначале увеличивается, а затем исчезает вместе с небольшим сегментом диска планеты. Аналогичные явления наблюдал Ломоносов и при схождении Венеры с Солнца.

Кроме того, Ломоносов отмечал, что в момент внешнего и внутреннего «касания» Венеры и Солнца край Солнца становился неясным и оба диска как бы сливались.

Впервые эти явления Ломоносов объяснил наличием у Венеры мощной атмосферы, а точнее явлением рефракции, возникающим при прохождении солнечных лучей через плотную атмосферу Венеры.

О своих наблюдениях в труде «Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санктпетербургской императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года» Ломоносов писал: «...когда ее [Венеры] передний край стал приближаться к солнечному краю и был около десятой доли венерианского диаметра, тогда появился на краю Солнца пупырь, который тем явственнее учинился, чем ближе Венера к выступлению приходила... Вскоре оный пупырь потерялся, и Венера показалась вдруг без края...» И далее: «По сим примечаниям господин советник Ломоносов рассуждает, что планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою [лишь бы не большею], какова обливается около нашего шара земного».



Прохождение Венеры по солнечному диску [по рисункам М. В. Ломоносова]

Свое открытие Ломоносов подтвердил рисунками, сделанными им во время наблюдения прохож-

дения Венеры, и схемой хода солнечных лучей сквозь атмосферу Венеры. Рассмотрим эту схему. LO — луч, идущий от Солнца к наблюдателю в случае отсутствия атмосферы. $LdhO$ — луч, идущий от Солнца к наблюдателю при наличии атмосферы у Венеры. Этот луч будет иметь двойное преломление в точках d и h на границе атмосферы. При этом условно считаем, что в этих точках плотность среды резко меняется.

В результате этого наблюдатель будет видеть точку L на продолжении луча OhR .

Следовательно, край Солнца будет казаться наблюдателю смещенным (образование «пупыря»).

Значительно чаще, чем прохождение Венеры по солнечному диску, наблюдаются явления покрытия Венерой звезд. Этому явлению, позволяющему продолжить исследования Венеры, посвятили свои работы многие астрономы.

Наблюдая покрытие Венерой звезд Регула, звезд созвездия Близнецов и др., ученые отмечали, что звезды появлялись из-за диска Венеры не мгновенно, как это бывает при покрытии этих звезд Луной.

Вначале возникало едва заметное свечение, затем от темного края планеты отделялась не очень яркая звездочка, но через 1,5—2 секунды яркость звезды достигла почти максимума, и затем, по мере удаления от поверхности Венеры, яркость продолжала возрастать.

Это явление они объясняли так же, как и Ломоносов, наличием атмосферы у Венеры, которая, по их расчетам, должна иметь толщину от 80 до 110 километров.

Атмосфера Венеры оказалась столь «знатною», что даже нынешние мощные оптические телескопы не в силах заглянуть за ее плотную облачную завесу, которая скрывает от нас ее облик. Вот почему долгое время оставались неизвестными скорость вращения Венеры вокруг своей оси, температура и агрегатное состояние ее поверхности — каменная твердь, водная гладь или расплавленная лава! Не могли ученые уверенно ответить и на вопрос, каков рельеф планеты.

Визуально или путем фотографирования удалось заметить на диске Венеры лишь неясные темные или светлые пятна. Они имеют изменчивую форму и наблюдаются в течение нескольких дней или недель. Некоторые из них нестойкие и через двое-трое суток после появления исчезают с яркого фона планеты. Но встречаются и довольно устойчивые пятна больших размеров.

С развитием науки и техники появились новые методы исследований планет Солнечной системы: методы спектрографии, радиоастрономии, радиолокации.

Спектрометрические исследования и радионаблюдения по-существу положили начало новому этапу в изучении Венеры, ибо только с их помощью удалось получить новые данные о Венере, надежно скрытой от наблюдателей плотной атмосферой.

В своем развитии оптическая астрономия прошла путь от подзорной трубы Галилея до современных сложнейших оптических устройств—рефракторов, рефлекторов и зеркально-линзовых систем.

Рефрактор — телескоп, в котором изображение небесных светил создается вследствие прелом-

ления световых лучей в линзовом объективе и рассматривается через окуляр, фотографируется либо исследуется с помощью спектрографа, фотометра и т. п.

Разрешающая способность телескопа тем больше, чем больше диаметр объектива. Но одновременно с увеличением диаметра возрастает и толщина линз, составляющих объектив телескопа, а следовательно, возрастает поглощение света в линзах.

В связи с этим объективы с диаметром больше одного метра практически разрешающую способность рефракторов не увеличивают. Кроме того, рефракторы обладают существенными недостатками: хроматической aberrацией — окрашиванием изображения и сферической aberrацией — рассеиванием света на краях линзы. По этим причинам более широкое распространение в настоящее время получили рефлекторы.

Рефлектор — отражательный телескоп. Его основными частями являются вогнутое зеркало (главное зеркало) и окуляр.

Размеры главных зеркал рефлекторов значительно превосходят диаметры объективов рефракторов, в связи с этим разрешающая способность рефлекторов выше.

В настоящее время действует рефлектор обсерватории Маунт-Паломар США, диаметр главного зеркала которого равен 508 сантиметрам.

В последние годы разработаны и созданы новые средства оптических астрономических наблюдений — телевизионные и электронные телескопы.

Названия телескопов — телевизионный и элект-

ронный — не совсем правильны. Системы этих типов употребляются не самостоятельно, а в комбинации с оптическими телескопами. Следовательно, эти системы являются скорее комплексными приемниками (детекторами) излучения, а не самостоятельными телескопами.

Телевизионный и электронный телескопы представляют собой рефрактор или рефлектор, в фокусе которого устанавливается передающая телевизионная трубка (в телевизионном телескопе) или электронно-оптический преобразователь (в электронном телескопе), переводящие инфракрасное изображение объекта в видимое, или же просто электронный усилитель изображения.

Оптические наблюдения, проводимые обсерваториями, находятся в прямой зависимости от состояния атмосферы. Облачность, дождь, снег, туман, высокая турбулентность атмосферы, запыленность воздуха, резкие перепады температур — все это затрудняет проведение исследований. Поэтому в настоящее время, как правило, стремятся разместить обсерватории высоко в горах или в районах с сухим климатом и большим количеством ясных ночей в году.

В последнее время астрономы подняли на самолетах и воздушных шарах астрономические приборы в верхние слои атмосферы, а используя ракеты и космические аппараты, они послали астрономические инструменты за пределы атмосферы. В результате наблюдений, проведенных с применением новой техники, удалось значительно расширить наши астрономические познания, используя для наблюдений диапазоны волн, не доступные для исследований в земных условиях.

С помощью ракетных зондов были проведены исследования ультрафиолетового и рентгеновского излучений. Для регистрации этих излучений было применено малогабаритное и малоинерционное оборудование.

Для исследования инфракрасной полости спектра более пригодными оказались воздушные шары. Они, во-первых, позволяют поднимать сравнительно большие телескопы и спектрометры на высоту более 25 километров, оставляя при этом внизу 99,9 процентов всех водяных паров, резко уменьшающих прозрачность земной атмосферы для инфракрасного излучения. Во-вторых, скорость воздушных потоков на больших высотах мала, и это позволяет в течение длительного времени проводить наблюдения с почти неподвижного воздушного шара, что необходимо для регистрации излучения больших длин волн.

С помощью телескопов, оснащенных спектрометрами и фурье-спектрометрами, поднятых на воздушных шарах в верхние слои атмосферы Земли, проводятся высокоточные эксперименты по спектроскопии Венеры и других небесных светил.

В 1932 году в верхней атмосфере Венеры над облачным слоем был обнаружен углекислый газ CO_2 . Многие ученые считали, что его концентрация — не более 5—10 процентов, а основной составляющей атмосферы планеты, по аналогии с земной атмосферой, является азот. Но обнаружить азот не удавалось. Позднее, в 60-х годах было установлено наличие хлористого и фтористого водорода HCl и HF , угарного газа CO , кислорода O_2 , водяных паров и некоторых других соединений. При этом в атмосфере Венеры хлористого и фторис-

того водорода, угарного газа и других может указывать на наличие активной вулканической деятельности на планете. Но процентное содержание газов, составляющих атмосферу Венеры, и состав облачного слоя планеты, который так хорошо отражает солнечный свет и делает эту планету самым ярким светилом на ночном небосклоне (кроме Луны), оставались неизвестными.

В процессе спектрометрических исследований Венеры был выдвинут ряд гипотез о составе облачного слоя. При этом одни исследователи утверждали, что облака состоят либо из паров воды, либо из кристаллов льда, другие, что это кристаллы углекислого газа, третьи, что это мелкие частицы нашатыря NH_4Cl , четвертые, что это пылевые облака, поднятые с поверхности планеты мощными конвективными потоками, и совсем недавно высказано предположение, что возможной составляющей облаков может быть частично гидратированное хлористое железо $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{FeCl}_2$.

Радиоастрономия как новое средство исследования Вселенной, как новое направление в науке возникла в начале 30-х годов нашего столетия.

Луна, планеты, звезды, галактики да и само межзвездное пространство в той или иной мере излучают радиоволны практически всевозможных частот. Например, Солнце излучает миллиметровые, сантиметровые, дециметровые, метровые, декаметровые и т. д. радиоволны, т. е. практически радиоволны любой частоты, потоки которых со всех сторон космического пространства устремляются к Земле. Радиационные пояса, магнитосфера и земная атмосфера экранируют поверхность Земли от излучений, идущих из глубин космического прост-

ранства. Это имеет как положительную, так и отрицательную сторону. С одной стороны, — это спасение для организмов, развивающихся на Земле. С другой стороны, атмосфера не пропускает из космического пространства большую часть излучений, которые несут человеку сведения о космосе. Азот, кислород и озон атмосферы поглощают ультрафиолетовое излучение и рентгеновские лучи, экранируя таким образом Землю от жестких компонентов коротковолновой части электромагнитного спектра Солнца. Помимо этого, водяные пары и углекислый газ поглощают длинноволновую часть инфракрасного излучения, испускаемого Землей, и тем самым предохраняют поверхность Земли от чрезмерного охлаждения. Одновременно с этим водяной пар, углекислый газ и озон атмосферы интенсивно поглощают инфракрасное излучение Солнца [частично пропуская излучение в диапазоне волн от 8 до 13 микрон] и тем самым предохраняют Землю от перегрева.

Следовательно, из всего рассмотренного спектра электромагнитных волн земной поверхности достигают волны оптического диапазона от 0,3 до 2,5 микрона, частично волны инфракрасного диапазона от 8 до 13 микрон и радиоволны от 10^3 микрон [миллиметровые волны] до $2 \cdot 10^7$ микрон [20-метровые волны].

При этом для волн, близких 10^4 микрон, становится заметным изменение «прозрачности» атмосферы от дождя, снега и тумана. Волны более $2 \cdot 10^7$ микрон отражаются от ионизированных верхних слоев и не проходят сквозь атмосферу. Таким образом, из общего известного нам спектра электромагнитных волн для астрономических исследова-

ний можно использовать сравнительно небольшие участки.

Радиоастрономические наблюдения в довольно широкой области могут производиться независимо от состояния атмосферы и условий видимости днем и ночью. Оптические же наблюдения, как отмечалось выше, возможны только в ясную погоду, в основном ночью.

Радиоволны слабо поглощаются газом и межзвездной пылевой материей. Это дает нам возможность изучать более полно и подробно нашу звездную систему — Галактику, большая часть которой скрыта для визуальных наблюдений темными облаками межзвездной пыли.

Важными астрономическими величинами, характеризующими любое небесное тело, являются: размеры, расстояние от Земли в каждый момент времени, скорость движения по орбите, направление вращения вокруг собственной оси, температура поверхности и атмосферы, газовый состав атмосферы.

На многие из поставленных вопросов радиоастрономия дает определенные ответы. Исследование небесных тел можно вести в активном и пассивном режимах. При пассивных исследованиях мы «слушаем» радиосигналы, идущие от небесного тела, сравниваем их с эталоном и, анализируя полученные материалы, узнаем интересующие нас параметры.

При активном методе — радиолокации — на исследуемое тело мы посылаем радиосигнал на определенной волне и определенной мощности; принимая отраженный радиосигнал и анализируя его, мы также получаем определенные сведения об исследуемом теле.

Оба метода равнозначны и дополняют друг друга.

Первая радиолокация Венеры была произведена в США в 1958 году. Однако отраженные сигналы были весьма слабыми и результаты эксперимента мало надежными.

Впервые успешная радиолокация Венеры советскими учеными была выполнена в 1961 году. Послав «порцию» радиосигналов с помощью передающей аппаратуры и направленной антенны, переходили на прием отраженного сигнала, используя ту же антенну и радиоприемное устройство. Зная скорость распространения волн, направление, в котором послан сигнал, учитывая доплеровское смещение частоты сигнала от различных краев планеты, были измерены расстояния до планеты, скорость ее перемещения по орбите, скорость и направление вращения и «шероховатость» поверхности планеты. По программе международного сотрудничества радиолокация Венеры проводилась с помощью разнесенных на большое расстояние друг от друга (2000 километров) советской передающей антенны Центра дальней космической связи, находящейся в Крыму, и радиотелескопа обсерватории Джодрел Бенк (Англия). При этом были определены те же параметры Венеры, что и в 1961 году, но с большей точностью. Эти эксперименты проводились в 1965—1966 годах. Радиолокация Венеры и других планет, а также Луны успешно продолжается и в настоящее время.

Основным инструментом радиоастрономических наблюдений служат антенна и радиоприемник, называемые вместе радиотелескопом.

Приемная антенна и приемник радиотелескопа отличны от антенны и приемника обычного радиовещания. Дело заключается в том, что на антенну бытового приемника приходит сравнительно сильный сигнал, и для его приема достаточно небольшой антенны, простого приемника, иногда даже детекторного. Другое дело радиосигналы из космоса. Они очень слабы и для их приема необходимы очень большие антенны и очень чувствительные приемники.

При увеличении размеров антенны (увеличении разрешающей способности) и повышении чувствительности приемника одновременно с приемом малого полезного сигнала в приемник попадет большое количество радиопомех, приходящих со всех сторон, забивающих слабый космический шум (полезный для радиоастронома сигнал). Чтобы избавиться от помех, были разработаны и созданы направленные антенны, принимающие преимущественно радиоволны, идущие по определенному направлению. Принцип устройства антенны радиотелескопа очень схож с принципом устройства оптического телескопа.

Для увеличения разрешающей способности радиотелескопа существует два пути — уменьшение длины волны и увеличение диаметра телескопа. Но в выборе длины волны мы не вольны, она определяется объектом исследования. Кроме того, чем меньше длина волны, тем тщательней должна быть выполнена поверхность телескопа и тем труднее создать приемные устройства. Большие диаметры телескопов с поверхностью, позволяющей работу на всех длинах волн радиодиапазона, — вот наиболее хороший вариант.

Но с увеличением диаметра стоимость телескопа возрастает как третья и даже более высокая степень его размера. Кроме того, в несколько раз увеличиваются и технические трудности, связанные с созданием таких телескопов.

Сейчас строятся разные типы радиотелескопов, параболические антенны, синфазные антенны, антенны переменного профиля, кресты Мильса и особенно широкое распространение получили интерферометры.

Интерферометр создается из двух или нескольких радиотелескопов сравнительно небольших размеров, удаленных друг от друга и соединенных между собой высокочастотным кабелем.

Разрешающая способность интерферометра определяется уже не диаметром входящих в него радиотелескопов, а расстоянием между ними.

В качестве примера интерферометра, состоящего из восьми 16-метровых параболических антенн, может служить антенна Центра дальней космической связи Советского Союза, примером параболической антенны может служить большой радиотелескоп диаметром 76 метров, установленный в обсерватории Джодрел Бенк [Англия], на котором ведет исследования известный английский ученый Ловелл. Эти сооружения имеют возможность разворачиваться в нужном направлении с высокой точностью как по углу места, так и по азимуту и отслеживать движение межпланетных автоматических станций и небесных тел. Как правило, радиотелескопы работают в двух режимах: на прием и на передачу.

Как уже отмечалось, успешные радиолокацион-

ные исследования Луны и планет были начаты в СССР, США, Англии и других странах почти одновременно в 1961 году. Результаты первых измерений скорости вращения Венеры были различны и оценивались от 100 до 400 суток.

Измерения отраженного сигнала от Венеры, проведенные в 1962 и 1964 годах около нижних соединений планеты, позволили получить более точные и полные данные. Было установлено, что наилучшее совпадение расчетных и экспериментальных данных имеет место при обратном вращении Венеры с периодом 230 ± 25 суток. Сравнением результатов измерений 1962 и 1964 годов было установлено, что ось вращения Венеры почти перпендикулярна к плоскости ее орбиты.

Радиолокационные исследования последних лет с применением более совершенных и точных приборов позволили определить, что период вращения планеты составляет $243,1 \pm 0,2$ земных суток (вращение обратное), а радиус твердого тела Венеры равен $6052 \pm 2,5$ километра.

Если теперь, зная период вращения и период обращения Венеры, оценить длительность венерианских суток, то она окажется равной 117 земным суткам. В течение венерианского года наблюдатель на Венере увидит два восхода и два захода Солнца.

Анализ отраженного сигнала, полученного от поверхности Венеры, показал также, что поверхность Венеры относительно гладкая, диаметр центрального отражающего пятна составил 1800 километров (около 15 процентов полного диаметра, в то время как у Луны — 10 процентов полного диа-

метра). Гладкость Венеры для радиодиапазона несколько меньше лунной; возможно наличие склонов до 10—15 градусов.

Но не только эти данные интересовали астрономов. Возник вопрос: а нельзя ли с помощью радиоастрономии проникнуть за облачное покрывало и попытаться оценить температуру поверхности планеты!

При проведении измерений яркостной температуры Венеры во время ее различных фаз в районе нижнего соединения еще раз экспериментально было показано, что направление вращения Венеры обратное, отличное от других планет. В самом деле, в случае прямого (т. е. направленного в ту же сторону, что и движение по орбите) вращения Венеры при восточных элонгациях к Земле обращена утренняя сторона планеты, а при западных — вечерняя. Учитывая тепловую инерцию поверхности планеты, можно ожидать, что при восточных элонгациях темная часть диска уже остыла, а освещенная еще не полностью нагрелась; при западных элонгациях наоборот, темная часть планеты еще не успела остыть, а освещенная уже нагрета. Следовательно, усредненная по видимому диску планеты яркостная температура при одинаковых площадях освещенной части диска окажется ниже для восточных элонгаций, чем для западных. В результате этого должно произойти смещение момента наступления минимума яркостной температуры в сторону восточных элонгаций, т. е. до нижнего соединения. В случае обратного направления вращения минимум яркостной температуры следует ожидать после нижнего соединения.

Полученные экспериментальные данные показа-

ли, что имеет место смещение минимума яркостной температуры в сторону западных элонгаций, что также свидетельствовало об обратном направлении вращения.

При проведении в 1966 году измерения радиоизлучения Венеры на волне 3 см была определена яркостная температура, которая оказалась равной примерно 570 К или $+300^{\circ}\text{C}$! Такой температуры ученые не ожидали и поэтому решили проверить результаты этого эксперимента. Вновь и вновь на различных обсерваториях в Советском Союзе и в Соединенных Штатах Америки производились измерения радиотемператур Венеры при разных ее фазах, на различных волнах. Результаты получились самые неожиданные: на самых коротких, миллиметровых волнах (от 3 до 10 мм) яркостная температура довольно резко возрастает от 300 К или $+30^{\circ}\text{C}$ до 410 К или $+140^{\circ}\text{C}$ (разброс $\pm 60^{\circ}$); на сантиметровых волнах температура Венеры вначале возрастает от 420 К или $+150^{\circ}\text{C}$ (при волне 1 см) до 570 К или $+300^{\circ}\text{C}$ (при волне 4 см) и затем немного падает до 540 К или $+270^{\circ}\text{C}$ (при волне 10 см), изменяясь с фазой на 40—70° в каждую сторону, на более длинных, дециметровых волнах температура медленно падает примерно до 520 К или $+250^{\circ}\text{C}$.

Это разнообразие температур объяснить случайными ошибками наблюдений было невозможно, так как определение температуры производилось независимо десятками исследователей в разных местах и на разных радиотелескопах. Следует также отметить, что в каждый эксперимент входили сотни отдельных измерений, а результаты получались близкими.

Но поверхность Венеры должна иметь определенную температуру, которая независима ни от инструмента, использованного для измерений, ни от места измерений, ни от длины волны, на которой проводился эксперимент. Эти рассуждения справедливы только в том случае, если мы измеряем тепловое радиоизлучение, т. е. излучение нагретого тела, испускающего инфракрасные лучи и радиоволны. Но может иметь место не тепловое радиоизлучение, а излучение, связанное с электромагнитными процессами, например, атмосферные шумы, возникающие при грозových разрядах, и другие. Так чем же вызван этот разброс температуры у Венеры и каким процессом можно объяснить столь высокое ее значение!

Для объяснения этих явлений одновременно были выдвинуты три гипотезы.

Наиболее распространенной была парниковая гипотеза К. Сагана. Саган считал, что поверхность Венеры действительно имеет температуру $570—620\text{ К}$ ($+300 \div +350^\circ\text{C}$) и от ее раскаленной поверхности сантиметровые радиоволны доходят до Земли, не испытывая поглощения ни в атмосфере, ни в облачном слое планеты. Миллиметровые волны поглощаются парами воды, содержащимися в атмосфере Венеры, и излучаются не поверхностью планеты, а некоторым подоблачным, относительно прозрачным слоем ее атмосферы.

Но в результате каких процессов возникла и чем поддерживается эта высокая температура планеты!

Парниковая гипотеза дает следующее объяснение. Венера напоминает гигантский парник. Видимая часть спектра солнечных лучей, несущая основную долю энергии, преодолевая облачный слой плане-

ты, теряет на отражение около 76% своей энергии и, претерпев на пути к поверхности планеты многократное рассеяние частицами облаков и молекулами газов атмосферы, нагревает и атмосферу и поверхность Венеры. Нагретая поверхность планеты должна отдавать свое тепло, иначе температура поверхности будет возрастать бесконечно. Поверхность, нагретая до нескольких сот градусов, отдает тепло в космос в основном в виде инфракрасного излучения. Но на своем пути в атмосфере это излучение встречает углекислый газ и пары воды, которые поглощают значительную долю излучения и дополнительно нагревают подоблачный слой атмосферы и поверхность. Этот процесс разогрева продолжается до наступления термодинамического равновесия.

В этих условиях парниковая модель атмосферы Венеры, состоящей в основном из углекислого газа, имеет следующий вид. У поверхности планеты температура $570—620\text{ К}$ ($+300 \div +350^\circ\text{C}$), давление $2—5\text{ кгс/см}^2$, при удалении от поверхности понижение температуры происходит по адиабатическому закону, и у границы облаков на высоте около 36 км она равна $230—270\text{ К}$ ($-40 \div 0^\circ\text{C}$), при давлении $0,4—0,1\text{ кгс/см}^2$.

Облака в основном состоят из паров воды и кристаллов льда и, возможно, из кристаллов углекислого газа.

Далее до высоты уровня затмения (начало непрозрачного слоя атмосферы Венеры, находящегося, по Сагану, на высоте 110 км) температурный градиент равен 0°C . Давление на этой высоте имеет значение $2 \cdot 10^{-8}\text{ кгс/см}^2$. Уровень затмения характеризуется тем, что здесь находится тонкий

слой облаков, предположительно состоящий из (C_3O_2) и поглощающий ультрафиолетовую составляющую солнечного излучения.

Против парниковой гипотезы есть одно существенное возражение: для объяснения термодинамического равновесия, наступающего при температуре $570\text{—}620\text{ K}$ ($+300 \div +350^\circ\text{C}$), давление $2\text{—}5\text{ кгс/см}^2$, для углекислой атмосферы необходимо наличие в атмосфере Венеры до 3% водяных паров от общего состава атмосферы. А такого количества паров воды в атмосфере Венеры нет.

Другая гипотеза — эолосферная — была выдвинута Э. Эпилом. По этой гипотезе поверхность Венеры тоже накалена до $570\text{—}620\text{ K}$ ($+300 \div +350^\circ\text{C}$), но причиной этого является не солнечная радиация, а ветер, очень сильный ветер, поднимающий тучи пыли и за счет трения частиц пыли и газа нагревающий поверхность планеты. Зона сильных ветров на Венере, которую Эпик назвал эолосферой по имени бога ветра Эола, располагается от поверхности планеты до слоя облаков. Солнечное излучение поглощается пылью и вообще не доходит до поверхности. По этой модели на Венере всегда темно, жарко, пыльно и ветренно. Свою гипотезу Эпик подтвердил математическими расчетами, на основании которых было установлено, что двух процентов солнечной энергии, падающей на Венеру, достаточно для обеспечения необходимой энергией венерианских ветров. Источником энергии, поддерживающим ураганные ветры, является зона облачного слоя и лежащая поверх нее тропосфера. Здесь происходит поглощение солнечной энергии и возникает мощная атмосферная циркуляция, порождающая ветры эолосферного слоя, заполненно-

го мелкой дисперсной [светлой окраски] пылью, например, карбоната кальция, магнезия или силикатов.

Модель атмосферы, по Эпику, выглядит следующим образом: химический состав атмосферы — смесь азота и углекислого газа; температура у поверхности, как отмечалось, $570\text{—}620\text{ K}$ ($+300 \div +350^\circ\text{C}$); давление — 4 кгс/см^2 . Температурный градиент (по высоте) равен примерно 10 град/м , и на границе верхнего слоя плотных облаков ($H \approx 22\text{ км}$) температура равна $350\text{—}400\text{ K}$ ($+80 \div +130^\circ\text{C}$), а давление $\approx 0,6\text{ кгс/см}^2$. Выше, на высоте $H = 35\text{ км}$, расположен тонкий облачный слой, непрозрачный для ультрафиолета, где температура составляет 234 K (-36°C), давление $0,08\text{ кгс/см}^2$. Выше этого слоя температурный градиент до уровня затмения равен 0 град/м . На этой высоте, как полагает Эпик, давление должно быть равным $2 \cdot 10^{-6}\text{ кгс/см}^2$. Химический состав атмосферы, температурный режим, граница облаков и состав облаков принимались такими же, как и у парниковой модели. Но эолосферная гипотеза не нашла себе сторонников. Слишком много было в ней неясных мест, которым не было дано объяснений (каков характер циркуляции, являющейся источником нагрева поверхности планеты, как связать по этой модели наличие воздушных вертикальных потоков в эолосфере с мощной горизонтальной циркуляцией, которая должна иметь место между дневной и ночной сторонами планеты и др.). Наблюдения советских и американских радиоастрономов, установивших зависимость яркостной температуры Венеры от ее фазы (т. е. от времени суток Венеры), окончательно опровергли эолосферную модель.

Рассмотрим третью гипотезу — ионосферную

модель атмосферы, — которая длительное время конкурировала с парниковой. Согласно этой модели, предложенной Д. Джонсоном в 1961 году, атмосфера Венеры на большой высоте имеет мощную электроактивную среду — ионосферу, толщиной до 100 км, которая является источником высокотемпературного излучения 600 К (+330°C) в сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн. Механизмом, ответственным за испускание радиоволн, являются в этом случае свободно-свободные переходы электронов в поле ионов. Причем эта среда обладает интересным свойством; она оптически тонка — прозрачна — для волн миллиметрового диапазона и оптически толста — не прозрачна — для более длинных волн. Наблюдаемая на миллиметровых волнах яркостная температура 350 — 400 К (+80 ÷ +130°C) обусловлена поверхностью планеты.

К сказанному надо добавить, что давление у поверхности, согласно расчетам Джонсона, должно составлять 0,3—1 кгс/см². Далее, до облачного слоя, который находится на высоте $H \approx 17$ км и отражает ультрафиолетовое и инфракрасное [8—13 км] излучения, температура падает до 220 К (—50°C), а давление до 0,04—0,1 кгс/см². Выше облачного слоя до уровня затмения (который, по Джонсону, находится на $H \approx 80$ км) простирается прозрачная область, где температурный градиент равен 0 град/м. На границе уровня затмения давление составляет $2 \cdot 10^{-6}$ кгс/см². Толщина атмосферы Венеры, по этой гипотезе, составляет около 200 км и состоит она только из углекислого газа, продуктов его диссоциации, а также из ионов.

Расчеты показали, что для того чтобы обеспе-

чить температуру в +330°C, ионосфера Венеры должна обладать электронной концентрацией 10^9 см⁻³, в то время, как у Земли в ионосфере электронная концентрация составляет 10^6 см⁻³, и такого же порядка электронная концентрация должна иметь место и у Венеры.

Было сделано много попыток подтвердить наличие высокой электронной концентрации ионосферы Венеры:

- и солнечным корпускулярным излучением, являющимся мощным источником ионизации;

- и наличием в атмосфере большого числа молекулярных ионов молекул, потерявших один электрон;

- и полупрозрачной ионосферой с высокой электронной температурой (5270 К, около +5000°C) в области максимальной концентрации электронов и с более холодным слоем, расположенным выше;

- и скважной (дырчатой) ионосферой, имеющей отдельные области с высокой электронной концентрацией — ионосферные облака.

Но все эти попытки экспериментами и расчетами были опровергнуты, и ионосферная модель атмосферы Венеры, как и элосферная, оказалась похороненной.

Так чем же все-таки объяснить различия при регистрации температур поверхности Венеры, каково агрегатное состояние поверхности, от какой среды отражаются радиоволны!

В 1964 году советский ученый А. Д. Кузьмин совместно с американским ученым Барри Кларком приступил к наблюдениям Венеры с помощью подвижного радиointерферометра, состоящего из двух 27-метровых параболоидов (обсерватория Оуэнс

Баллей, Калифорния). Был измерен радиус твердого шара Венеры: 6057 км (до этого астрономы измеряли лишь радиус облачного слоя). Отсюда определилась и средняя высота облаков — от 40 до 60 км над поверхностью планеты, что облегчило последующий расчет модели атмосферы Венеры.

Измерения поляризации радиоизлучения Венеры показали, что его источником является твердая поверхность, а не атмосфера и не облака, так как только гладкая твердая поверхность может дать излучение, частично поляризованное на краях диска планеты.

Следовательно, поверхность Венеры раскаленная. Но везде ли одинакова ее температура? Наблюдения показали, что самая горячая точка там, где солнце в зените, здесь поверхность нагрета до $+480^{\circ}\text{C}$. В противоположной точке — до $+360^{\circ}\text{C}$. Самыми холодными точками планеты, как и следовало ожидать, оказались ее полюсы, имеющие температуру около $+250^{\circ}\text{C}$.

Диэлектрическая проницаемость вещества Венеры была определена в результате измерения дифференциальной поляризации радиоизлучения. Она оказалась равной 2,5% — заметно ниже, чем у земных песков (3,5%), скальных пород (5%), и во много раз ниже, чем у воды (80%). В результате этих измерений было установлено, что наружный слой Венеры — рыхлый и что там не может быть больших скоплений воды или иной жидкости.

Диэлектрическую проницаемость поверхностного покрова Венеры определили и по коэффициенту отражения радиоволн. Для волн в 10 и 70 см он оказался равным 3,7—5%, а на волне 3 см — 1% вместо 10%.

Советский радиоастроном Г. М. Стрелков, анализируя данные радиоастрономических наблюдений, предложил свою теорию, которая объясняет разную температуру поверхности Венеры и образование парникового эффекта в ее атмосфере. Согласно этой теории, поверхность Венеры состоит из наружного очень рыхлого слоя, находящегося на твердом скальном основании. Толщина рыхлого слоя несколько сантиметров. Радиоволны длиной 3 см отражаются именно от этого слоя. Более длинные волны отражаются от плотного основания — подложки, характеризующейся диэлектрической проницаемостью, как у плотных песков и даже у некоторых скальных пород. Когда мы принимаем собственное излучение Венеры, часть излучения подложки отражается от границы и не доходит до нас. Вот почему диэлектрическая проницаемость, по поляризационным наблюдениям, оказывается заниженной. «Завал» температур на дециметровых волнах, очевидно, вызван тем, что волны приходят к нам с большей глубины, т. е. от подложки, и также испытывают двойное отражение при переходе через границу двух сред.

Для объяснения механизма образования парникового эффекта Г. М. Стрелков отказался от (бытовавшей для простоты рассуждений) «серой», т. е. одинаково поглощающей все лучи атмосферы Венеры, и посчитал, что этот эффект обусловлен избирательной способностью водяного пара поглощать излучения лишь в определенном интервале длин волн. Если учесть это свойство водяного пара, то нужный парниковый эффект может быть достигнут, согласно этой теории, при содержании углекислого газа — 5%, водяного пара — 0,07% и при

давлении у поверхности 10 кгс/см^2 . Слой осажденной воды в этом случае составит около 9 г/см^2 , что согласуется с определениями количества водяного пара над облаками.

Эти исследования значительно укрепили позиции парниковой гипотезы модели атмосферы Венеры.

В последнее время наряду с парниковой моделью все большим вниманием у ученых пользуется циркуляционная гипотеза Ричардсона — Гуди, предполагающая механический перенос тепла от экваториальной зоны к полюсам за счет различия температур в этих районах.

Воздух поднимается над тропиками к полюсам, спускается вниз и возвращается к тропикам близ поверхности.

При этом предполагается наличие большой непрозрачности атмосферы в инфракрасном диапазоне излучений.

Расчеты показывают, что связанные с этой конвекцией движения атмосферы могут в верхних пограничных слоях достигать до 30 м/с . При этом горизонтальные разности температур будут быстро ликвидироваться (что подтверждается результатами радиоинтерферометрических измерений). Кроме того, глубинные потоки, хотя и очень медленно перемещающиеся, могут быть адиабатическими и по-

рождать адиабатический градиент температуры и без притока солнечной радиации.

Возможно последующие эксперименты покажут, что именно глубинная циркуляция подобного рода объясняет высокие температуры Венеры.

Как видно, недостатка в гипотезах нет, и ученые справедливо называли и называют Венеру таинственной планетой. И, несмотря на то, что вся мощная техника планетной астрономии — радиотелескопы и радиолокаторы, оснащенные чувствительнейшими квантовыми усилителями и гигантскими антеннами, оптические телескопы с инфракрасными приемниками и совершенной спектральной аппаратурой — была направлена на получение новой информации о физических характеристиках планеты, столкновение полученных данных не было однозначным.

Исследования истинных физических условий на Венере, резко отличающихся от земных, представляют исключительный научный интерес. Эти волнующие вопросы могли быть разрешены только с помощью автоматических межпланетных станций, направляемых к планете, облетающих ее на малом расстоянии или спускающихся непосредственно в глубь ее атмосферы и на ее поверхность.

В ПУТЬ К ВЕНЕРЕ

Тысячи путей ведут к заблуждению,
к истине — только один.

Ж.-Ж. Руссо

4 октября 1957 года советский человек сделал первый и наиболее важный шаг на пути преодоления земного тяготения — на околоземную орбиту был выведен первый искусственный спутник Земли. Началась эра космических исследований Вселенной, предсказанная основателем школы реактивного движения — великим русским ученым Константином Эдуардовичем Циолковским.

Ученые получили в свои руки новый инструмент, с помощью которого они смогли проводить исследования непосредственно в космическом пространстве.

Идея создания многоступенчатой ракеты-носителя, способной выводить на космические трассы аппараты для проведения исследований космического пространства, Луны и планет, принадлежащая также Циолковскому, была воплощена в металл конструкторским коллективом, которым руководил ученик Циолковского и его последователь академик С. П. Королев, в содружестве с рядом других институтов, организаций и заводов.

Длительен путь создания ракеты-носителя — от чертежного стола конструктора до цеха окончательной сборки на полигоне.

Трехступенчатая ракета (ее вы можете увидеть на Выставке достижений народного хозяйства в Мо-

скве) имеет общую длину 38 метров, диаметр у основания (по стабилизаторам) равен 10,3 метра. Первая и вторая ступени ракеты состоят из центрального и четырех навесных боковых ракетных блоков.

Длина центрального блока — 28 метров, максимальный диаметр 2,95 метра. Каждый из четырех боковых блоков имеет длину 19 метров при диаметре — 3 метра.

Длина третьей ступени вместе с головным блоком и обтекателем составляет — 10 метров, а диаметр — 2,58 метра.

Силовая установка ракеты состоит из шести жидкостных ракетных двигательных блоков (в каждом блоке четыре двигателя), развивающих суммарную максимальную тягу 600 тс и суммарную полезную мощность в полете 20 миллионов лошадиных сил. Третья ступень ракеты сообщает станции скорость, большую второй космической скорости, — 11,2 километра в секунду. Достижение второй космической скорости открыло возможность межпланетных полетов по заранее заданным траекториям. Это позволило начать с 1959 года с помощью автоматических станций систематическое изучение межпланетного пространства, Луны, Венеры и Марса. Для обеспечения космического полета к Венере и

проведения непосредственных прямых исследований необходимо было решить целый комплекс сложнейших проблем.

Нужно было, во-первых, используя законы небесной механики, обеспечить такую траекторию полета и такой режим полета станции, чтобы она, преодолев силу земного притяжения и двигаясь под воздействием силы притяжения Солнца, могла в заданной точке космического пространства встретиться с Венерой. Взаимное расположение Земли и Венеры в пространстве непрерывно изменяется из-за различия их периодов обращения вокруг Солнца, однако любая из конфигураций повторяется через 584 суток, при этом, как уже было сказано выше, в момент нижнего соединения расстояние от Земли до Венеры наименьшее, а в верхнем соединении расстояние Земля — Венера наибольшее. Это оказывает существенное влияние на выбор траекторий полета.

Во-вторых, выбранной траектории полета должна соответствовать возможно меньшая скорость движения станции в конце активного участка полета — это позволит при имеющихся мощностях двигателей ракеты-носителя направить в космический полет станции с наибольшим полезным грузом.

В-третьих, время полета должно быть наименьшим, так как по мере увеличения продолжительности полета возрастает опасность столкновения станции с микрометеорами и вероятность выхода из строя элементов аппаратуры станции под воздействием факторов космической среды.

В-четвертых, должны быть строго выдержаны начальные значения параметров межпланетной траектории, так как ошибки в скорости на несколь-

ко метров в секунду или в ориентации станции на несколько градусов сделают свидание с Венерой невозможным.

В-пятых, для обеспечения надежной радиосвязи во время встречи станции с Венерой желательно, чтобы Венера была возможно ближе к Земле.

В-шестых, выбранная траектория должна обеспечить возможно меньшую скорость входа в атмосферу Венеры, так как при этом уменьшаются перегрузки и величина нагрева, воздействующие на спускаемый аппарат, что позволяет уменьшить массу конструкции спускаемого аппарата и его теплозащиты.

Поскольку нельзя выбрать траекторию, удовлетворяющую сразу всем этим требованиям, задача состоит в выборе наиболее выгодной межпланетной траектории.

Попробуем выбрать траекторию, отвечающую полету к Венере по кратчайшему пути.

Такой полет может быть осуществлен, если станция будет «падать» на Солнце по прямой линии, т. е. когда в момент встречи со станцией Венера находится в нижнем соединении.

При такой траектории перелет будет продолжаться около 25 суток, и пройденный путь будет равен немногим более 42 миллионов километров.

Чтобы станция «падала» на Солнце, скорость ее движения по орбите относительно Солнца после старта должна равняться нулю. Для этого требуется сообщить станции скорость 29,76 километра в секунду (гелиоцентрическая скорость Земли) и направить ее в сторону, противоположную движению Земли по орбите вокруг Солнца. Кроме того, необ-

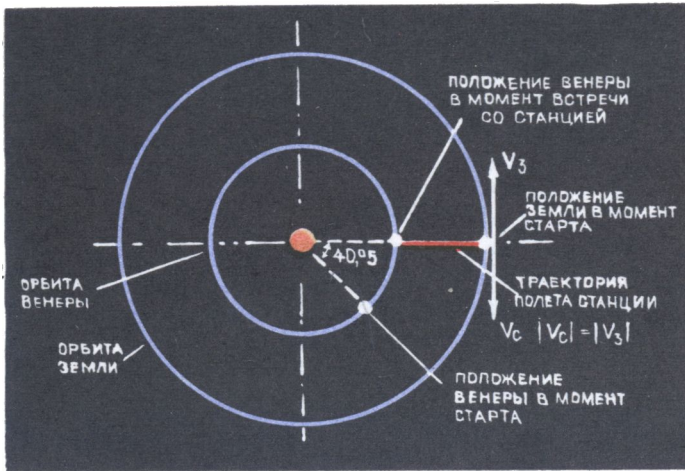


Схема взаимного положения Венеры и Земли при прямом полете на Венеру

ходимо еще преодолеть силу земного притяжения. Как показывают расчеты, скорость станции для обеспечения «падения» на Солнце должна равняться 31,8 километра в секунду. Такие скорости на современном этапе развития техники создать нельзя. Таким образом, покинуть Солнечную систему оказывается проще, чем «упасть» на Солнце.

Есть еще один существенный недостаток, связанный с перелетом на Венеру по кратчайшему пути, — в момент встречи с планетой станции радиополучения Солнца будут «забывать» сигналы станции, так как при этом Венера будет находиться в нижнем соединении и передать с борта станции информацию будет очень трудно.

Рассмотрим теперь вторую, выгодную в энергетическом отношении, траекторию перелета.

Эта траектория касательна как к начальной, так и к конечной круговым орбитам (Земли и Венеры), и для полета по ней требуется наименьшая затрата топлива. Однако полет по такой траектории имеет свои отрицательные стороны.

Прежде всего — это сложность вывода станции на траекторию полета. Дело в том, что на границе сферы действия Земли, там, где возмущающее ускорение от Солнца уравнивается ускорением Земли (сфера эта имеет радиус 900 тысяч километров, а центром ее является Земля), скорость станции должна составлять 2,5 километра в секунду и должна быть направлена строго в сторону, противополож-

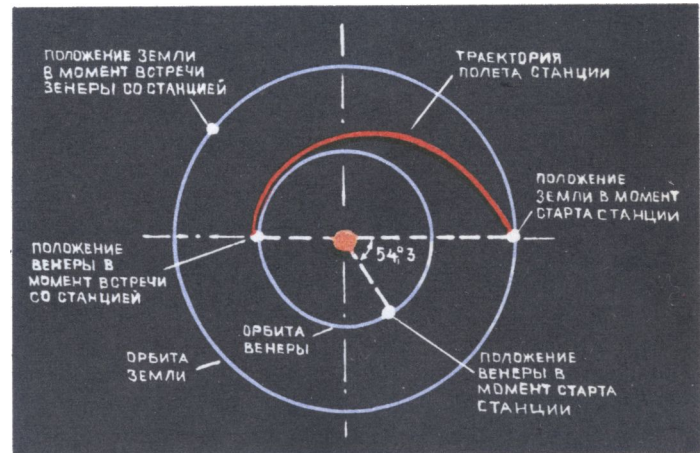
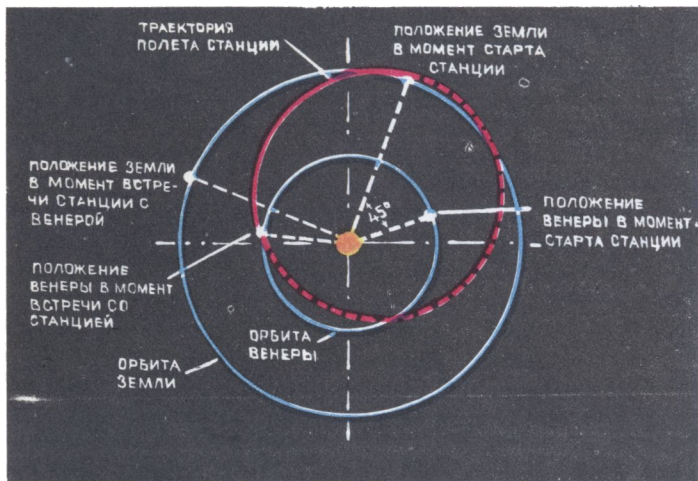


Схема полета на Венеру по гомановском орбите (с наименьшим расходом топлива)



Оптимальная траектория полета автоматической межпланетной станции к Венере

ную движению Земли. Причем малые ошибки в направлении или величине ускорения в момент старта вследствие длительного полета (около шести месяцев) могут привести к большому промаху у финиша, так как станция, двигаясь по этой орбите, описывает ровно половину эллипса.

Кроме того, расстояние между Землей и Венерой в момент встречи станции с Венерой будет около 90 миллионов километров.

Таким образом, выбрав путь к Венере с наименьшим расходом топлива, мы тем самым усложняем вывод станции на траекторию полета, удлиняем время полета и расстояние между Землей и Венерой в момент встречи.

Рассмотрим теперь один из промежуточных вариантов траектории, оптимальный для данного веса станции, энергетических возможностей ракеты и длительности полета. Этому варианту соответствуют траектории, по которым в настоящее время совершаются полеты автоматических межпланетных станций к Венере.

При движении по таким траекториям время перелета станции длится от 3 до 4 месяцев, а расстояние в момент встречи между Землей и Венерой составляет примерно 70 миллионов километров. Солнце при этом не мешает радиосвязи.

Есть, правда, неудобство — это точная дата старта, которую безапелляционно диктуют нам астрономические часы.

Перелет можно совершать тогда, когда Земля в момент отлета станции опережает Венеру в угловом движении вокруг Солнца примерно на 45° .

ПЕРВЫЕ СТАРТЫ

Первый выход на межпланетную трассу к Венере был предпринят 12 февраля 1961 года, когда с борта тяжелого спутника Земли в направлении планеты стартовала советская автоматическая станция «Венера-1» массой 643,5 килограмма.

Основными задачами запуска этой станции являлись: проверка методов вывода космического объекта на межпланетную трассу, проверка сверхдальней радиосвязи и управления космической станцией, уточнение масштаба Солнечной системы и проведение ряда физических исследований.

Связь со станцией «Венера-1» поддерживалась до 27 февраля 1961 года, когда расстояние от Земли

составляло 23 миллиона километров. В то время это было рекордом дальней космической связи.

Наряду с советскими учеными вопросами исследования Венеры занимаются и ученые США. Первая попытка американских ученых запустить в июле 1962 года к Венере космический аппарат «Маринер-1» оказалась неудачной. Сразу после старта из-за неполадок в системе управления ракета отклонилась от намеченного курса и была подорвана.

В августе 1962 года к Венере стартовал американский аппарат «Маринер-2».

Полет «Маринера-2» был успешным. 14 декабря 1962 года аппарат прошел мимо Венеры на расстоянии около 35 тысяч километров и принес первые научные результаты — данные, относящиеся к физическим свойствам самой Венеры. По результатам траекторных измерений движения станции в поле тяготения Венеры была уточнена масса планеты (0,81485 земной). Было установлено, что магнитное поле Венеры очень слабое и не превышает 5 гамм на расстоянии 35 тысяч километров, что в 20—40 раз меньше напряженности магнитного поля Земли на том же расстоянии. Счетчик космических лучей не обнаружил на этом расстоянии роста числа заряженных частиц, что говорит об отсутствии радиационных поясов у Венеры. Кроме того, с помощью радиометра были произведены измерения радиотемпературы в различных точках диска планеты. Эти измерения дали подтверждение в пользу гипотезы горячей поверхности планеты. Сведения, хотя и были новыми, но не позволяли ответить на основные вопросы, интересовавшие ученых.

Наступил ноябрь 1965 года. В путь отправились

сразу две станции — «Венера-2» и «Венера-3».

Станция «Венера-2» была запущена 12 ноября 1965 года, станция «Венера-3» — 16 ноября 1965 года.

Каждая из станций состояла из двух герметических отсеков — орбитального и специального. Специальным отсеком «Венеры-3» являлся спускаемый аппарат, выполненный в виде шара диаметром 900 миллиметров.

В спускаемый аппарат был помещен вымпел — металлический глобус Земли. Внутри глобуса находилась медаль с гербом нашей Родины.

Измерение параметров траектории полета станций и прогнозирование их движения осуществлялись специальным бортовым и наземным комплексами радиомерительных средств и вычислительными центрами. В результате траекторных измерений, выполненных после вывода станции «Венера-2»

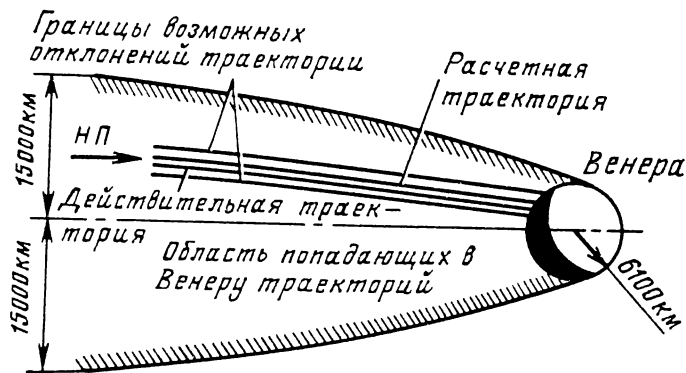


Схема сближения станции «Венера-3» с планетой Венера

на межпланетную орбиту, было установлено, что траектория полета станции близка к расчетной, и поэтому не было необходимости проводить коррекцию. 27 февраля автоматическая станция «Венера-2» прошла на расстоянии 24 тысяч километров от поверхности планеты.

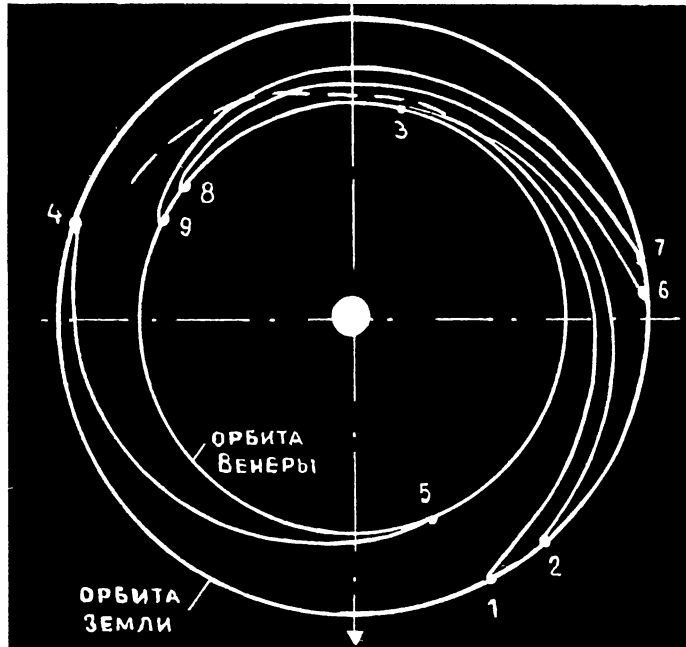
Коррекция траектории полета станции «Венера-3» была проведена 26 декабря, когда станция находилась на расстоянии около 13 миллионов километров от Земли. В результате проведенного маневра 1 марта 1966 года станция «Венера-3» достигла Венеры и доставила на поверхность ее выпел. Так была проложена первая межпланетная трасса и доказана возможность достижения планет Солнечной системы.

За время полета со станцией «Венера-3» было проведено 63 сеанса связи, со станцией «Венера-2» — 26 сеансов.

Эксперименты, выполненные с помощью автоматических станций «Венера-2» и «Венера-3», позволили решить ряд важных задач межпланетных полетов и получить данные о космическом и околопланетном пространстве в год спокойного Солнца. Разнообразный материал траекторных измерений явился большой ценностью для изучения проблем сверхдальней связи и межпланетных перелетов.

При полете «Венеры-2» и «Венеры-3» исследовались физические условия в межпланетном пространстве: магнитные поля, космические лучи, потоки заряженных частиц малых энергий, потоки солнечной плазмы и их энергетические спектры, космические радиоизлучения и микрометеоры.

Полет «Венеры-2» и «Венеры-3» показал, что условия работы станций в непосредственной бли-



Траектория полета советских автоматических межпланетных станций к Венере:

1 — старт «Венеры-2» 12 февраля 1965 года; 2 — старт «Венеры-3» 16 февраля 1965 года; 3 — прилет «Венеры-3» 1 марта 1966 года; 4 — старт «Венеры-4» 12 июня 1967 года; 5 — прилет «Венеры-4» 18 октября 1967 года; 6 — старт «Венеры-5» 5 января 1969 года; 7 — старт «Венеры-6» 12 января 1969 года; 8 — прилет «Венеры-5» 16 мая 1969 года; 9 — прилет «Венеры-6» 17 мая 1969 года

зости от планеты Венера еще слабо изучены — при приближении к планете наблюдался рост температуры, превышающий расчетные значения, радиосвязь со станциями нарушалась. Эти же явления наблюдались и на космическом аппарате «Маринер-2».

ВЕНЕРА РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ

То, что мы знаем — ограничено, а
то, чего мы не знаем — бесконечно.

П. Лаплас
Истина не лежит на поверхности.
Антуан Сент-Экзюпери

После запусков станций «Венера-2» и «Венера-3» прошло полтора года. Приближался новый наиболее благоприятный астрономический срок запуска станций к Венере.

В течение этих полутора лет ученые и конструкторы на основании материалов, полученных со станций «Венера-2» и «Венера-3», разрабатывали новый эксперимент, совершенствовали детали, узлы, приборы и системы. В многочисленных цехах заводов замысли и расчеты инженеров и ученых воплощались в реальные конструкции.

В лабораториях и на стендах изготовленные узлы, приборы, детали и системы подвергались многократным проверкам и испытаниям. Их «пытали» и жаром и холодом, давлением и вакуумом, подвергали действию коварных солнечных лучей и таким перегрузкам на центрифугах, что они становились в несколько сот раз тяжелее.

Сколько на этом пути творческого созидания было бессонных ночей, знают только создатели новой станции.

«ВЕНЕРА-4» — ВПЕРВЫЕ В АТМОСФЕРЕ ПЛАНЕТЫ

Наступил день 12 июня 1967 года. В 5 часов 39 минут в далекий космический путь отправилась автоматическая межпланетная станция «Венера-4».

Более четырех с лишним месяцев продолжался космический полет. За это время станция 114 раз входила в связь с Землей и передала большой объем информации о процессах, происходящих в космическом пространстве, и о работе бортовых систем станции.

18 октября 1967 года в 7 часов 34 минуты по московскому времени станция «Венера-4», преодолев около 350 миллионов километров пути, вошла в верхние разреженные слои атмосферы планеты. От станции отделился спускаемый аппарат, который огненной стрелой прочертил венерианский небосклон, затормозился в атмосфере планеты и на парашюте совершил почти полуторачасовой спуск, во время которого велась передача научной информации о давлении, температуре, плотности и химическом составе газов в атмосфере Венеры.

Впервые в атмосфере таинственной планеты были проведены научные исследования.

Каковы же результаты этого уникального космического эксперимента!

Измерения, выполненные на трассе Земля — Венера, подтвердили многие данные, полученные в прежних межпланетных полетах. Вместе с тем эти измерения показали, что в 1967 году интенсивность вспышек солнечных космических лучей, характеризующая солнечную активность, возросла в сотни раз по сравнению с 1964 — 1965 годами.

Наблюдениями на припланетном участке траектории было установлено, что поток космических частиц высоких энергий (до расстояния в 5 тысяч километров от поверхности Венеры) оставался постоянным и был равен потоку вдали от планеты. Ниже величина потока уменьшалась в связи с его поглощением планетой. Этот результат свидетельствует о том, что у Венеры нет радиационных поясов, подобных земным.

Измерения магнитного поля показали, что Венера не обладает магнитным полем, дипольный момент которого был бы более трех десятитысячных долей дипольного магнитного момента Земли.

Этот результат опроверг бытовавшее до тех пор мнение, что у всех планет Солнечной системы имеются магнитные поля, подобные земному.

Измерения потоков солнечной плазмы вблизи планеты показали, что на расстояниях от 19 до 12—13 тысяч километров от поверхности планеты происходит значительное возрастание потоков солнечной плазмы. Это объясняется прохождением станции через фронт ударной волны, образующейся при обтекании планеты как твердого тела сверхзвуковым потоком солнечного ветра с «вымороженным» в него магнитным полем.

Концентрация заряженных частиц в области верхней атмосферы Венеры (высоты более 100 километров) не превышает 1000 частиц в кубическом сантиметре, т. е. на два порядка меньше максимальной концентрации заряженных частиц в ионосфере Земли. Эти данные внесли ясность в спорный вопрос об ионосфере Венеры и отменили толкование, что концентрация заряженных частиц в ионосфере Венеры на несколько порядков выше концентрации в ионосфере Земли.

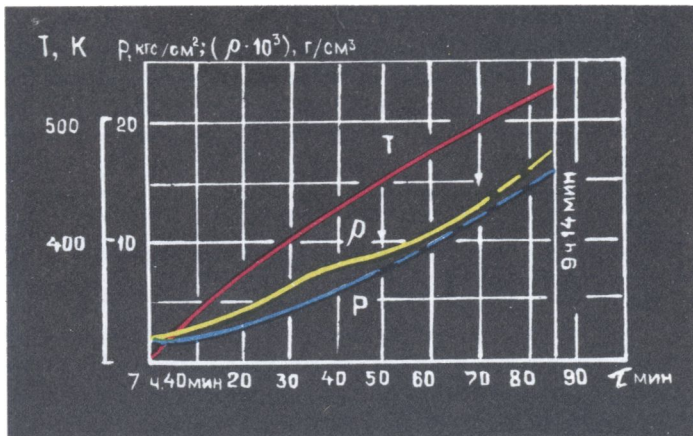
Было установлено, что уже на расстоянии около 10 тысяч километров от поверхности планеты в ее атмосфере присутствует нейтральный водород, образующий водородную корону Венеры, которая содержит в тысячу раз меньше водорода, чем верхняя атмосфера Земли. Атомарный кислород до высоты 200 километров не был обнаружен.

И, наконец, о главном, чего с нетерпением ждали ученые всего мира. Известно, сколь противоречивы были данные о температуре, давлении, плотности и составе газов в атмосфере Венеры. Теперь ученые имели в своих руках данные физических характеристик атмосферы планеты, полученные непосредственно из ее толщи.

Было установлено, что:

— основным компонентом атмосферы Венеры является углекислый газ — 90 ± 10 процентов. Кислорода — больше 0,4 процента, но меньше 1,5 процента, воды — не более 1,6 процента, азота — менее 7 процентов;

— на высоте 55 километров температура атмосферы равнялась -25°C и при снижении спускаемого аппарата до высоты 27 километров (окончание связи) она повысилась до $+270^{\circ}\text{C}$;

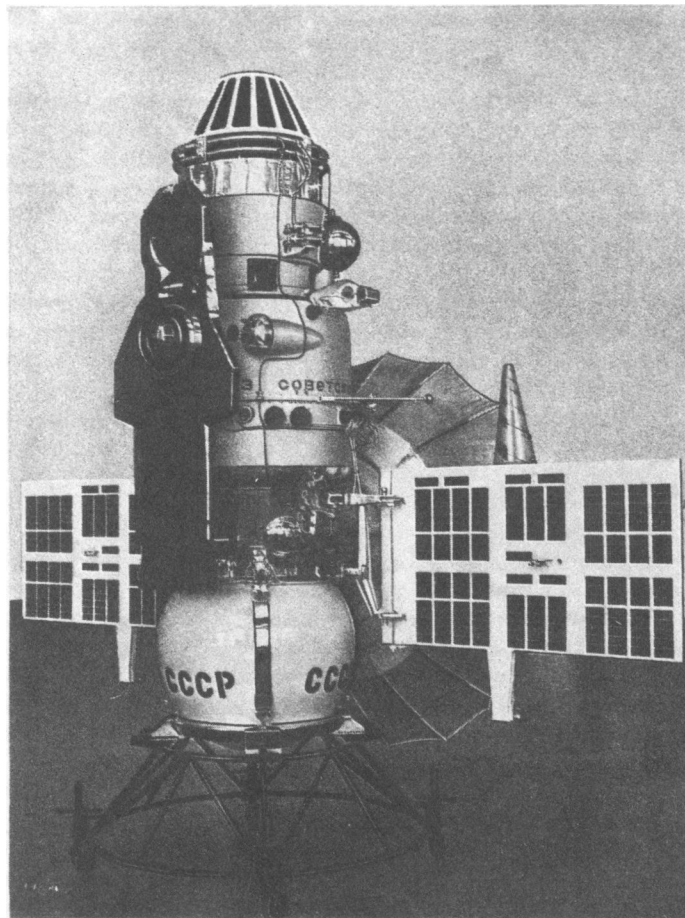


Данные измерений, выполненных автоматической межпланетной станцией «Венера-4» в атмосфере планеты

— атмосферное давление и плотность при снижении спускаемого аппарата с высоты 55 километров до 36 километров (предел измерений приборов) изменялись соответственно от 1 до 18,5 килограмма и $1,2 \cdot 10^{-3}$ до $[16,5 \div 18,3] \cdot 10^{-3}$ граммов на кубический сантиметр, что в среднем на порядок превышает максимальное значение плотности земной атмосферы.

Первоначально полагалось, что измерения были проведены вплоть до поверхности планеты.

Интересно отметить, что при столь высоких давлениях и плотности атмосферы Венеры закипание воды должно происходить при температуре свыше 200°C .



Автоматическая станция «Венера-5»

Как видим, условия на Венере далеко не райские и для человеческого существования совсем неподходящие.

Через сутки после спуска в атмосфере Венеры станции «Венера-4» вблизи планеты пролетел американский космический аппарат «Маринер-5», который с расстояния более 4000 километров производил радиопросвечивание верхних слоев атмосферы. Полученные им данные могли быть интерпретированы только после обработки результатов исследований состава атмосферы планеты, выполненных станцией «Венера-4», а также благодаря использованию данных, добытых в результате радиолокационных исследований Венеры.

Научные данные, полученные «Венерой-4», помогли понять и объяснить многие явления, происходящие на этой планете.

Но многие вопросы оставались еще не решенными, многие данные не были известны. Какие давление, плотность, температура и состав атмосферы у поверхности планеты? Каков состав облачного слоя и пород, слагающих поверхность? Какие процессы, происходящие на Венере, ответственны за высокие значения параметров атмосферы планеты и необычный ее состав? Каковы скорости воздушных потоков в атмосфере? Темно или светло на поверхности Венеры?

По последнему вопросу (да и по остальным) было много толкований.

Одни ученые утверждали, что благодаря мощному облачному покрову и большим давлениям свет к поверхности Венеры не приходит, другие придерживались обратного мнения — солнечный свет, рассеиваясь в облаках, создает ровное свече-

ние небосвода без теней, как бывает на Земле в облачный серый день. Третьи считали, что большая плотность атмосферы настолько сильно искривляет ход световых лучей (явление сверхрефракции), что наблюдатель, находящийся на Венере, не может видеть края ее горизонта, а видит, образно говоря, собственный затылок.

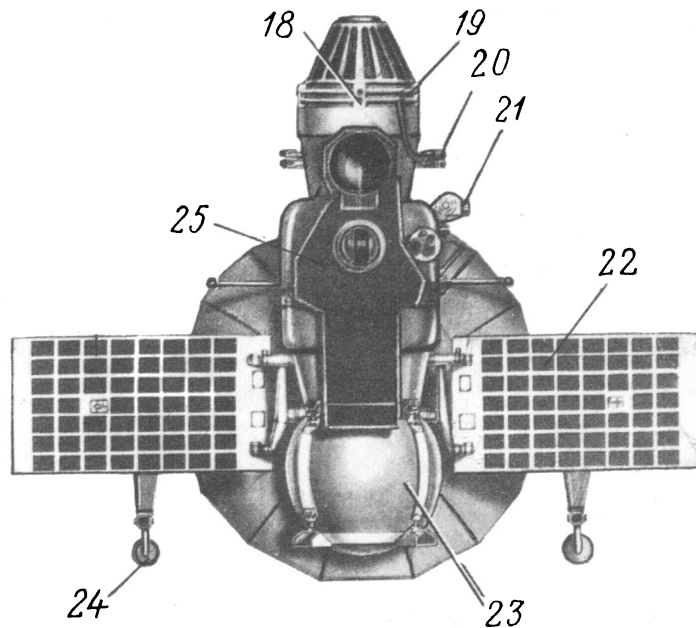
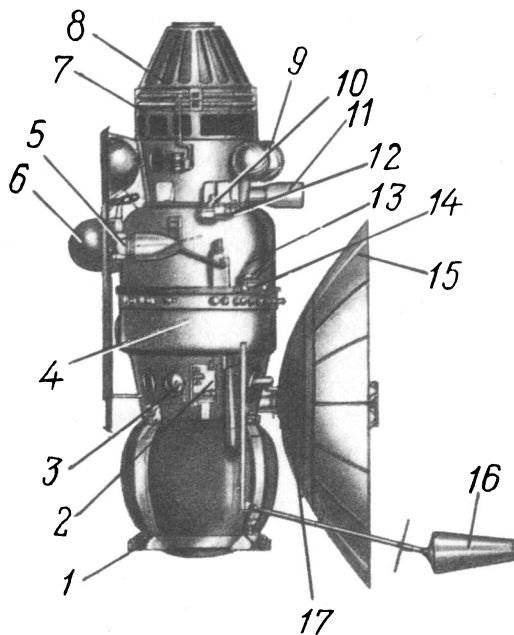
«ВЕНЕРА-5» — «ВЕНЕРА-6» — 20 КИЛОМЕТРОВ ДО ПОВЕРХНОСТИ!

Проанализировав ставшие уже историей данные, полученные со станции «Венера-4», и наметив новые задачи, ученые и конструкторы решили подготовить к очередному астрономическому сроку (начало января 1969 года) запуск на Венеру новых космических аппаратов.

Вновь наступила горячая пора у конструкторов, рабочих и испытателей. По данным полета станции «Венера-4», в конструкцию новых станций вносятся необходимые изменения. И снова жесткие, придирчивые испытания каждого узла, каждой системы, каждой детали холодом, огнем, вакуумом, давлением и солнечными излучениями, вибрацией и перегрузками.

Но вот все это уже позади. Перед нами созданные гением советских людей межпланетные автоматические станции образца 1968 года — сестры-близнецы «Венера-5» и «Венера-6», которым предстоит отправиться в далекий межпланетный рейс.

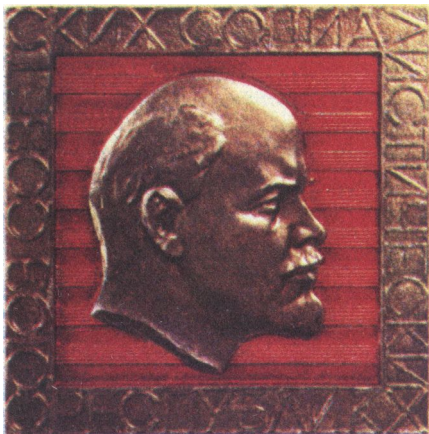
Закончены заводские испытания. Теперь станциям и ракетам-носителям, любовно называемым конструкторами «лошадками», предстоит далекий путь на космодром.



Компоновка автоматической межпланетной станции «Венера-5»:

1 — кольцо крепления станции к разгонному блоку; 2 — блок автоматики управления микродвигателями системы ориентации; 3 — баллоны высокого давления системы ориентации; 4 — осушители орбитального отсека; 5, 6, 10, 12 — датчики системы астроориентации; 7 — коллекторы газовой системы ориентации; 8 — корректирующая двигательная установка (КДУ); 9 — баллоны КДУ; 11 — бленда датчика ориентации;

13 — орбитальный отсек; 14 — ультрафиолетовый фотометр; 15 — остронаправленная параболическая антенна; 16, 24 — малонаправленные антенны; 17 — радиатор системы терморегулирования; 18, 19, 20 — микродвигатели системы ориентации; 21 — счетчик космических частиц; 22 — панели солнечных батарей; 23 — спускаемый аппарат; 25 — бликозащитный экран датчиков системы астроориентации



Вымпелы
станции
«Венера-5»

Только там, в светлом эллинге сборки, после целой серии испытаний и проверок, впервые встретятся станция и ракета-носитель, чтобы соединиться, встать на стартовый стол и на ревущей огнедышащей упряжке реактивных двигателей подняться в космическую даль и там навсегда расстаться.

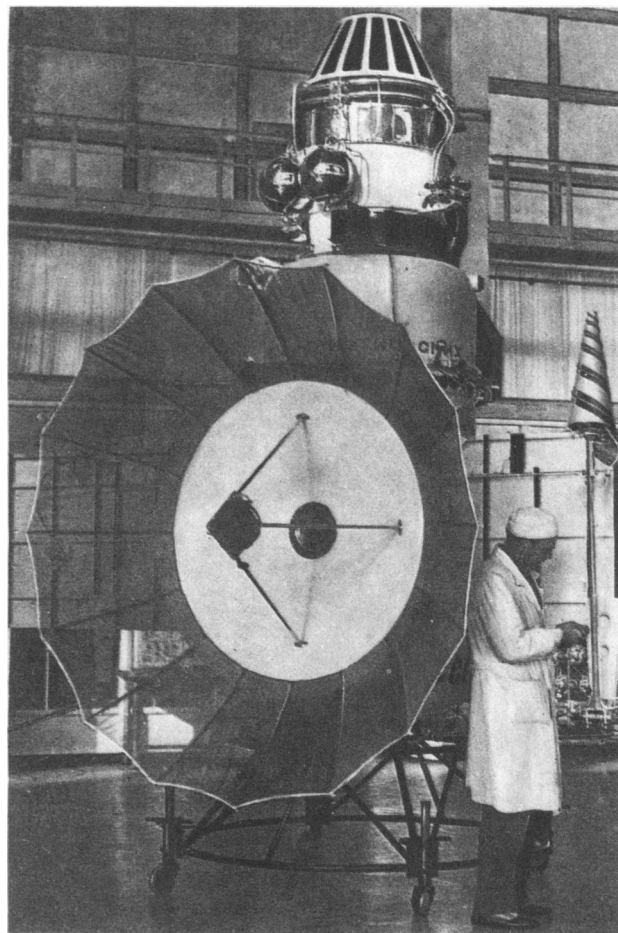
И хотя мы уже мало удивляемся, читая в газетах о запусках спутников серии «Космос», спутников дальней космической связи «Молния-1», метеорологических спутников системы «Метеор», многотонных научных лабораторий «Протон», автоматических станций, следующих к Луне, Венере, не следует забывать, что каждый запуск ракеты с космическим аппаратом на борту — это итог самоотверженного труда тысяч специалистов. Каждый запуск — это радостный и тревожный праздник для всех, кто принимал участие в создании нового космического аппарата. Это день его рождения.

Приближается запуск станций «Венера-5» и «Венера-6».

Запуск двух однотипных автоматических станций преследовал цель провести практически одновременно измерение параметров атмосферы Венеры в двух различных районах планеты. Это придавало космическому эксперименту по исследованию атмосферы Венеры новое качество.

Астрономические часы строго определили месяц, дни, часы, минуты и секунды, когда Земля займет наивыгоднейшее положение для старта.

Наступил день 5 января 1969 года. Космодром. 9 часов 38 минут. Истекают последние секунды перед стартом. Напряжены и полны сосредоточенного внимания люди на командном пункте, наблюдательных пунктах, в Центре дальней космической



Автоматическая станция «Венера-6»

связи в координационно-вычислительном центре. Коротко, по-деловому звучат в репродукторах и наушниках последние слова команд: «Ключ на дренаж», «Пуск», «Протяжка два», «Зажигание», «Отрыв ШР», «Подъем».

Громоподобный раскат обрушивается на Землю. Основание ракеты скрывается в клубах дыма и пламени. Тело ракеты вздрагивает, приподнимается со стола и вначале медленно, а затем все быстрее и быстрее устремляется ввысь, унося с собой раскаленные столбы пламени, шлейф дыма и потрясающий рев реактивных двигателей.

Прошло всего несколько десятков секунд, еще не рассеялись облака дыма и пыли на старте, и только сверкающая точка да слабый гул, несущийся из небесной выси, говорят о свершившемся событии. А в репродукторе опять слышен спокойный голос: «30 секунд, полет нормальный», «100 секунд, полет нормальный», «Отделилась первая ступень — полет нормальный», «Последняя ступень с автоматической станцией вышла на орбиту спутника Земли — полет нормальный», «Параметры орбиты...»

На светящейся карте в зале координационно-вычислительного центра луч прочерчивает проекцию пути ракеты.

И вот, когда светящаяся точка движется над простором Атлантического океана в районе Гвинейского залива, голос оператора сообщает: «Положение ракеты нормальное», «Наступает время второго старта», «Сработали пирозапалы», «Зажигание», «Старт», «Двигатель последней ступени отработал расчетное время», «Произошло разделение», «Центр дальней космической связи ведет прием телеметрической информации», «Раскрылись

антенны и панели солнечных батарей», «Давление и температура в отсеках станции, ток солнечных батарей в норме», «Связь со станцией устойчивая», «Станция вышла на траекторию полета к Венере, близкую к расчетной!!!».

Ровно через пять дней в полет ушла и станция «Венера-6».

Впереди около четырех месяцев полета станций по тернистым дорогам космического пространства к своей цели — Венере.

Теперь власть над станциями берут в свои руки радисты и специалисты по управлению. Они с помощью автоматических радиосредств, приборов управления, установленных на борту станций и на Земле, будут вести с ними дальний «радиоразговор». Это они будут узнавать, как работают приборы и системы станций, какой температурный режим и какое давление в их отсеках. Это они совместно с баллистами будут проводить траекторные измерения, определять, по какой дороге в космосе совершают станции свой путь.

На полную мощность заработали электронно-вычислительные машины координационно-вычислительного центра, переводящие голос радиосигналов станций в понятные специалистам колонки цифр и графиков.

На светящемся табло координационно-вычислительного центра неоновые огоньки в общепонятной форме высвечивают значения различных параметров, характеризующих работу аппаратуры и систем станций, а также время их полета с начала старта.

Пока станции будут совершать четырехмесячный полет к Венере, познакомимся с их устройством.

Как вы помните, станции отправились в полет закутанными в свое белоснежное одеяние — теплоизоляцию, цель которой вместе с системой терморегулирования обеспечить в герметических отсеках и на корпусе станции заданный программой полета температурный режим.

Освободим станцию, ну хотя бы «Венеру-5», на время от ее космической «шубы», подадим команды на механизмы, управляющие раскрытием панелей солнечных батарей и антенн, и ознакомимся с ее устройством. Она похожа и непохожа на своих предшественниц — «Венеру-2», «Венеру-3» и «Венеру-4». Она взяла от них все, что прошло испытание космосом, отбросив или переделав те элементы конструкции и системы, целесообразность и надежность которых не были подтверждены в полете ее предшественниц.

Основным силовым элементом конструкции станции является цилиндрический орбитальный отсек, к которому, с одной стороны, монтируется корректирующая двигательная установка, а с противоположной, на специальных замках, — спускаемый аппарат — научная лаборатория, предназначенная для проведения исследований в атмосфере Венеры. К орбитальному отсеку крепятся панели солнечных батарей, которые в полете, будучи постоянно ориентированы на Солнце, преобразуют световую энергию в электрическую и подзаряжают буферные батареи — химические источники электрической энергии — орбитального отсека спускаемого аппарата. На панелях солнечных батарей установлены две конические спиральные антенны бортового радиоконтекста.

На орбитальном отсеке смонтированы: парабол-

лическая (остронаправленная) антенна радиоконтекста, основание которой выполняет роль радиатора-теплообменника системы терморегулирования, оптические датчики системы астроориентации; исполнительные органы системы астроориентации — микродвигатели, работающие на сжатом газе; баллоны со сжатым газом; датчики научных приборов, обеспечивающие проведение научных исследований на трассе полета и в околопланетном пространстве.

Перед стартом для уменьшения габаритных размеров панели солнечной батареи и антенны складываются, а по окончании работы двигателей последней ступени ракеты-носителя происходит отделение станции, и все указанные элементы конструкции занимают рабочее положение.

Орбитальный отсек представляет собой герметический контейнер, рассчитанный на работу в космических условиях. В контейнере размещаются аппаратура, приборы и системы станции, необходимые на трассе перелета Земля — Венера. К ним относятся: бортовой радиоконтекст; системы терморегулирования и управления; блоки системы астроориентации; научная аппаратура; система энергоснабжения; химические источники тока.

Как уже отмечалось, при разработке всех этих приборов и систем особое внимание было обращено на обеспечение высокой надежности работы всего комплекса. Помимо суровых испытаний, которым подвергались все приборы и системы станции, в схемах приборов, аппаратуры и систем широко применено резервирование — дублирование, а в некоторых случаях, в особо ответственных местах, и тройное резервирование блоков, приборов, а зачастую и целых схем.

Каждая из перечисленных систем станции выполняет в полете строго определенные функции, предписанные ей программой полета.

Рассмотрим работу одной из основных систем станции — радиоконкомплекса орбитального отсека.

Радиоконкомплекс состоит из двух частей — приемной и передающей, которые работают в нескольких режимах, обеспечивая: управление приборами, аппаратурой и системами станций (командная радиолиния); телеметрические измерения (непосредственная передача значений параметров, характеризующих работу всех систем станции в сеансах связи); регистрацию на запоминающем электронном устройстве, воспроизведение и передачу на Землю накопленной между сеансами связи научной информации и данных о работе системы астроориентации; проведение совместно с наземным радиоконкомплексом траекторных измерений — определение местонахождения станции по угловым координатам, скорости и дальности.

Прием управляющих сигналов-команд, передача информации с борта станции на Землю и проведение траекторных измерений на трассе перелета Земля — Венера осуществляются через одну из трех антенн, установленных на борту станции: остронаправленную параболическую диаметром 2330 миллиметров или одну из двух всенаправленных антенн в зависимости от задач сеанса связи и степени удаления станции от Земли.

В состав радиоконкомплекса для решения поставленных задач входят два комплекта приемников, два комплекта передатчиков, дешифраторы, блоки автоматики и формирования сигнала, модулирующие устройства, задающие генераторы, телеметри-

ческие коммутаторы и целый ряд других блоков и устройств. Управление работой этого сложного радиоконкомплекса осуществляется либо автоматически от бортового программно-временного устройства, либо по радиокомандам с Земли.

Каждый сеанс радиосвязи имеет свое определенное значение и должен выполняться строго в соответствии с установленной программой, так как все команды логически увязаны одна с другой и невыполнение одной из них может задержать проведение сеанса или вовсе отменить его.

В зависимости от назначения проводятся следующие сеансы связи:

- приземный, в котором тщательно проверяется работа всех бортовых систем и проводятся траекторные измерения;

- типовой сеанс телеметрических измерений и передачи научной информации на траектории полета;

- типовой сеанс траекторных измерений на траектории полета, в котором определяются дальность, скорость станции и ее положение в пространстве;

- сеанс астрокоррекции траектории полета станции;

- припланетный сеанс связи до входа в атмосферу Венеры.

Говоря о работе радиоконкомплекса станции, нужно отметить ту трудность, которую вносят в его работу космические расстояния. На Земле мы привыкли к тому, что радиоволны, посланные с радиостанции, достигают приемников мгновенно. Совсем другое дело связь на межпланетных расстояниях—

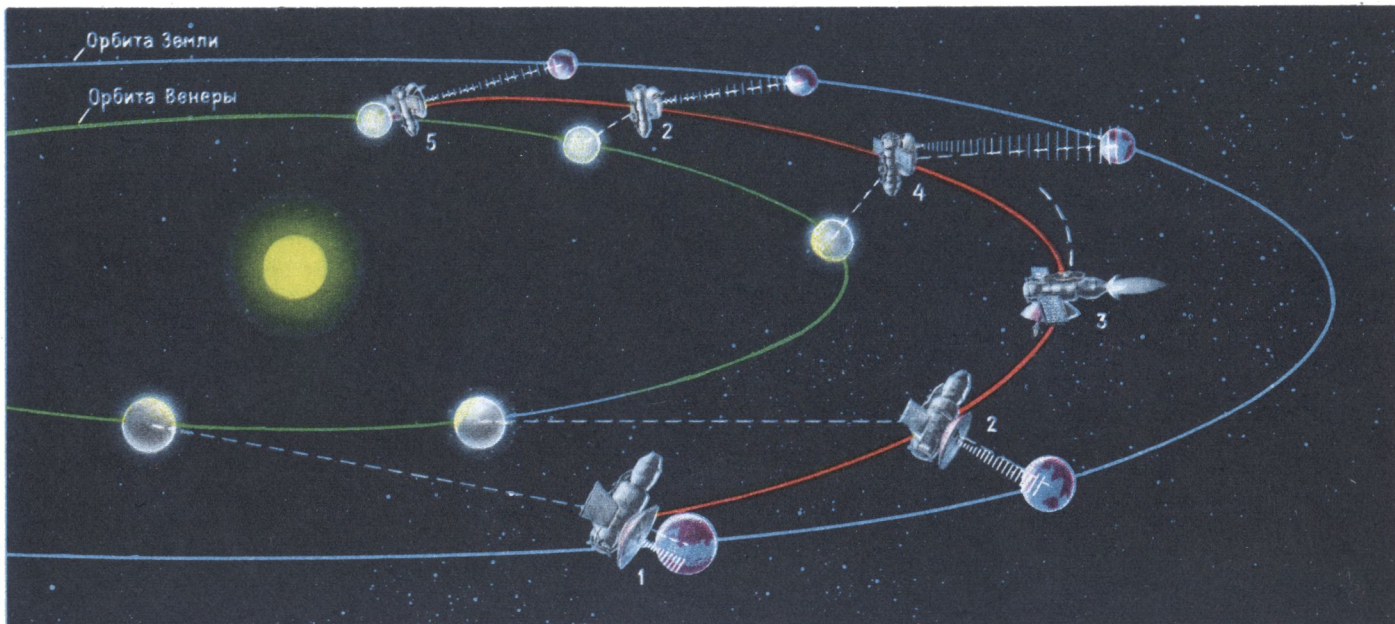


Схема полета станции «Венера-5» с сеансами связи:

- 1 — приземный сеанс связи; 2 — сеанс связи на остронаправленной антенне;
 3 — сеанс астрокоррекции; 4 — сеанс связи на малонаправленной антенне;
 5 — припланетный сеанс связи

от подачи команды до ее исполнения проходит несколько минут. На завершающем этапе полета от подачи команды до получения ответа с борта станции проходит время, за которое можно спокойно сделать зарядку или выпить стакан чая с пирожным. Так что команды с Земли подаются в соответствии с теми временными интервалами, которые определены программой полета.

Между сеансами связи радиоаппаратура станции находится в дежурном режиме, т. е. включен только один комплект приемника и соответствующая электронная аппаратура, обслуживающая командную радиолинию станции. По получении команды с Земли управляющие устройства подключают те или иные блоки радиокомплекса, системы и аппаратуру станции, которые по этой команде должны вступить в работу.

В соответствии с заложенной программой автоматически или по командам с Земли происходит переключение комплектов приемо-передающей аппаратуры и блоков радиокомплекса.

Таким образом, в случае выхода из строя какого-либо прибора или элемента схемы его всегда готов заменить резервный прибор или резервная схема.

Нужно отметить, что за все время полета станций «Венера-5» и «Венера-6» к подобным мерам прибегать не пришлось. Аппаратура работала безотказно.

Говоря о работе космического радиокомплекса, нужно помнить и о других больших трудностях, которые крайне усложняют радиосвязь. К ним относятся прежде всего радиозумы, исходящие от Солнца, других звезд, созвездий и туманностей.

Ведь радиосигналы станции на больших расстояниях слабеют и становятся соизмеримыми с шумами. Сигналы надо, как говорят радисты, выделить из этих шумов, отфильтровать, усилить и превратить в четкие сигналы, которые фиксируются на магнитной ленте запоминающих устройств Центра управления, вводятся в вычислительные машины и преобразуются в цифровые или графические данные.

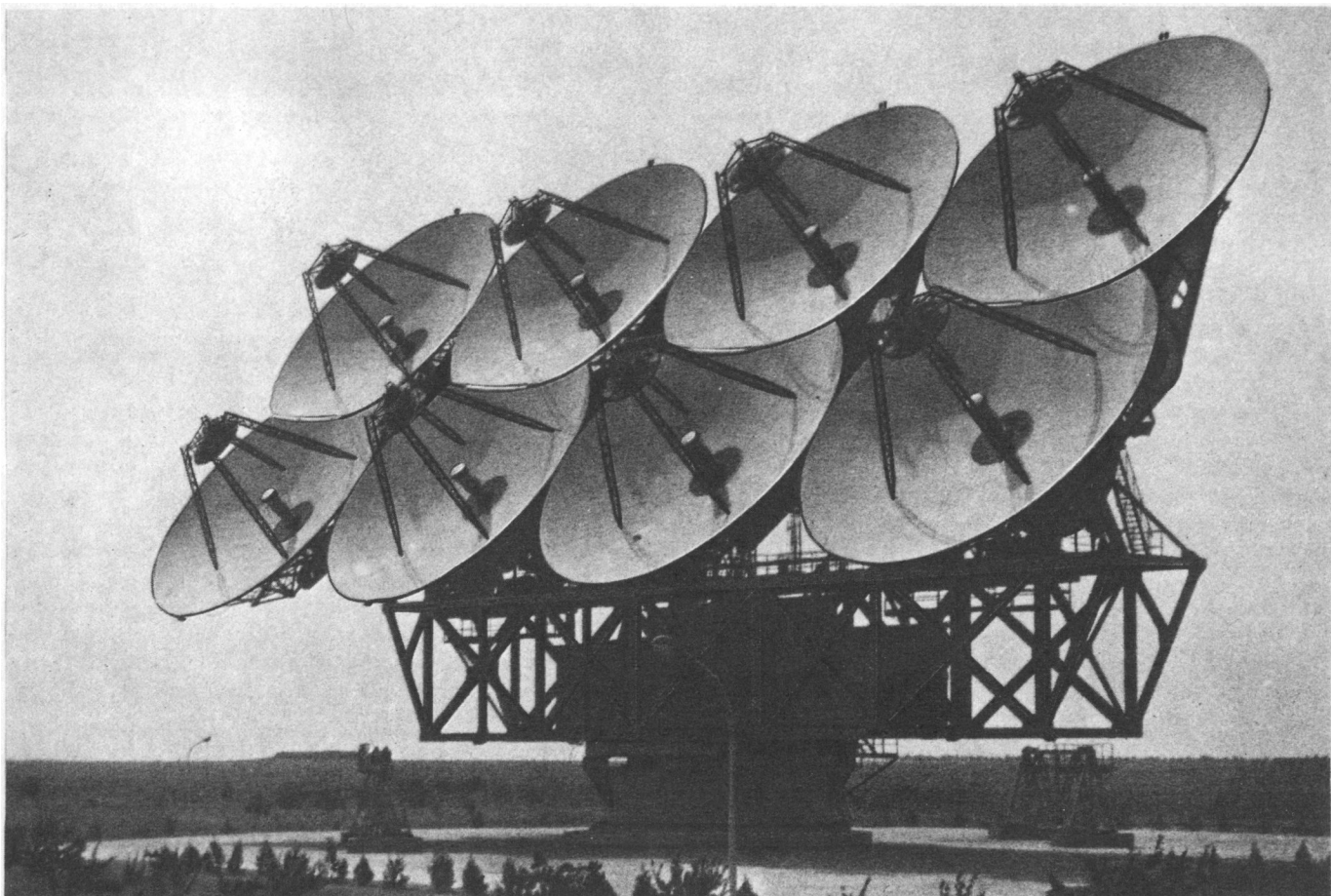
Другой причиной, усложняющей радиосвязь, является большое нарастание скорости движения станции во время подлета к планете, когда передается наиболее ценная научная информация. При этом в соответствии с так называемым эффектом Доплера происходит изменение длины радиоволны в связи со значительным изменением скорости передатчика относительно наземного приемника.

С этими трудными задачами блестяще справились инженеры и операторы в Центре дальней космической связи, обеспечившие надежную работу приемных антенн и всей аппаратуры.

Когда видишь эти восемь 16-метровых чаш антенны Центра дальней космической радиосвязи, собранных на одной ферме, кажется невероятным, что эта махина высотой с десятиэтажный дом может с точностью в несколько угловых минут отслеживать полет станции, двигаться на своих опорах с удивительной легкостью, выполняя волю операторов.

Для нормальной работы бортовой радиокомплекса и все остальные системы станции должны быть обеспечены электроэнергией.

В состав системы энергоснабжения станции помимо солнечных батарей — полупроводниковых преобразователей, которые занимают площадь 2,5 ква-



Антенна Центра дальней космической связи

дратных метра, и химических батарей-аккумуляторов входят преобразователи тока, блок контроля источников питания, счетчик ампер-часов и система регулирования.

Указанные устройства обеспечивают работу систем станции в диапазоне от десятков до нескольких сот ватт потребляемой мощности.

В связи с тем, что световой поток от Солнца при приближении станции к Венере возрастает по закону квадрата расстояния, а следовательно, возрастает и количество электроэнергии, вырабатываемой солнечными батареями, что может привести к перезарядке химических источников тока, в программе полета предусмотрены соответствующие переключения участков панелей солнечной батареи, позволяющие поддерживать величину тока в заданных пределах.

Одной из основных жизненно важных систем станции, от нормальной работы которой зависит успешная работа остальных систем, является система терморегулирования. В начале полета она должна предохранить станцию от замерзания, а при полете к Венере — от всеиспепеляющих лучей Солнца. Задачи диаметрально противоположные.

Необходимый тепловой режим элементов конструкции и бортовых систем обеспечивается сочетанием пассивных и активных способов терморегулирования.

Пассивная система терморегулирования представляет собой теплоизоляцию и соответствующие красочные покрытия; теплоизоляция не позволяет резко меняться тепловому потоку как в минусовую, так и в плюсовую сторону, а окраска поверхности обеспечивает необходимое теплоизлучение излиш-

ков тепла конструкцией станции или, наоборот, его приобретение там, где температура на элементах конструкции не должна понижаться ниже заданного предела.

Активный способ реализуется воздушной системой терморегулирования герметических отсеков с вентиляторами обдува, теплообменником-радиатором, датчиками температуры, системой регулирования, трубопроводами и клапанами.

К работе этой системы были предъявлены самые высокие требования во время стендовых отработок на Земле.

Но не все режимы работы можно проверить испытаниями в земных условиях. Например, невозможно воспроизвести состояние невесомости в течение длительного времени, при котором картина распределения тепла в отсеках станции коренным образом меняется, так как в этом случае из теплового обмена целиком и полностью исключается конвекция. Поэтому в системе терморегулирования помимо вентилятора, который обеспечивает обмен воздуха между отсеками станции и теплообменником, в местах с наибольшим тепловыделением поставлен ряд вентиляторов обдува, которые работают тогда, когда работает тепловыделяющий прибор или система.

Работает система терморегулирования по следующему циклу. В течение полета основным источником тепла в отсеках станции является работающая аппаратура станции. Происходит постепенное повышение температуры в отсеках. При достижении верхнего предела срабатывания по команде от термодатчика открывается клапан, воздух из отсека поступает в теплообменник (холодный контур), от-

дает его стенкам тепло, которое излучается в космос. Сам воздух охлаждается и вновь поступает в отсеки станции, где отбирает тепло от нагретых приборов и опять возвращается в теплообменник. Так продолжается до тех пор, пока температура в отсеках не понизится до нижнего предела срабатывания; тогда клапан закрывается, и весь цикл с накоплением тепла повторяется вновь.

В таком режиме система терморегулирования работает примерно половину времени полета. А затем уже существенное влияние на баланс тепла станции начинает оказывать лучистая энергия Солнца. Поэтому предусмотрен режим постоянного включения холодного контура, обеспечивающий необходимый тепловой режим в отсеках станции на второй половине пути.

Кажется все просто, но этой простоты удалось добиться лишь благодаря опыту полетов предыдущих станций, большой серии наземных экспериментов и кропотливой работе конструкторов и инженеров-расчетчиков.

В результате система терморегулирования сработала в полете блестяще; нигде в отсеках станции температура не превышала 20—25°C. Наиболее благоприятный режим для работы всех приборов и систем станции был обеспечен.

Положение корабля на океанских просторах определяет штурман с помощью небесных светил. Произведя расчет и вычислив отклонение корабля от заданного курса, он подает команду рулевому на изменение курса, а в машинное отделение — команду на изменение скорости корабля с тем, чтобы обеспечить своевременное прибытие его в порт назначения.

Так и наши посланцы, станции «Венера-5» и «Венера-6», должны были прибыть точно на пункт назначения — планету Венера — в определенное время, чтобы момент их прибытия мог быть зафиксирован Центром дальней космической связи, расположенным на территории Советского Союза.

Роль штурмана дальнего плавания и силовой установки на наших станциях выполнили система астроориентации и корректирующая двигательная установка. Как они справились с этой задачей!

Основных режимов работы системы астроориентации три.

Первый режим — так называемый режим постоянной солнечной ориентации. В этом режиме панели солнечной батареи всегда направлены на Солнце и обеспечивают подзарядку химических источников тока — аккумуляторов. Не будь этого режима, станция через несколько дней вышла бы из строя.

Этот режим обеспечивается с помощью опико-электронного датчика постоянной солнечной ориентации. Если Солнце находится в центре поля зрения датчика, то сигнал рассогласования равен нулю, и никакие управляющие команды на исполнительные органы [микродвигатели] системы управления не поступают.

Если Солнце уходит из поля зрения датчика, то наступает разбаланс электронных цепей, система управления включает управляющий микродвигатель, который сообщает станции необходимый импульс и возвращает ее в исходное положение.

Ввиду того, что режим ориентации панелей солнечной батареи жизненно важен для работы всех систем станции, он задублирован режимом гиро-

скопической закрутки станции вокруг оси, перпендикулярной поверхности панелей солнечной батареи.

Предварительно с помощью другого солнечного датчика панели ориентируются на Солнце.

Второй режим — режим ориентации параболической антенны на Землю. В этом режиме, когда наиболее эффективно используется вся мощность бортового передатчика, так как радиосигналы фокусируются антенной в узкий пучок и направляются на Землю, имеется возможность осуществить передачу наибольшего количества информации при максимальной величине сигнала. Это особенно важно, когда станция удалена от Земли на десятки миллионов километров.

Для проведения этого режима в системе астроориентации имеются две подвижные «трубы» — одна с солнечным, другая с земным датчиками.

По данным траекторных измерений, проведенных с помощью бортового и наземного радиокомплексов, вычисляются значения двух углов — угла между продольной осью станции и направлением на Солнце и угла Солнце — станция — Земля.

По радиолинии значения этих углов передаются в блок памяти системы управления. По команде с Земли солнечная и земная «трубы» выставляются [разворачиваются] на эти углы, после чего начинается сеанс ориентации на Землю.

При этом с помощью микродвигателей системы управления солнечный датчик разворачивается в направлении на Солнце, затем происходит совмещение продольной оси станции с направлением на Солнце, после чего станция разворачивается вок-

руг своей оси до захвата Земли земным датчиком; при этом параболическая антенна оказывается направленной на Землю с точностью в несколько угловых минут, и начинается сеанс радиосвязи с Землей.

По окончании этого сеанса станция с помощью тех же микродвигателей, системы управления и солнечных датчиков переводится опять в режим постоянной солнечной ориентации.

Третий режим — режим коррекции траектории.

Как уже отмечалось, во время выведения станций на траекторию полета к Венере и во время полета на них действуют сила тяги двигательной установки, импульсы от двигателей системы стабилизации, поля тяготения Земли, Солнца, Луны и планет и целый ряд других факторов. Величины воздействующих сил не всегда известны точно и не все их можно учесть. В результате этого истинная траектория полета станций отличается от расчетной. Очевидно, требуется определить величину этого расхождения и соответствующим образом скорректировать траекторию полета станций. По данным траекторных измерений было выяснено это расхождение, были определены величина и направление корректирующих импульсов и значения углов, на которые предварительно должны быть развернуты станции в пространстве перед коррекцией.

По радиолинии значения величин углов, время работы корректирующей двигательной установки были переданы в виде уставок (цифрового кода) в электронные блоки памяти станций.

Наступил очень ответственный режим полета станций — режим коррекции.

В этом режиме необходима высокая точность

ориентации и работы корректирующей двигательной установки.

Опорными светилами при проведении этого сеанса являлись Солнце и звезда Сириус. Относительно направлений на эти светила и осуществлялась ориентация станций; для этого были рассчитаны значения углов ориентации, заложенные в память станций.

Во время сеансов коррекций обе станции были соориентированы таким образом, чтобы при работе корректирующей двигательной установки можно было ликвидировать рассогласование между траекториями — истинной и расчетной, обеспечить падение станций в заданные районы Венеры и прилет их в расчетное время — около 9 часов по московскому времени 16 мая 1969 года для станции «Венера-5» и 17 мая 1969 года для станции «Венера-6», когда Венера находилась в зоне радиовидимости антенн Центра дальней космической радиосвязи.

Район входа в атмосферу Венеры выбирался с учетом следующих соображений. Так как максимум диаграммы направленности передающей антенны спускаемого аппарата совпадает с его продольной осью, то при спуске на парашюте диаграмма направленности будет совпадать с местной вертикалью. Если во время снижения направление местной вертикали будет совпадать с направлением Венеры — Земля, то, очевидно, сигнал, принимаемый на Землю, будет наиболее сильным. Поэтому наиболее благоприятный район входа станции в атмосферу Венеры лежит в центре видимого с Земли диска планеты.

При этих условиях подлет к Венере осуществля-

ется всегда с теневой стороны планеты, и точка входа в атмосферу находится на неосвещенной стороне Венеры. Для станций «Венера-5» и «Венера-6» точка входа в атмосферу Венеры находилась на ночной стороне планеты на расстоянии 2700 километров от линии терминатора, т. е. границы дня и ночи.

Вход аппарата в атмосферу планеты должен быть осуществлен под определенным углом. При столь плотной атмосфере, какая наблюдается на Венере, величина угла входа аппарата в атмосферу имеет большое значение. Слишком крутой вход приводит к резкому возрастанию перегрузок и значительному нагреву спускаемого аппарата во время аэродинамического торможения в атмосфере планеты, что может привести к его разрушению. При малых углах входа, т. е. пологом входе, возможен «незахват» космической станции атмосферой планеты, при этом торможение в верхних слоях атмосферы окажется недостаточным и вместо погружения в атмосферу произойдет рикошет — станция, изменив свою траекторию, пролетит мимо планеты. Поэтому существует некоторый допустимый диапазон углов входа в атмосферу.

Для станций «Венера-5» и «Венера-6» углы входа в атмосферу планеты составили 63—65 градусов относительно местного горизонта, а скорость входа — 11,18 километра в секунду.

Для осуществления ориентации станций требуются очень небольшие моменты сил, создаваемые микродвигателями. Величина моментов, возникающих при работе корректирующего двигателя, на несколько порядков превышает величину моментов от микродвигателей, поэтому после окончания про-

цесса ориентации станции по Солнцу и звезде Сириус перед включением корректирующего двигателя в работу вступает гироскопическая система стабилизации, управляющая работой двигателей стабилизации и обеспечивающая стабилизацию станции до окончания работы корректирующего двигателя.

14 и 16 марта 1969 года, когда станции «Венера-5» и «Венера-6» находились от Земли на расстоянии соответственно 15,5 и 15,7 миллиона километров, в строго расчетное время по команде от бортовых программно-временных устройств включились корректирующие двигатели, которые, проработав заданное время, перевели станции на траектории, обеспечивающие попадание их в заданный район планеты Венера.

Траекторные измерения, проведенные после сеанса коррекции, подтвердили правильность баллистических расчетов и высокую точность их реализации. Момент входа станций в атмосферу Венеры прогнозировался с точностью в несколько секунд, а координаты района входа — с точностью до 200 километров. Поскольку первая коррекция была выполнена с высокой точностью, второй коррекции не потребовалось, хотя программой полета она и предусматривалась.

Наступил новый этап работы. Приближались припланетные сеансы связи и проведение исследований при снижении спускаемых аппаратов в атмосферу Венеры.

Необходимо было еще и еще раз проверить аппаратуру орбитальных отсеков и спускаемых аппаратов станций и всю наземную командно-приемную часть радиоконтекста.

Что же представляет собой спускаемый аппарат?

Спускаемый аппарат по форме близок к шару, диаметром около одного метра, массой 405 килограммов. Наружная поверхность шара, особенно его нижняя часть, снабжена мощной теплозащитой, задерживающей приток тепла с поверхности шара в герметический контейнер во время движения спускаемого аппарата в плотных слоях атмосферы. Ведь спускаемый аппарат входит в атмосферу со второй космической скоростью — около 11 километров в секунду, и за ударной волной, возникающей перед аппаратом, в результате аэродинамического торможения температура превышает $10\,000^{\circ}\text{C}$. От такой температуры поверхность спускаемого аппарата не горит, а просто испаряется.

Кроме того, во время торможения возникают громадные перегрузки, в результате которых сила тяжести каждого элемента спускаемого аппарата примерно в 450 раз больше, чем на Земле в нормальных условиях.

Только эти два обстоятельства показывают, какие трудности стояли перед создателями спускаемого аппарата.

Спускаемый аппарат состоит из двух изолированных друг от друга отсеков: верхнего — парашютного и нижнего — приборного.

В парашютном отсеке размещается двухкадная парашютная система, состоящая из тормозного и основного парашютов. Ткань этих парашютов сохраняет необходимую механическую прочность при температурах выше 500°C .

В этом отсеке также находятся передающая антенна радиоконтекста, датчики научной аппаратуры



Спускаемый аппарат

и антенны радиовысотомера. Парашютный отсек снабжен сбрасываемой герметической крышкой.

В приборном отсеке спускаемого аппарата размещаются бортовой радиопередатчик, программно-временное устройство, блоки автоматики, телеметрическая система, радиовысотомер, аккумуляторная батарея, система терморегулирования и научная аппаратура.

Для повышения устойчивости движения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры и уменьшения амплитуды его колебаний в нижней его части установлен специальный механический демпфер.

В спускаемых аппаратах находились космические паспорта станций — вымпелы с барельефом Владимира Ильича Ленина и изображением Герба Советского Союза.

Нужно отметить, что спускаемые аппараты станций «Венера-5» и «Венера-6» были подвергнуты конструктивным изменениям по сравнению со спускаемым аппаратом станции «Венера-4». Ведь спускаемый аппарат станции «Венера-4» создавался в то время, когда диапазон предполагаемых давлений и температур у поверхности Венеры колебался от одного до сотен килограмм-сил на квадратный сантиметр и от -30 до $+400^{\circ}\text{C}$, поэтому он был создан на среднюю модель атмосферы Венеры и мог выдерживать давление около 20 кгс/см^2 .

Значения параметров атмосферы, полученные в результате предварительной обработки со станции «Венера-4» при отметке радиовысотомера, равной 28 километрам, и в более глубоких слоях, хорошо совпали с величиной пройденного пути при снижении аппарата в атмосфере планеты с момента получения отметки высоты до момента прекращения

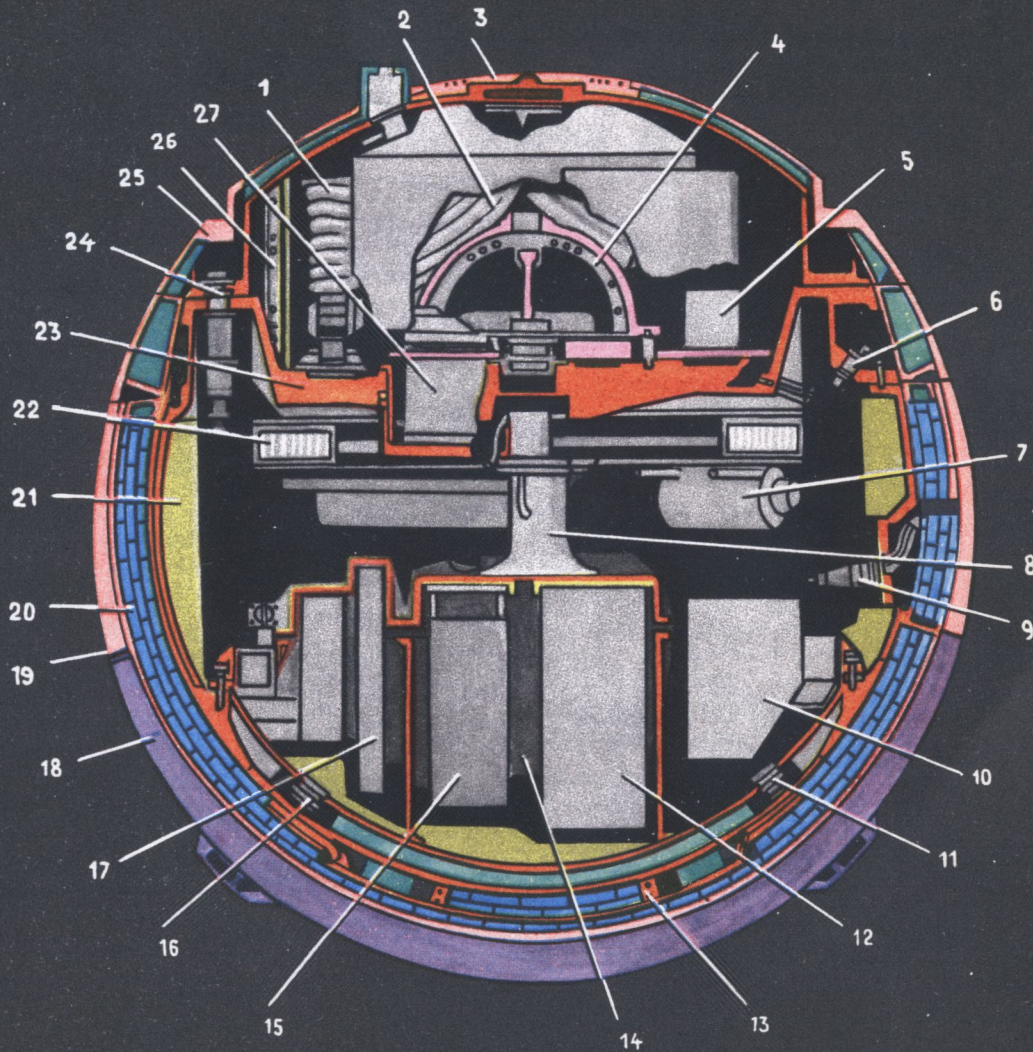
связи. Полученные при этом данные хорошо согласовались со значением высоты, рассчитанным из условий гидростатического равновесия атмосферы.

Такое совпадение результатов, полученных разными методами, давало основание сделать вывод, что измерение параметров атмосферы производилось спускаемым аппаратом станции «Венера-4» до самой поверхности планеты.

В результате дальнейшей тщательной обработки данных, полученных зондированием атмосферы Венеры станцией «Венера-4», вместе с данными последних радиоастрономических, радиолокационных исследований, а также с данными, полученными с аппарата «Маринер-5», ученые высказали предположение, что значения давления и температуры у поверхности планеты более высокие, чем показывала станция «Венера-4». При этом учитывалась одна особенность в работе радиовысотомера станции «Венера-4»: показаниям радиовысотомера могли соответствовать два значения высоты, различающиеся друг от друга в 30—40 километров. Это явление неоднозначности свойственно всем радиовысотомерам с периодической модуляцией частоты, а незнание свойств атмосферы Венеры могло привести к тому, что раскрытие парашюта и начало измерений начались значительно раньше расчетных значений высоты за верхним порогом неоднозначности. Поэтому были высказаны соображения, что измерения, производимые со спускаемого аппарата станции «Венера-4», были начаты на высоте 55 километров, а не на 28 километрах и прекратились на высоте 27 километров над поверхностью планеты, когда внешнее давление атмосферы, достигнув величины, большей предельной для проч-

**Компоновка
спускаемого
аппарата:**

1 — тормозной парашют; 2 — основной парашют; 3 — крышка пиротолкателя; 4 — передающая антенна; 5 — датчик плотнотемера; 6 — плазовый зарядный клапан; 7 — осушитель; 8 — вентилятор системы терморегулирования; 9 — гермовывод; 10 — блок коммутации; 11, 16 — датчики ускорений; 12 — передатчик; 13 — механический демпфер колебаний; 14 — блок питания; 15 — бортовой передатчик; 17 — программно-временное устройство; 18, 19, 20 — элементы конструкции наружной теплозащиты; 21 — внутренняя теплоизоляция; 22 — система терморегулирования; 23 — корпус спускаемого аппарата; 24 — пиротолкатель; 25 — крышка парашютного отсека; 26 — антенна радиовысотомера; 27 — газоанализатор



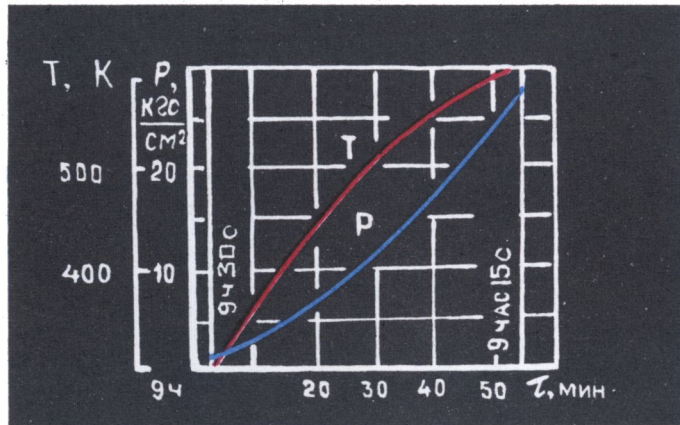
ности корпуса спускаемого аппарата, вдавило верхнюю крышку приборного отсека и привело к нарушению работы аппаратуры радиокомплекса. В связи с этим при дальнейшем снижении спускаемого аппарата станции «Венера-4» измерения не производились.

При подготовке нового эксперимента заманчиво было усилить корпуса спускаемых аппаратов станций «Венера-5» и «Венера-6», чтобы они провели зондирование атмосферы вплоть до поверхности планеты. Но поскольку упрочнение корпусов спускаемых аппаратов в 5—8 раз, как требовало того атмосферное давление у поверхности Венеры, приводит к сильному утяжелению их и, как следствие, к уменьшению состава научной аппаратуры, и на столь коренную переработку конструкции спускаемого аппарата просто не хватало времени — астрономические сроки пуска были близки, — то было признано нерациональным вносить столь серьезные изменения в конструкцию и состав научной аппаратуры спускаемого аппарата.

Основная цель, которую наметили ученые запуском станций «Венера-5» и «Венера-6», заключалась в повышении точности измерений химического состава, параметров атмосферы и соответствующих им высот и в увеличении глубины проникновения в атмосферу Венеры.

В связи с этим корпуса спускаемых аппаратов станций были упрочнены так, чтобы выдерживать наружное давление до 25—27 кгс/см² и более высокие по сравнению с «Венерой-4» температуры и перегрузки.

Для увеличения скорости снижения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры в четыре раза была



Данные измерений, выполненных автоматической станцией «Венера-5» в атмосфере планеты

уменьшена площадь основного парашюта, так как парашют станции «Венера-4» был рассчитан на меньшие значения плотности атмосферы планеты.

Состав научной аппаратуры спускаемых аппаратов был также частично изменен. Был установлен новый, более совершенный радиовысотомер, в котором полностью исключалась возможность неоднозначности измерений.

ВХОД И СНИЖЕНИЕ В АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

Раннее утро 16 мая 1969 года. Розовый горизонт подернут туманом. Солнце еще не взошло, и Венера сияет на небосклоне в своем удивительном блеске.

Утреннюю тишину Центра дальней космической связи прорезал звук сирены, и автоматические устройства медленно привели в движение две приемные антенны.

Восемь шестнадцатиметровых параболических чаш каждой антенны нацелены на далекую Венеру и, кажется, прислушиваются к ее голосу.

Но нет, не Венеру слушают они сейчас, они улавливают сигналы, которые посылает станция «Венера-5» с расстояния в 67 миллионов километров на Землю. Величина сигналов, ослабленных космической далью, настолько мала, что они становятся соизмеримыми с радишумом самого космоса, и только эти антенны, оснащенные чувствительными устройствами с параметрическими усилителями, охлаждаемыми жидким азотом, могут уловить их.

Насколько это трудная задача, может показать сравнение, сделанное одним из создателей этих антенн. «Представьте себе, — говорит он, — в Черное море вылили стакан кипятка и Вы должны особым термометром измерить, насколько повысилась температура моря». Аналогичную задачу и решали в Центре дальней космической связи во время снижения спускаемого аппарата на парашюте в атмосфере Венеры.

Утром 16 мая 1969 года со станцией был начат припланетный сеанс связи, на борт станции был выдан ряд служебных команд, подготовивших системы станции к проведению завершающего этапа полета. Сигналы, подтверждающие исполнение каждой команды станцией, приходили на Землю через восемь минут. Последний припланетный сеанс радиосвязи со станцией «Венера-5» был осуществлен

при подлете к планете Венера за два часа до входа в ее атмосферу. Начинаясь он по команде программно-временного устройства во время, заданное с Земли в предыдущем сеансе связи. В течение 8 минут были произведены контрольные траекторные измерения для уточнения влияния гравитационного поля Венеры и внесения необходимых поправок в баллистические расчеты. Затем была передана телеметрическая информация о состоянии бортовых систем.

Спускаемый аппарат станции «Венера-5» был отделен от орбитального отсека перед входом в атмосферу планеты на расстоянии 37 тысяч километров, а станции «Венера-6» — на расстоянии 25 тысяч километров от Венеры.

Радиосвязь с орбитальными отсеками станций «Венера-5» и «Венера-6» поддерживалась вплоть до входа их в плотные слои атмосферы.

После входа в плотные слои атмосферы [в 9 часов 01 минуту по московскому времени 16 мая 1969 года] для спускаемого аппарата станции «Венера-5» начался наиболее сложный этап полета — аэродинамическое торможение.

При аэродинамическом торможении температура за ударной волной у поверхности спускаемого аппарата в его лобовой части достигала 11 000 °С, кинетическая энергия переходила в тепловую, в результате этого скорость спускаемого аппарата за короткое время уменьшилась примерно с 11 километров в секунду до 210 метров в секунду. После этого в строго расчетное время специальные датчики произвели включение автоматики спускаемого аппарата, управляющей вводом в действие парашютной системы и включением научной аппарату-

ры. Автоматы ввели в действие тормозной, а затем основной парашюты, антенны радиопередатчика, радиовысотомера, научную аппаратуру. Начался плавный спуск аппарата в атмосфере Венеры и передача научных данных на Землю.

Естественно, что в те минуты, когда окутанный плазмой спускаемый аппарат вступил в единоборство с венерианской атмосферой, связь с ним не было, и в помещениях оперативных групп и руководства Центра дальней космической связи царил напряженная тишина. И велика же была радость людей, когда на трубке осциллографа забилась зеленый зайчик сигнала со спускаемого аппарата и из динамика прозвучал торжествующий голос информатора: «Есть сигнал!».

Сеанс радиосвязи со спускаемым аппаратом станции «Венера-5» начался в 9 часов 02 минуты по московскому времени. За все время спуска аппарата связь с ним была устойчивой. Сеанс радиосвязи продолжался 53 минуты. К моменту прекращения связи со спускаемым аппаратом станции «Венера-5» внешнее атмосферное давление достигло значения примерно 27 кгс/см^2 , что было предельным для прочности внешней оболочки аппарата. Во время снижения температура внутри спускаемого аппарата изменялась незначительно: с 13°C в начале участка снижения до 28°C в конце его. Это свидетельствовало о надежности как внешнего теплозащитного покрытия, предохраняющего аппарат от кратковременных, но чрезвычайно высоких тепловых потоков, возникающих при аэродинамическом торможении, так и внутреннего слоя теплоизоляции, который предохранял аппарат от нагревания в атмосфере Венеры за длительный период спуска на па-

рашюте, когда температура атмосферы поднялась примерно до 300°C .

Сеансы связи при подлете к планете и при снижении станции «Венера-6» в атмосфере Венеры происходили аналогично: вход в плотные слои венерианской атмосферы спускаемого аппарата станции «Венера-6» произошел 17 мая в 9 часов 05 минут, сеанс радиосвязи во время спуска на парашюте в атмосфере планеты продолжался в течение 51 минуты.

ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТРАССЕ ПОЛЕТА И В ОКОЛОПЛАНЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Во время полета по трассе Земля — Венера автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6» проводили измерения солнечных и галактических космических лучей, исследования межпланетной плазмы и рассеянного ультрафиолетового солнечного излучения.

Аппаратура, установленная на орбитальных отсеках станций для измерения космических лучей, позволяла регистрировать протоны с энергией от 1 до 12 миллиардов электронвольт, а также протоны с энергией, большей 30 миллионов электронвольт, и электроны с энергией, большей 0,1 миллиона электронвольт. Как показали измерения, выполненные станциями «Венера-5» и «Венера-6», общий уровень потока галактических космических лучей стал ниже, чем в июне—октябре 1967 года во время полета автоматической станции «Венера-4», примерно на 15 процентов и примерно на 40 процентов по сравнению с данными, полученными станциями «Зонд-3» и «Венера-2» в декабре 1965 года.

Это связано с циклической деятельностью Солнца и свидетельствует о возросшем потоке неоднородных магнитных полей, идущем от Солнца.

Во время полета станции «Венера-5» и «Венера-6» было зарегистрировано большое увеличение интенсивности потоков солнечных протонов с энергией 1—4 миллиона электронвольт, из них 12 значительных. Четыре увеличения интенсивности отличались сложной структурой и большой продолжительностью: каждое из них длилось не менее семи суток. Интенсивность потоков во много раз превосходила уровень галактического фона. Это можно объяснить возросшей активностью Солнца, выразившейся в появлении группы хромосферных вспышек большой силы, происходивших в этот период.

Вблизи Венеры были получены новые данные о структуре потоков околопланетной плазмы. Ранее, при полетах космических аппаратов, было установлено, что межпланетное космическое пространство заполнено потоками плазмы, имеющими скорости, равные нескольким сотням километров в секунду. В связи с тем, что потоки плазмы движутся от Солнца, они получили название солнечного ветра. Эта плазма «намагничена» — она несет с собой магнитное поле.

Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли было хорошо изучено при запусках искусственных спутников Земли и космических аппаратов, но, как ведет себя плазма вблизи планет, не обладающих собственным магнитным полем, до полета к Венере советских и американских межпланетных станций не было известно.

Впервые резкие изменения концентрации плазмы, связанные с одновременным изменением на-

пряженности магнитного поля в окрестности Венеры, наблюдались 18 октября 1967 года при помощи ловушки заряженных частиц и магнитометра, установленных на советской станции «Венера-4». Потoki межпланетной плазмы регистрировались также на «Венере-5» и «Венере-6». Наибольший объем информации был получен с помощью ловушек, установленных на станции «Венера-6». При приближении станции к планете были зарегистрированы изменения величин потоков и плазмы, характерные для области обтекания Венеры солнечным ветром. При этом фронт, где происходили изменения потоков плазмы, наблюдался на расстоянии примерно 28 000 километров от поверхности планеты, а станция «Венера-4» пересекла этот фронт на расстоянии 19 000 километров от поверхности планеты. Это объясняется тем, что станции «Венера-5» и «Венера-6», так же как и «Венера-4», опустились на ночную сторону планеты, но дальше от терминатора, границы дня и ночи, и поэтому пересечение фронта резкого изменения потока заряженных частиц произошло на большем расстоянии от планеты.

Фотоэлектрические фотометры для измерения рассеянного ультрафиолетового излучения в окрестности планеты и в межпланетной среде, установленные на обеих станциях, показали, что, как это наблюдалось и при полете станции «Венера-4», интенсивность излучения в линии атомарного водорода возрастает при приближении к планете. По результатам измерений была вычислена плотность атомарного водорода в удаленных областях околопланетного пространства. Оказалось, что первые признаки наличия водородной короны появились уже на расстоянии в 25 000 километров от центра

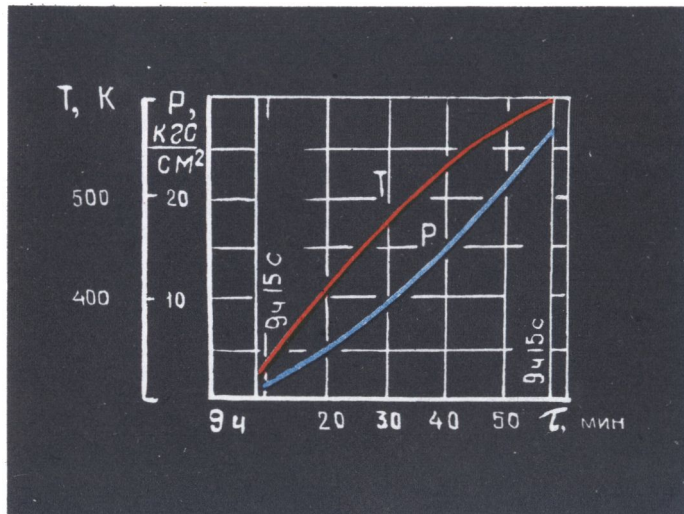
планеты, и на расстоянии около 10 000 километров плотность водородной короны оказалась равной примерно 100 атомам в кубическом сантиметре.

ИССЛЕДОВАНИЯ В АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

Основной задачей автоматических межпланетных станций «Венера-5» и «Венера-6» было продолжение исследований химического состава и параметров атмосферы Венеры, впервые начатых станцией «Венера-4» в октябре 1967 года. Для этого на спускаемых аппаратах автоматических станций были установлены: системы датчиков давления и температуры, рассчитанные на различные диапазоны измерений; газоанализаторы для исследования газового состава атмосферы; плотномер для измерения плотности атмосферы и впервые — фотоэлементы для измерения освещенности в атмосфере Венеры.

Газоанализаторы провели измерения содержания углекислого газа, кислорода, воды и азота вместе с инертными газами на двух разных уровнях над поверхностью планеты, следовательно, при разных давлениях и температурах. Проведение анализа состава атмосферы производилось по командам, подаваемым от бортового программно-временного устройства. Из многочисленных возможных методов определения состава атмосферы были использованы наиболее простые и надежные физико-химические методы, основанные на хорошо изученных реакциях, обладающих высокой избирательностью.

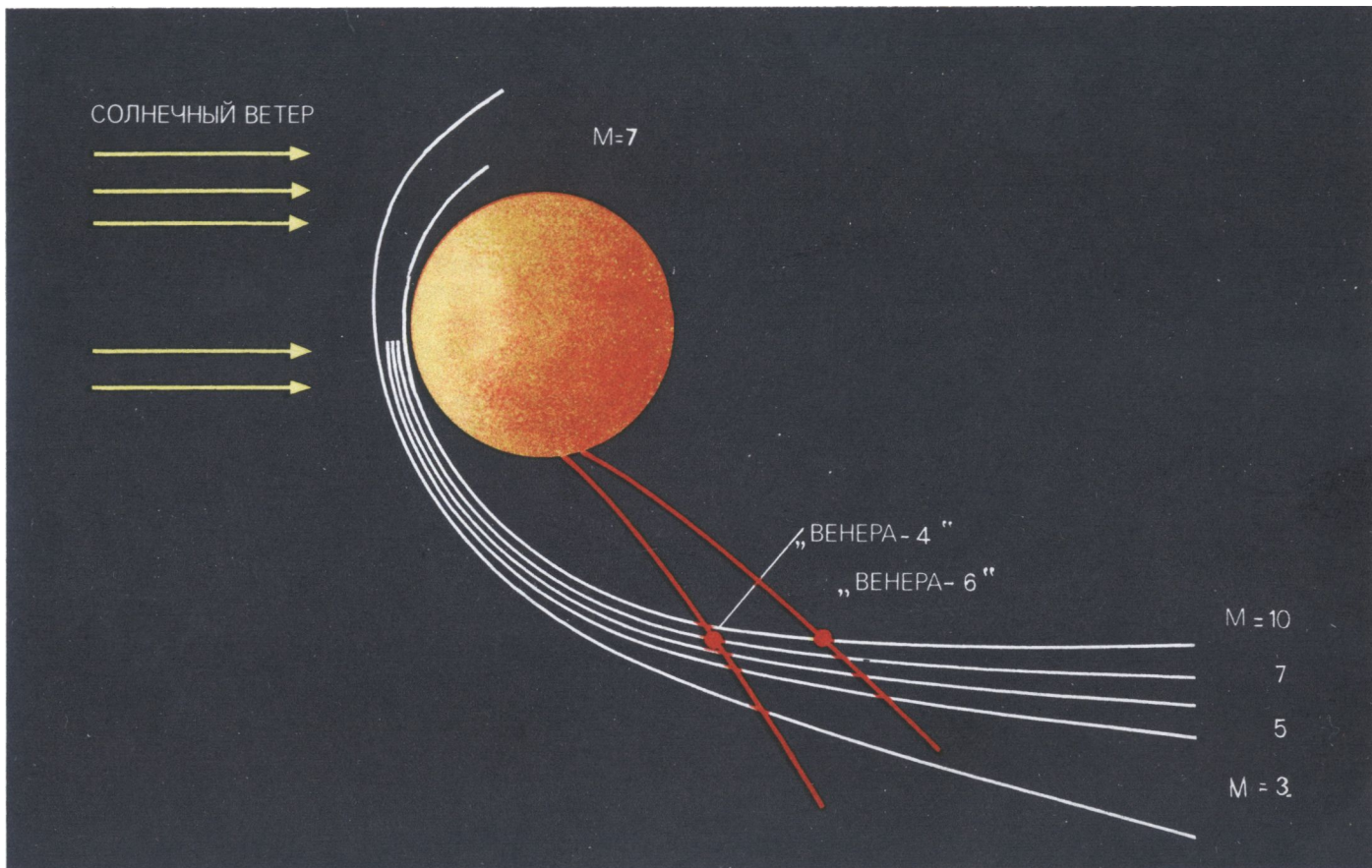
Система датчиков для измерения температуры и давления состояла из термометров сопротивления и манометров anerоидного типа.



Данные измерений, выполненных автоматической станцией «Венера-6» в атмосфере планеты

Взаимное перекрытие диапазонов измерений приборов обеспечивало возможность контроля правильности измерений и их высокую надежность. Для измерения плотности атмосферы использовался прибор камертонного типа, принцип работы которого был основан на изменении амплитуды колебаний определенной частоты в зависимости от плотности окружающей среды.

Для измерения величины освещенности в атмосфере планеты были использованы фотоэлектрические датчики, рассчитанные на регистрацию излучений в видимой и ближней инфракрасной области



Прохождение станции «Венера-4» и «Венера-6» через ударную волну

спектра с пороговой чувствительностью 0,5 ватта на квадратный метр. Это значение освещенности примерно соответствует освещенности на Земле в глубоких сумерках.

Достоинством всех указанных приборов является простота их устройства, малый вес и способность надежно работать при высоких значениях давления и температуры.

На спускаемых аппаратах были установлены радиовысотомеры дециметрового диапазона. Принцип их работы аналогичен работе авиационных высотомеров. При помощи радиовысотомеров были определены некоторые фиксированные значения расстояний до поверхности планеты в процессе снижения. Диапазон шкал фиксированных значений высот, которые могли регистрироваться радиовысотомерами, заключался в пределах от 50 до 10 километров. Такой выбор рабочего диапазона приборов был обоснован данными, полученными со станции «Венера-4», и предварительными расчетами ожидаемых моментов времени и высот раскрытия парашютов. Все научные измерения были проведены на участке парашютного спуска станций.

Первый забор пробы атмосферы для проведения ее анализа на станции «Венера-5» был осуществлен вскоре после раскрытия основного парашюта, когда давление составляло около $0,6 \text{ кгс/см}^2$, а температура — около $+25^\circ\text{C}$. Второй раз проба была взята на меньшей высоте, когда давление было около 5 кгс/см^2 и температура около $+150^\circ\text{C}$.

Газовый анализатор станции «Венера-6» также дважды взял пробу состава атмосферы Венеры на разных высотах. Первая проба была взята при давлении около 1 кгс/см^2 , когда температура

составляла приблизительно 60°C , вторая — когда давление достигало 10 кгс/см^2 , а температура $+225^\circ\text{C}$.

Результаты исследований состава атмосферы Венеры, выполненные на автоматических станциях «Венера-5» и «Венера-6», подтвердили и уточнили данные, полученные ранее на станции «Венера-4». Теперь можно утверждать, что атмосфера Венеры почти полностью состоит из углекислого газа и содержит небольшие количества азота, воды и кислорода. Концентрация углекислого газа достигает 93—97 процентов (на «Венере-4» было получено значение 90 ± 10 процентов). Содержание азота вместе с инертными газами составляет 2—5 процентов, а количество кислорода не превышает 0,4 процента. Эти результаты хорошо совпадают с измерениями «Венеры-4», которые показали, что азота в атмосфере Венеры меньше — 7 процентов, а кислорода — около полпроцента. Содержание паров воды на уровне высот, соответствующих давлению $0,6 \text{ кгс/см}^2$, составляет от 4 до 11 миллиграммов в литре. Измерения, выполненные в 1967 году станцией «Венера-4», зафиксировали, что при давлении около $0,6 \text{ кгс/см}^2$ содержится от 1 до 8 миллиграммов паров воды в одном литре атмосферы. Это указывает на отсутствие насыщенности атмосферы Венеры водяным паром на высотах, где проводились измерения.

Опрос датчиков давления и температуры телеметрический коммутатор бортового радиокомплекса производил в среднем через 40—50 секунд. За время снижения каждого аппарата на парашюте было произведено свыше 70 измерений давления и свыше 50 измерений температуры. Температура и

давление атмосферы Венеры во всем интервале зондирования были измерены с точностью до нескольких процентов.

Станции «Венера-5» и «Венера-6» провели зондирование атмосферы на участках, где температура изменялась приблизительно от 25 до 320°C, а давление от 0,5 до 27 кгс/см². Ход изменения температуры на высоте в интервале измерений мало отличается от адиабатического. «Венера-4» в 1967 году провела измерения на участке, где температура изменялась от 25 до 270°C. Этому участку соответствовало изменение давления от 0,5 до 18 кгс/см².

На основе результатов измерений температуры, давления и химического состава были рассчитаны участки снижения аппаратов в атмосфере Венеры, на которых проводились измерения атмосферных параметров от моментов раскрытия основных парашютов. Для «Венеры-5» этот участок составил 36 километров, а для «Венеры-6» — 38 километров.

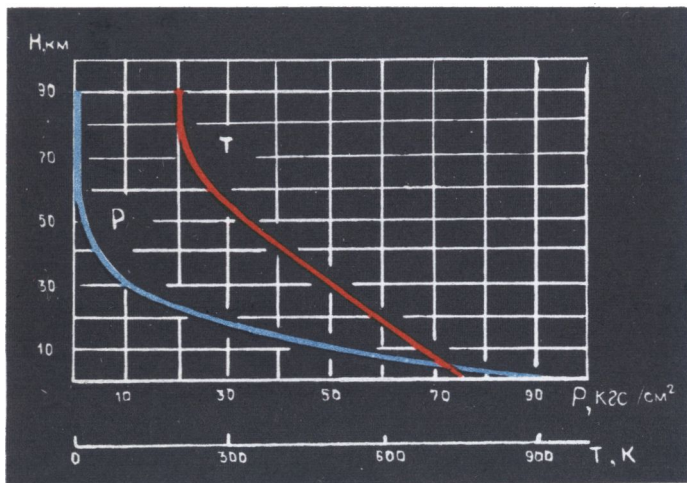
Разности значений высот, зарегистрированных радиовысотомерами в начале и конце спуска, удовлетворительно совпали с отрезками пути, пройденными аппаратами при спуске на парашюте. Расчеты участков снижения спускаемых аппаратов проводили исходя из условия гидростатического равновесия атмосферы по измеренным значениям температуры и давления в моменты времени, соответствующие полученным отметкам высот, а также с использованием аэродинамических характеристик аппаратов при спуске на парашюте.

Результаты расчетов, сделанных двумя независимыми методами, хорошо совпали друг с другом.

Высоты, зарегистрированные на «Венере-5» и на «Венере-6» при одинаковых значениях температуры и давления, приводят к значениям, различающимся друг от друга на 12—16 километров. По данным радиовысотомера станции «Венера-5», давление 27 кгс/см² соответствовало высоте 24—26 километров, а по данным радиовысотомера станции «Венера-6», то же давление соответствовало высоте 10—12 километров. Очевидно, это связано со значительными неровностями рельефа, так как спуск происходил над различными участками поверхности планеты, отстоящими друг от друга на несколько сот километров.

Станции «Венера-5» и «Венера-6» полностью выполнили свои задания и передали на Землю данные из более глубоких слоев атмосферы, чем «Венера-4». Они позволили путем непосредственных измерений существенно уточнить химический состав атмосферы планеты и получить надежные значения температуры, давления и плотности ее атмосферы в интервале высот около 40 километров.

Результаты проведенных экспериментов еще раз подтвердили, что Венера обладает мощной, плотной атмосферой, состоящей в основном из углекислого газа, и имеет очень высокие значения давления и температуры у поверхности. Если и дальше, до самой поверхности планеты, температура будет изменяться по адиабатическому закону, то на уровне поверхности, определенном радиовысотомером станции «Венера-6», температура и давление составят 400°C и около 60 кгс/см², а на уровне поверхности, определенном радиовысотомером станции «Венера-5», эти величины возрастут еще более — до 530°C и 140 кгс/см².



Разрез атмосферы Венеры, выполненный по результатам измерений автоматических станций «Венера-4,-5,-6», «Маринер-5» и расчетным данным

Фотоэлектрические датчики, установленные на станциях, не зарегистрировали освещенности атмосферы Венеры на ночной стороне выше порогового значения — 0,5 ватта на квадратный метр. Исключение составляет отмеченное на «Венере-5» одно показание, соответствующее уровню около 25 ватт на квадратный метр, возникшее приблизительно за 4 минуты до прекращения радиосвязи.

Результаты непосредственных измерений в атмосфере Венеры, осуществленных на советских автоматических станциях «Венера-5» и «Венера-6», трудно переоценить. Впервые был проведен совместный эксперимент двумя автоматическими стан-

циями, практически одновременно глубоко зондировавшими атмосферу Венеры в двух соседних районах планеты.

Полученные уникальные научные данные позволят многое узнать о планете загадок, понять структуру ее атмосферы и процессы, происходящие в ней.

«Выполнение сложного эксперимента свидетельствует о высоком уровне науки и техники в Советском Союзе», — писала варшавская газета «Трибуна людю».

«Русские провели чрезвычайно важные научные эксперименты. Невозможно переоценить научную ценность переданной информации. Эти данные помогут разгадать некоторые из загадок Венеры», — заявил известный английский ученый Бернард Ловелл.

«Новая победа отечественной науки и техники в исследовании космического пространства одержана благодаря героическому вдохновенному труду всего советского народа, — отмечалось в приветствии Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза, Президиума Верховного Совета СССР и Совета Министров СССР. — Этот научный подвиг совершен в то время, когда вся наша страна готовится новыми трудовыми достижениями в строительстве коммунизма отметить 100-летие со дня рождения В. И. Ленина — создателя Коммунистической партии Советского Союза и основателя первого в мире государства рабочих и крестьян». Этому юбилею и посвятили свое выдающееся достижение рабочие, техники, инженеры и ученые нашей страны.

«ВЕНЕРА-7» — ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ТАИНСТВЕННОЙ ПЛАНЕТЫ

Советской науке и технике свойственно планомерное и последовательное решение поставленных задач. В то время, когда в цехах заводов велись работы по созданию станций «Венера-5» и «Венера-6», конструкторы работали над новым вариантом спускаемого аппарата.

Автоматические станции «Венера-5» 16 мая и «Венера-6» 17 мая 1969 года продолжили исследования атмосферы Венеры, начатые станцией «Венера-4». При этом непосредственные измерения состава атмосферы, давления и температуры были выполнены до высоты 20 километров над поверхностью планеты.

Данные этих измерений стали основой для создания научно обоснованной модели атмосферы Венеры. По этой модели среднее значение температуры у поверхности планеты оценивались около 500°C , а давление несколько более 100 кгс/см^2 .

При таких условиях плотность газов у поверхности должна быть всего в 10 раз меньше плотности воды.

Но несмотря на полученную информацию, нельзя было утверждать, что характер измерения параметров атмосферы Венеры в глубинных слоях следует принятой модели.

Между тем, знание действительного характера изменения этих параметров во многом помогает получить ответ на ряд принципиальных вопросов, касающихся природы и эволюции атмосферы Венеры, в том числе процессов, объясняющих необычный тепловой режим планеты, которые приве-

ли к существующим различиям в структуре атмосферы соседних планет — Земли и Венеры.

Перед конструкторами и учеными была поставлена сложнейшая научно-техническая задача — создать аппарат, который обладал бы прочностью багасфа, 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.

Такой аппарат был создан советскими инженерами и конструкторами.

17 августа 1970 года к Венере стартовала автоматическая станция «Венера-7». 15 декабря 1970 года эта станция после четырех месяцев полета достигла планеты, совершила посадку и в течение 23 минут передавала научную информацию с поверхности Венеры.

Впервые в истории исследования космоса состоялась прямая передача научной информации на Землю с поверхности другой планеты Солнечной системы.

Автоматическая станция «Венера-7» была разработана с учетом экспериментального опыта, полученного во время полета станций «Венера-5» и «Венера-6», а также на основании исследований атмосферы Венеры, выполненных этими станциями.

Орбитальный отсек станции и его системы, уже неоднократно проверенные космосом, решено было оставить практически без изменений.

Спускаемый аппарат станции «Венера-7» был спроектирован заново и рассчитан на внешнее давление до 180 кгс/см^2 . Его теплоизоляция должна

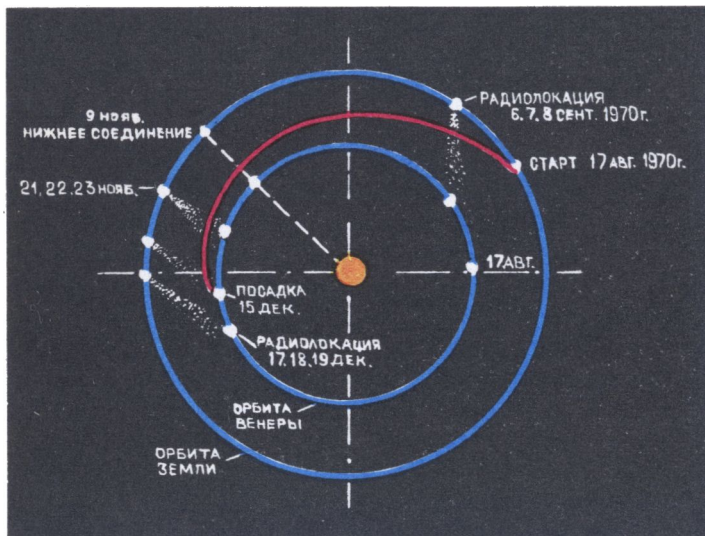


Схема полета станции «Венера-7»

была обеспечивать необходимый температурный режим внутри спускаемого аппарата во время аэродинамического торможения при входе в атмосферу Венеры, когда температура газа на лобовой поверхности спускаемого аппарата достигала $11\,000^{\circ}\text{C}$, и в течение 1—1,5 часов пребывания в атмосфере планеты при температуре $+540^{\circ}\text{C}$.

Изменение конструкции спускаемого аппарата привело к увеличению его массы по сравнению со спускаемыми аппаратами станций «Венера-5» и «Венера-6». Масса спускаемого аппарата станции «Ве-

нера-7» составляет около 500 килограммов. Общая масса станции равна 1180 килограммов.

Спускаемый аппарат станции «Венера-7», как отмечалось выше, предназначен не только для зондирования и исследований атмосферы Венеры, но и для обеспечения работы научной аппаратуры непосредственно на поверхности планеты.

В связи с этим конструкция спускаемого аппарата станции «Венера-7» и его композиционная теплозащита были разработаны заново из условий работы при давлении 150 кг/см^2 и температуре 540°C .

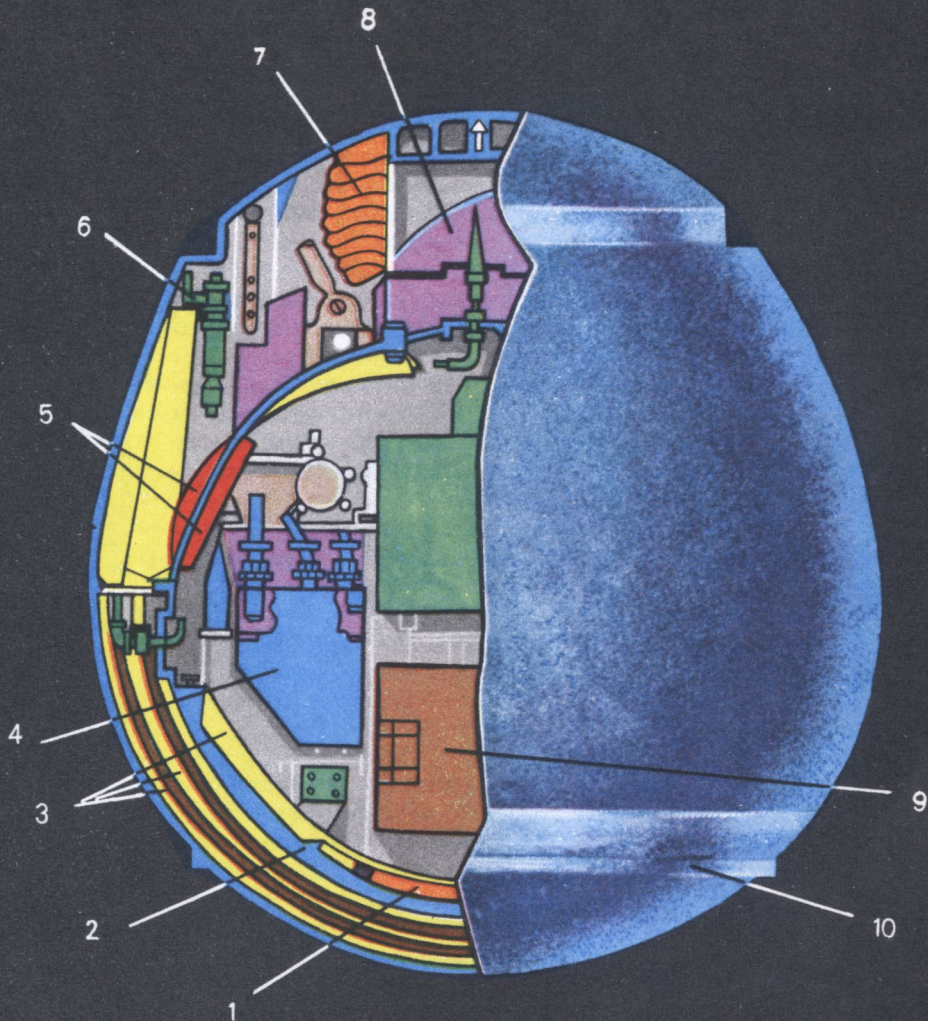
Значительным изменениям (по сравнению со станциями «Венера-5» и «Венера-6») была подвергнута конструкция парашютной системы спускаемого аппарата. Эти конструктивные изменения позволили пройти верхние исследованные слои атмосферы Венеры с большой скоростью и тем самым обеспечить наиболее благоприятный температурный режим в спускаемом аппарате на неисследованном участке снижения (ниже 20 километров) и на поверхности планеты. Купол парашюта был изготовлен из термостойкой ткани, рассчитанной на работу уже при температурах до $+530^{\circ}\text{C}$.

В конструкции спускаемого аппарата появился новый элемент — амортизационное устройство, предназначенное для уменьшения перегрузки в момент соприкосновения спускаемого аппарата с поверхностью планеты.

Изменилась и форма спускаемого аппарата; если на предыдущих станциях она была близка к форме шара, то теперь только внутренний прочный корпус, рассчитанный на давление до 150 кг/см^2 , имел такую форму, а внешний корпус — уже околоэллиптическую форму. Лобовая часть не-

**Спускаемый аппарат
станции «Венера-7»:**

1 — механический демпфер; 2 — силовой корпус;
3 — теплоизоляция; 4 — блок коммутации; 5 — теплообменник; 6 — крышка парашютного отсека;
7 — парашют; 8 — передающая антенна; 9 — радиопередатчик; 10 — аэродинамический демпфер



сколько большего размера, чем верхняя крышка парашютного отсека, и на ней размещается аэродинамический стабилизатор.

В прочном герметичном отсеке спускаемого аппарата — приборном отсеке — размещены радиотехническая, телеметрическая и научная аппаратура, блоки автоматики, источники питания, система терморегулирования, состоящая из вентиляторов и теплообменников, и механический демпфер для гашения колебаний спускаемого аппарата при его полете в атмосфере планеты.

В верхней части спускаемого аппарата над приборным отсеком размещен парашютный отсек, в котором кроме парашюта размещены передающая антенна радиоконкомплекса, датчики научных приборов и антенна радиовысотомера.

Парашютный отсек с помощью пирозамков закрыт герметичной крышкой, которая после входа спускаемого аппарата в плотные слои атмосферы и торможения при скорости около 260 метров в секунду отстреливается и вводит в действие парашютную систему.

ПОЛЕТ НА ВЕНЕРУ

В полет автоматическая станция «Венера-7» отправилась через полтора года после старта станций «Венера-5» и «Венера-6» 17 августа 1970 года в 8 часов 38 минут московского времени. В 9 часов 59 минут последняя ступень ракеты-носителя, проработав 244 секунды, сообщила станции скорость, несколько большую второй космической скорости, и «Венера-7» была выведена на траекторию полета к «Утренней звезде».

Задача межпланетного перелета, несмотря на ее обыденность (человек быстро привык к космическим полетам), таит в себе огромные трудности.

Достаточно напомнить несколько цифр в подтверждение этих слов. Станция стартовала с Земли, которая движется по орбите со скоростью 107 тысяч километров в час и должна, преодолев расстояние около 320 миллионов километров, попасть в Венеру, которая имеет размер всего 12 тысяч километров (в угловой мере 1 минуту) и движется со скоростью 125 тысяч километров в час.

Если при старте ракеты была допущена погрешность в импульсе всего 0,01 процента, то промах у Венеры составит 70 тысяч километров. Очевидно, что обеспечить прилет станции к Венере в расчетное время и попадание в заданный район поверхности планеты в таких условиях практически невозможно. Поэтому в сеансах радиосвязи производились траекторные измерения, которые позволили определить параметры траектории полета станции, дальность с точностью до 1 километра и радиальную скорость с точностью 2 сантиметра в секунду.

Одновременно с помощью радиолокационных средств было уточнено положение Венеры относительно Земли. По данным траекторных и радиолокационных измерений, были вычислены исходные данные на проведение коррекции траектории. По каналам радиолинии эти данные были переданы на борт станции в запоминающее устройство системы управления. После этого в соответствии с программой полета с помощью бортовых автома-

тических средств были проведены два сеанса астрокоррекции.

Первый сеанс коррекции был проведен 2 октября 1970 года, когда станция находилась на расстоянии около 17 миллионов километров от Земли и второй — 17 ноября 1970 года, когда удаление составляло 31 миллион километров.

В результате этих двух маневров, как показали последующие траекторные измерения, станция «Венера-7» перешла с пролетной траектории на падающую.

В процессе полета с помощью радиационного дозиметра, установленного в орбитальном отсеке станции, проводились измерения интенсивности космических лучей. Причем ценность этих измерений заключалась в том, что одновременно с помощью аналогичных приборов исследования проводились и на «Луноходе-1», доставленном на Луну автоматической станцией «Луна-17».

5 декабря 1970 года, когда станция находилась от Венеры на расстоянии 1 миллиона 300 тысяч километров, начались подготовительные операции к завершающему этапу полета — входу в атмосферу планеты.

С этой целью по команде с Земли химические источники электропитания спускаемого аппарата, которые до этого момента находились в незаряженном состоянии (в целях повышения их надежности), были подключены к солнечной батарее для зарядки. Кроме того, в сеансе связи 12 декабря была отключена система терморегулирования спускаемого аппарата, которая во время перелета поддерживала температуру внутри аппарата в пределах $+10 \div \pm 20^{\circ}\text{C}$, и было проведено охлаждение

спускаемого аппарата до -8°C для обеспечения наиболее выгодного температурного режима при снижении в атмосфере Венеры и нахождении его на поверхности. Подобных операций на предыдущих станциях «Венера» не проводилось. Это были новые конструкторские находки, повышающие надежность и работоспособность бортовой аппаратуры.

На расстоянии около 600 тысяч километров от Венеры станция вошла в сферу притяжения этой планеты. С этого момента скорость полета станции начала увеличиваться и продолжала расти до входа в атмосферу планеты.

15 декабря 1970 года перед входом станции в атмосферу Венеры в 5 часов 30 минут по московскому времени был начат 124-й сеанс радиосвязи — припланетный. В этом сеансе была передана на Землю телеметрическая информация о состоянии бортовых систем, а затем осуществлена ориентация станции остронаправленной параболической антенной на Землю.

Все операции в этом случае осуществлялись с помощью автоматических устройств станции по заранее заложенной программе.

После 120-дневного полета 15 декабря 1970 года, в 7 часов 58 минут 38 секунд по московскому времени при входе станции в атмосферу планеты на высоте около 135 километров автоматически произошло отделение спускаемого аппарата от орбитального отсека. Связь со станцией прервалась. Чтобы обеспечить безусловное отделение спускаемого аппарата от орбитального отсека, в систему разделения были заложены три самостоятельных программы. Первая — разделение по команде от программного устройства, вторая — разделение по

команде от датчика перегрузок (перегрузки возникают при торможении станции уже в верхних слоях атмосферы Венеры), третья — при торможении станции оптический прибор теряет из поля зрения Землю, и это также команда на разделение. Наконец, эту команду можно подать заранее с Земли, ну, а если совершилось невероятное, и ни одна из этих команд не прошла, то разделение все равно произойдет. Ленты, удерживающие спускаемый аппарат, не рассчитаны на высокую температуру, они сгорят, и специальное устройство оттолкнет спускаемый аппарат от орбитального отсека.

Под воздействием аэродинамических сил спускаемый аппарат развернулся лобовой частью навстречу набегающему потоку и в этом положении надежно удерживался специальным демпфирующим устройством.

В процессе аэродинамического торможения скорость спускаемого аппарата относительно планеты уменьшилась с 11,5 километров в секунду до 200 метров в секунду, температура между ударной волной и лобовой частью корпуса спускаемого аппарата достигала 11 000°C, а перегрузка имела максимальную величину, равную 350 единицам.

В 7 часов 59 минут 10 секунд по московскому времени, когда спускаемый аппарат находился на высоте около 60 километров над поверхностью планеты, при внешнем давлении порядка 0,7 кгс/см² произошел отстрел крышки парашютного отсека, были введены в действие парашют и радиокomплекс спускаемого аппарата. Отстрел крышки парашютного отсека и ввод в действие парашютной системы были задублированы по командам различных цепей.

Спускаемый аппарат вошел в связь с Землей.

15 декабря в 8 часов 34 минуты 10 секунд по московскому времени спускаемый аппарат станции «Венера-7» совершил посадку на ночную сторону планеты в 2000 километрах от утреннего терминатора.

В это время расстояние между Землей и Венерой составляло около 60,6 миллионов километров. Это расстояние радиосигнал со спускаемого аппарата (и со станции в припланетном сеансе) преодолевал за 3 минуты 28 секунд. Поэтому время, указанное в припланетном сеансе, относится ко времени свершения события на Венере.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как уже отмечалось, во время полета станции «Венера-7» по траектории велись измерения интенсивности космических лучей. Приборами, установленными на «Венере-7», «Луноходе-1», спутниках Земли, и наземными обсерваториями были зарегистрированы солнечные вспышки и процесс динамики их развития в пространстве и времени. Особый интерес представляют наблюдения мощной хромосферной вспышки, которая началась 10 декабря 1970 года.

Датчики давления и температуры, установленные на спускаемом аппарате станции «Венера-7», позволяли измерять давление в диапазоне 0,5 до 150 атмосфер и температуру от 25 до 540°C.

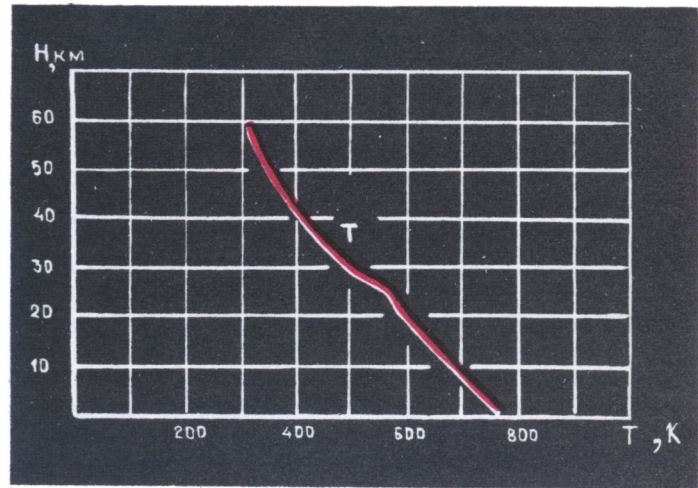
Скорость снижения аппарата в атмосфере планеты удалось зафиксировать благодаря изменению частоты радиосигнала, (эффект Доплера), поступа-

ющего на Землю со спускаемого аппарата. Для этих целей были использованы высокостабильные генераторы частоты, установленные на спускаемом аппарате, которые во время полета несколько раз подвергались калибровке и сравнению их показаний с эталоном частоты. Это позволило произвести измерение скорости снижения аппарата в атмосфере планеты с высокой точностью. По времени снижения была определена и величина пройденного пути.

Наземные средства после посадки спускаемого аппарата на поверхность Венеры продолжали принимать сигналы еще в течение 23 минут. Величина принимаемого сигнала после посадки была в 100 раз меньше, чем при спуске. Это может быть объяснено отклонением оси антенны спускаемого аппарата от направления на Землю (наклон аппарата) после посадки. Благодаря специально разработанной методике и применению электронновычислительных машин удалось выделить полезный сигнал из радиозумов и расшифровать его.

В результате обработки и анализа телеметрической информации, поступившей со спускаемого аппарата во время его снижения и с поверхности планеты, было установлено, что с борта аппарата передавалась информация только о температуре окружающей среды — наиболее важном параметре атмосферы Венеры. Как показали результаты измерений, после посадки температура окружающей среды не изменялась в течение всего времени работы радиопередатчика.

По времени снижения, скорости и характеру изменения температуры был определен закон изменения температуры по высоте вплоть до по-



Измерение температуры, выполненное станцией «Венера-7»

верхности планеты. Оказалось, что закон изменения температуры (на участке измерений) близок к адиабатическому. Это имеет важное научное значение для понимания ряда других процессов, протекающих на Венере.

Полетом станции «Венера-7» было положено начало прямым экспериментам на поверхности Венеры. Была решена сложнейшая инженерная задача — получение научных данных в условиях исключительно высоких давлений и температур, подтверждена правильность выбранных конструкторских решений, заложенных при создании станции «Венера-7».

Научные результаты, переданные автоматической межпланетной станцией «Венера-7», значительно расширили наши знания о ближайшей к Земле планете. Советская наука и техника сделали очередной важный шаг в изучении космического пространства и планет Солнечной системы.

«ВЕНЕРА-8» — ВПЕРВЫЕ НА ДНЕВНОЙ СТОРОНЕ ПЛАНЕТЫ

«Всегда вперед, не останавливаясь, вперед. Вселенная принадлежит человеку».

Эти слова, принадлежащие выдающемуся русскому ученому, основоположнику космонавтики К. Э. Циолковскому, как нельзя лучше характеризуют советскую программу исследования Луны, планет и космического пространства.

27 марта 1972 года к Венере стартовала станция «Венера-8» массой 1184 килограммов. 117 суток продолжался ее полет к «Утренней звезде». Только один раз 6 апреля 1972 года в полете пришлось провести сеанс астрокоррекции, чтобы обеспечить попадание станции в заданный район планеты. А эта задача оказалась более сложной по сравнению с теми, которые приходилось решать баллистикам при полетах предыдущих станций «Венера».

Сложность заключалась в том, что впервые необходимо было осуществить посадку спускаемого аппарата на освещенную сторону Венеры. А это значит, что возросли требования к точности выполнения всех маневров в полете, так как границы расчетного «коридора входа», по которому должен двигаться спускаемый аппарат на завершающем

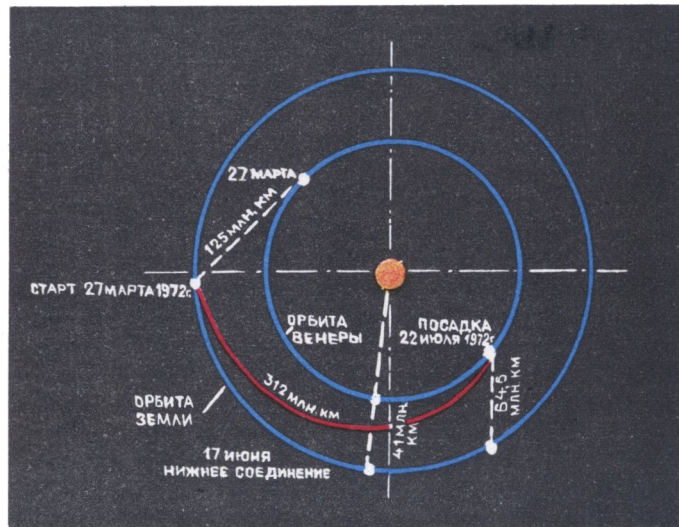


Схема полета станции «Венера-8»

этапе полета при входе в атмосферу Венеры, значительно сузились.

Как мы уже знаем, орбита Венеры находится внутри орбиты Земли, и в период наибольшего сближения Земли с Венерой последняя находится почти на прямой между Землей и Солнцем, поэтому для земного наблюдателя большая часть диска планеты не видна, он находится в собственной тени, освещен только край Венеры. И вот в этот освещенный край необходимо было попасть станции «Венера-8».

Все предыдущие станции «Венера» совершали

посадку только на ночную сторону планеты. Поэтому границы «коридора входа» рассчитывались: нижняя — из условий максимально допустимых величин перегрузок, обеспечивающих целостность спускаемого аппарата, и верхняя — из условий, что в результате аэродинамического торможения в атмосфере планеты произойдет «захват» спускаемого аппарата силами притяжения Венеры и он совершит прямую посадку в район подзенитной точки. В этом случае задача передачи информации значительно облегчалась, так как Земля всегда находилась в зените — в «поле зрения» остронаправленной антенны спускаемого аппарата.

При полете станции «Венера-8», помимо соблюдения указанных выше требований, необходимо было попасть в освещенный край Венеры и осуществить посадку в круг радиусом всего 500 километров, причем центр этого круга должен отстоять от центра диска планеты на расстоянии около 300 километров.

Такие дополнительные требования были продиктованы местом района посадки (баллистические требования) и условиями радиосвязи. Ведь при посадке на край венерианского шара Земля уже не будет находиться в зените, и в случае непопадания в расчетный район, она может уйти из поля зрения антенны спускаемого аппарата и передача информации станет невозможной.

Чтобы обеспечить все перечисленные условия, угол входа спускаемого аппарата в атмосферу Венеры [относительно местной вертикали] должен составлять примерно тридцать градусов. Если он будет меньше, то спускаемый аппарат уйдет на ночную сторону планеты. Если он будет большим, то он

может «чиркнуть» по атмосфере и проскочить мимо планеты.

Насколько сложно обеспечить решение этой задачи станет ясным, если вспомнить, что в момент старта станции «Венера-8» с Земли расстояние между планетами составляло ~ 125 миллионов километров!

Следует отметить, что точность баллистических расчетов и исполнение этих расчетов были изумительными; подсчитано, что космические «снайперы» обеспечили попадание как бы в заданную точку десятикопеечной монеты, движущейся со скоростью 60 км/ч на расстоянии 80 метров от стрелка.

Преодолев 300 миллионов километров космического пути, автоматическая станция «Венера-8» достигла окрестностей Венеры. В течение всего времени полета станция находилась в режиме постоянной солнечной ориентации (кроме сеанса астрокоррекции и отдельных сеансов связи, когда передача велась через остронаправленную параболическую антенну для увеличения объема передаваемой информации), что обеспечивало благоприятные условия работы для солнечных батарей и системы терморегулирования.

За несколько суток до входа станции в атмосферу Венеры были проведены сеансы радиосвязи, в которых было произведено охлаждение приборного отсека и специальных устройств — поглотителей тепла с целью уменьшения скорости нагрева аппаратуры, размещенной в приборном отсеке и увеличения таким образом продолжительности ее работы, а следовательно, и времени проведения исследований в горячей атмосфере планеты и на ее поверхности.

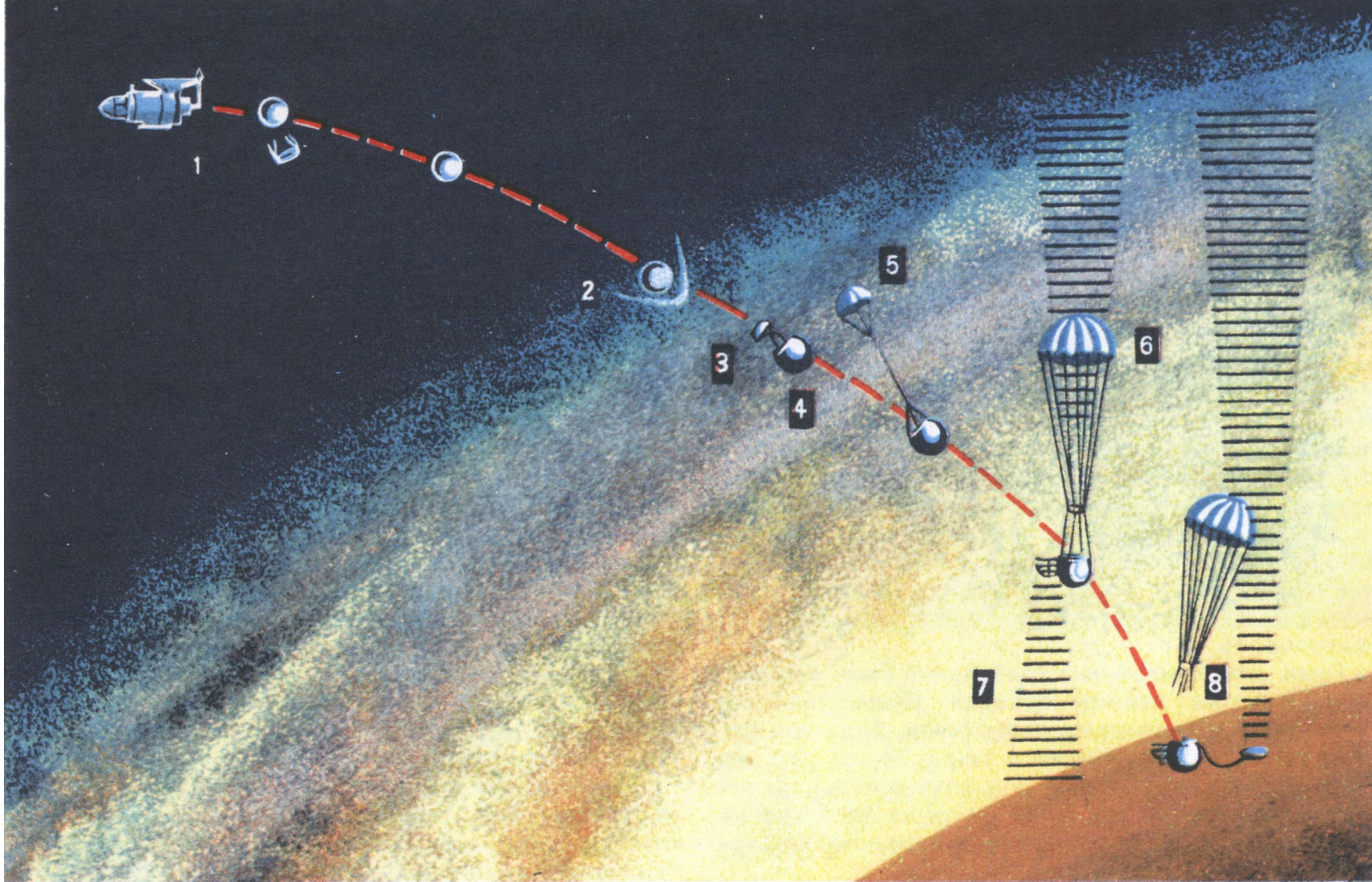


Схема посадки станции «Венера-8»:

1 — отделение спускаемого аппарата от орбитального отсека; 2 — стабилизация и аэродинамическое торможение; 3, 4 — отстрел крышки и введение в действие парашютной системы; 5 — введение в действие вытяжного парашюта; 6 — введение в действие основного парашюта; 7 — раскрытие антенны высотомера; 8 — отстрел парашюта

Одновременно с этим была произведена зарядка аккумуляторов спускаемого аппарата, проверена работоспособность радиокомплекса научной аппаратуры, системы терморегулирования и других служебных систем спускаемого аппарата.

Как показали данные радиотелеметрической информации, запас электроэнергии аккумуляторов соответствовал расчетному значению, и все бортовые системы спускаемого аппарата функционировали нормально.

На расстоянии около 500 тысяч километров от Венеры действие сил ее притяжения стало преобладающим, скорость полета станции стала увеличиваться и при входе станции в атмосферу планеты она составляла 11,6 километров в секунду.

22 июня 1972 года перед входом станции в атмосферу Венеры был проведен припланетный сеанс радиосвязи, во время которого проводились траекторные измерения с целью уточнения момента входа и корректировки работы наземных средств слежения; передавалась научная информация об условиях в припланетном космическом пространстве, данные о функционировании бортовых систем станции и осуществлялась подготовка спускаемого аппарата к отделению от орбитального отсека. Одновременно с сеансами радиосвязи со станцией «Венера-8» [за время полета их было проведено 86] проводились сеансы радиолокационных измерений расстояния Земля—Венера, в результате которых было выявлено существенное расхождение [более 500 километров] между фактическими и расчетными [определенными по классическим, общепринятым законам механики] положениями Венеры в момент измерения. Эти измерения по-

зволили уточнить местоположение Венеры в момент входа спускаемого аппарата в атмосферу планеты с точностью ± 20 километров и время входа с точностью 100 секунд.

В 10 часов 40 минут по московскому времени [в соответствии с расчетом] произошло отделение спускаемого аппарата, массой 495 килограмм от орбитального отсека. Затем в течение 53 минут впервые после старта орбитальный отсек и спускаемый аппарат осуществляли раздельный полет.

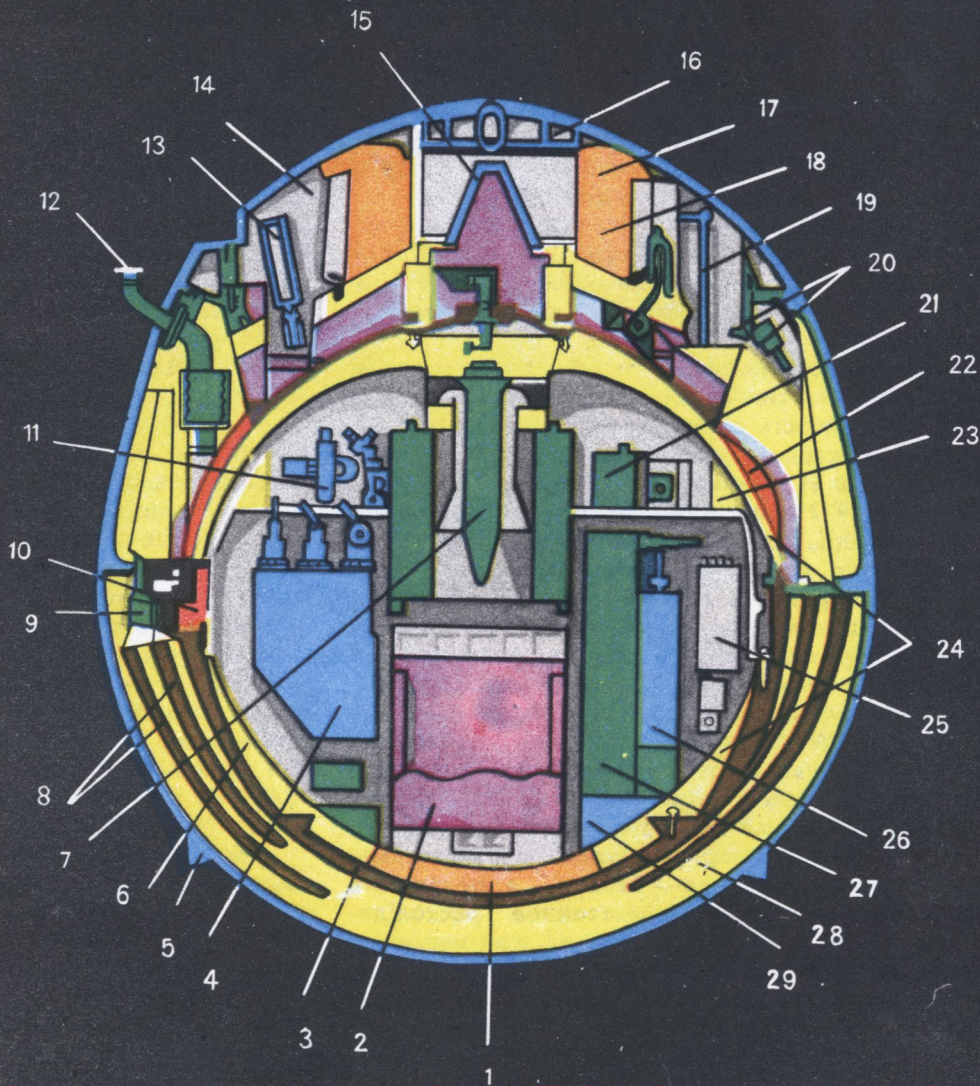
В 11 часов 33 минуты связь с орбитальным отсеком прекратилась. Это означало, что орбитальный отсек и спускаемый аппарат вошли в плотные слои атмосферы. Только судьбы у них были разные.

Орбитальный отсек после того, как он обеспечил доставку спускаемого аппарата в атмосферу Венеры, разрушился, спускаемый аппарат, снабженный композиционной усовершенствованной теплозащитой проник в раскаленную атмосферу Венеры. Аэродинамическое торможение спускаемого аппарата в атмосфере планеты продолжалось 18 секунд, при этом кинетическая энергия перешла в тепловую [скорость изменилась с 11,6 километров до 250 метров в секунду, а температура газа в лобовой части спускаемого аппарата превышала 12 000°C] и под воздействием возникших перегрузок вес каждой детали возрос в 335 раз!

После торможения в атмосфере Венеры по команде [либо от датчика перегрузок при значении $g = 2$ единицам на нисходящей ветви, либо от программно-временного устройства] произошел отстрел крышки парашютного отсека, введение вытяжного парашюта, а затем и зарифованного на 70 процентов основного парашюта, на котором в

**Спускаемый аппарат
станции «Венера-8»:**

1—механический демпфер; 2—радиопередатчик; 3—корпус приборного отсека; 4—блок коммутации; 5—аэродинамический демпфер; 6—приборная рама нижняя; 7—вентилятор; 8—воздушные каналы; 9—электроразъем; 10—приборная рама верхняя; 11—блок антенно-фидерного устройства; 12—трубопровод системы терморегулирования; 13—антенна передатчика дополнительная; 14—парашютный отсек; 15—антенна передатчика (основная); 16—крышка парашютного отсека; 17—вытяжной парашют; 18—основной парашют; 19—антенна радиовысотомера; 20—пироустройство отстрела крышки; 21—телеметрический блок; 22—теплообменник; 23—теплоаккумулятор; 24—теплоизоляция внутренняя; 25—задающий генератор; 26—блок коммутации; 27—программно-временное устройство; 28—теплоизоляция внешняя; 29—теплоаккумулятор



течение 11 минут был совершен спуск до высоты 30 километров. На этой высоте в 11 часов 45 минут была зарегистрирована разрифовка парашюта, и дальнейшее снижение спускаемого аппарата происходило с полностью раскрытым куполом.

Отстрел крышки парашютного отсека, введение вытяжного и основного парашютов, отстрел стренг основного парашюта после посадки производятся с помощью пиросредств.

Если вспомнить, что температура торможения выше $12\ 000^{\circ}\text{C}$, а температура у поверхности около 500°C , то станет понятным, как не просто было создать надежные термостойкие пиросредства и парашютную систему. Только конструкторы, создавшие парашютную систему, знают, сколько пришлось провести экспериментов, пока не был найден материал, способный противостоять скоростному напору и температуре атмосферы Венеры.

Во время наземных испытаний, вспоминают конструкторы, был такой случай.

Проводили исследования образцов парашютной ткани и строп на прочность в термобарокамере при температуре более $+500^{\circ}\text{C}$ и давлении $100\ \text{кгс}/\text{см}^2$ в среде углекислого газа. Все эксперименты окончились успешно. Но стоило перейти на испытания этих образцов в термоаэродинамической трубе (испытания в раскаленном потоке углекислого газа, при скорости потока 250—300 метров в секунду), как ткань и стропы рассыпались и превращались в труху. Долго не могли понять, в чем дело.

И только после того, как газовый поток изолировали от окружающей атмосферы, эксперименты прошли удачно. Причиной, вызывавшей разрушение

образцов, оказался атмосферный кислород, который в незначительных количествах проникал в поток углекислого газа, вызывая окисление материала ткани и строп, что приводило к резкому ухудшению их механической прочности.

Итак, спускаемый аппарат станции «Венера-8» в атмосфере Венеры. Пока он совершает почти часовой парашютный спуск, познакомимся с ним.

Орбитальный отсек с его аппаратурой, неоднократно испытываемый космосом, практически (по сравнению со станцией «Венера-7») остался неизменным.

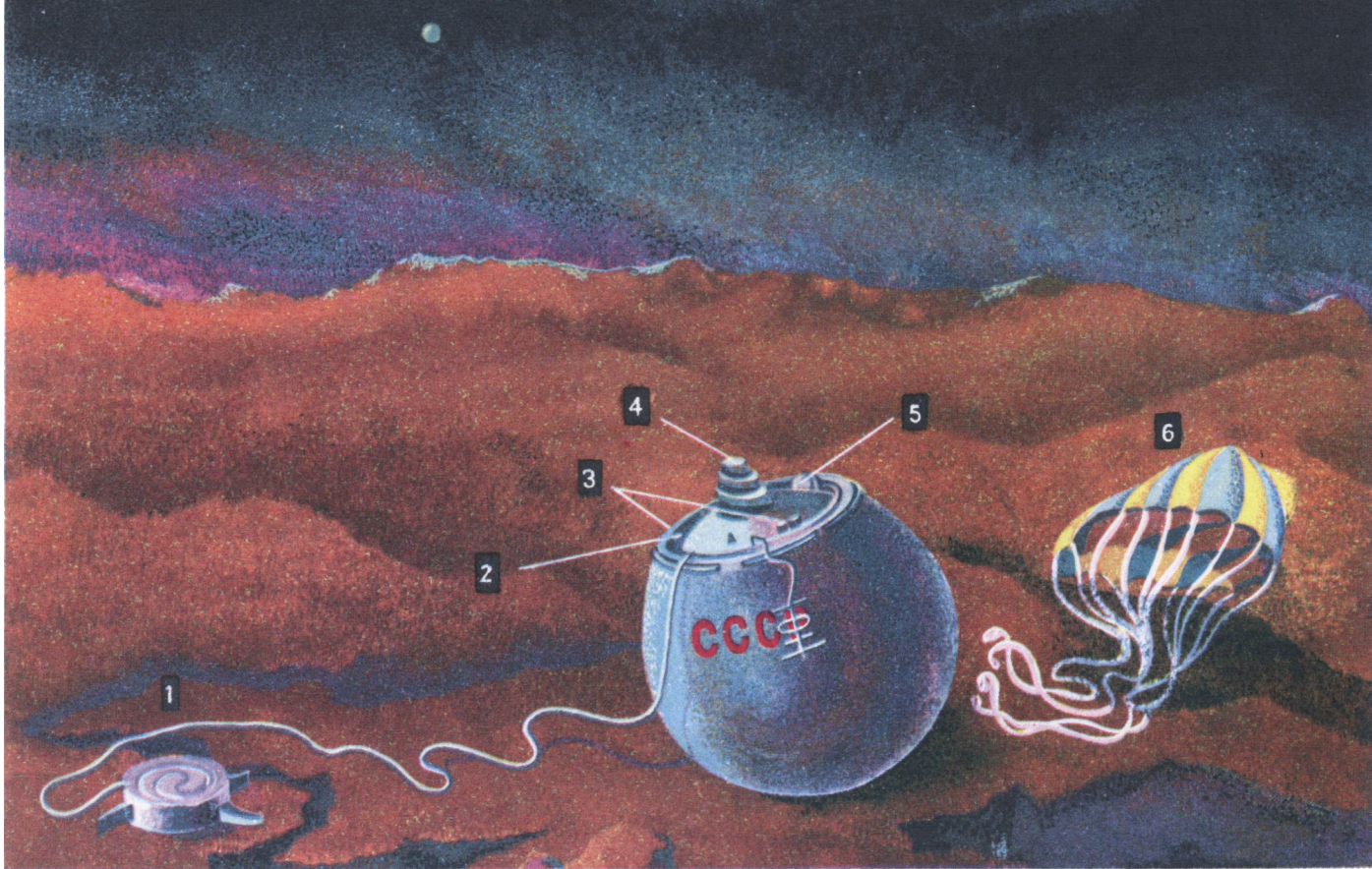
В связи с уточнениями, внесенными в параметры атмосферы Венеры станцией «Венера-7», были существенно снижены расчетные величины разрушающей нагрузки, воздействующей на корпус спускаемого аппарата, и максимальной температуры окружающей среды на поверхности Венеры.

Это позволило уменьшить массу корпуса спускаемого аппарата и теплоизоляции, и за счет экономии массы установить дополнительные научные приборы и специальные устройства, позволившие увеличить время работы приборов и систем аппарата при нахождении его на поверхности планеты.

Уменьшение массы корпуса спускаемого аппарата никоим образом не сказалось на его прочности. Он по-прежнему готов был противостоять давлению в $100\ \text{кгс}/\text{см}^2$, температуре в 500°C и 100-кратной ударной перегрузке в момент посадки.

Учитывая новые условия посадки на «край» шара Венеры и на освещенную сторону планеты, конструкторам пришлось решить ряд новых задач.

Спускаемый аппарат станции «Венера-8» ждала не ровная посадочная площадка, он мог оказаться



Спускаемый аппарат станции «Венера-8» на поверхности планеты:

1 — антенна выносная; 2 — датчики давления и температуры атмосферы; 3 — датчики измерения освещенности; 4 — антенна основная; 5 — антенна выносная (до отстрела); 6 — парашют после отстрела

в расщелине или на крутом склоне, он мог опрокинуться парашютным отсеком вниз. В этих случаях сигнал с остронаправленной антенны спускаемого аппарата не попал бы на Землю, так как даже при нормальной посадке и в расчетный район поверхности Земля могла оказаться на краю поля диаграммы направленности антенны спускаемого аппарата. Расширить угол диаграммы направленности спиральной антенны, жестко установленной в парашютном отсеке, и обеспечить вертикализацию спускаемого аппарата после посадки, как это было на последних станциях «Луна», по весовым и конструктивным соображениям, не представлялось возможным.

Поэтому на спускаемом аппарате станции «Венера-8» была установлена вторая выносная антенна, соединенная с бортовым радиокомплексом специальным термостойким кабелем.

Эта антенна в момент касания спускаемым аппаратом поверхности выбрасывалась из парашютного отсека и с помощью трех пружинных лап занимала вертикальное положение, что способствовало повышению надежности радиосвязи спускаемого аппарата с Землей. На участке парашютирования радиосвязь поддерживалась через спиральную остронаправленную антенну спускаемого аппарата (во время аэродинамического торможения, когда спускаемый аппарат окутан плазмой, связь невозможна). После посадки, когда выброшена выносная антенна, программно-временное устройство периодически подключает радиопередатчик то к одной, то к другой антенне. Связь и на одной и на другой антенне была устойчивой.

Выбор места посадки спускаемого аппарата на

освещенную сторону планеты не был случайным. Дело заключается в том, что для объяснения высоких значений температуры и давления у поверхности планеты был выдвинут (как было сказано выше) ряд гипотез. Принятие той или иной гипотезы зависело от ответа на вопросы о том, проникает или не проникает солнечный свет через облачный слой и плотную атмосферу к поверхности планеты, существует ли перепад температур между дневной и ночной сторонами поверхности планеты, между экваториальными и полярными областями.

На вопрос об освещенности поверхности планеты наземные наблюдения дать ответа не могли. Что касается перепада температур, то радиоастрономические наблюдения и теоретические расчеты говорили о том, что благодаря большой теплоемкости атмосферы, хотя сутки и длятся на Венере почти 4 земных месяца, суточные перепады температуры, а также перепады между экваториальными и полярными областями невелики. Необходимо было дать определенные ответы на поставленные вопросы.

Если вопросы измерения температуры и давления не представляли трудности, то измерение освещенности было делом новым.

Сложность эксперимента по измерению освещенности состояла в том, что прибор должен был обеспечить измерения в очень широком диапазоне световых потоков и надежно работать в горячей и плотной атмосфере Венеры. В измерительной практике аналогов такому прибору не было, все пришлось разрабатывать заново. Полетом автоматических станций «Венера-4, -5, -6», как уже известно, были установлены основные компоненты, составля-

ющие атмосферу планеты: 97% углекислого газа, не более 2% азота, менее 0,1% кислорода и менее 1% водяного пара вблизи облачного слоя. Но несмотря на вполне определенные представления о составе и строении атмосферы Венеры, вопрос о составе и размерах облачного слоя оставался нерешенным. Как уже было сказано, ряд ученых высказывали предположение, что в состав облаков могут входить соединения, содержащие аммиак. Если исходить из этого предположения, то в атмосфере Венеры при давлениях и температуре, существующих на высотах ниже 50 километров, можно было ожидать появления небольших количеств аммиака в чистом виде. Поэтому на спускаемом аппарате станции «Венера-8» был установлен прибор для определения присутствия аммиака в атмосфере планеты. Принцип работы прибора основывался на том, что существуют химические соединения, которые при воздействии на них паров аммиака изменяют свой цвет. В данном случае был взят тетрабромфенолсульфоталеин — мелкозернистый порошок желтого цвета, который при воздействии аммиака становился синим. Изменение цвета регистрировалось фотоспротивлениями. Для устранения случайных явлений и повышения чувствительности прибора была применена мостовая схема, которая фиксирует изменение окраски в сравнении с эталоном (т. е. с аналогичным реактивом, помещенным в герметичной капсуле).

Одним из новых был эксперимент по исследованию физико-химических свойств поверхности планеты.

Для определения характера горных пород проводится обычно или полный химический или мине-

ралогический анализ. Но для таких исследований необходимо осуществить забор грунта и в течение довольно длительного времени исследовать его.

Для работы в необычно тяжелых температурных условиях Венеры создать механическое устройство, которое могло быть вынесено за пределы герметичного корпуса аппарата и осуществило бы забор грунта и его доставку в приемный отсек, дело довольно сложное. Помимо этого еще необходима сложная аппаратура для проведения анализа грунта. Лимит веса, энергии и возможное время активного существования аппарата на поверхности планеты не позволяли установить эти приборы на станции.

Поэтому для получения представления о характере горных пород, слагающих поверхностный слой Венеры, был применен другой метод, который основан на том, что ряд отдельных химических элементов, например радиоактивные — уран, торий и калий, — в каждом типе горной породы находятся в строго определенном процентном соотношении и поэтому являются как бы визитной карточкой того или иного типа горной породы.

Прибором, позволяющим определить наличие определенных радиоактивных элементов, является гамма-спектрометр, причем у этого прибора есть огромное преимущество. Нет необходимости выносить его за пределы герметичного корпуса, так как гамма-излучения, испускаемые радиоактивными элементами поверхностного слоя, свободно проникают сквозь стенки корпуса и попадают на детектор спектрометра. Благоприятным обстоятельством для применения гамма-спектрометра было также отсутствие в породе Венеры излучения, наведенного

космическими лучами (благодаря экранирующим свойствам мощной атмосферы планеты) и создающего серьезные трудности при проведении подобных измерений на других небесных телах.

Гамма-спектрометр, установленный на «Венера-8», включал в себя сцинтилляционный датчик, 60-канальный амплитудный анализатор (для получения спектра) и интегратор для интегрального счета гамма-квантов, который обеспечивал измерение суммарной интенсивности гамма-излучения с энергией 0,3 МэВ.

Для проведения калибровки в наземных условиях гамма-спектрометр был помещен в аналог спускаемого аппарата станции «Венера-8», и был проведен ряд измерений над выходами горных пород (в естественном залегании) с известным содержанием урана, тория и калия. Калибровка проводилась на гранитах, базальтах и других породах. Кроме того, над породами, которые имеют малое содержание естественных радиоэлементов — дунитами, было проведено определение собственного фона станции, вызванного гамма-излучением естественных радиоактивных элементов, находящихся в виде микропримесей в материалах приборов и конструкции станции.

В 12 часов 29 минут 22 июля 1972 года спускаемый аппарат станции «Венера-8» совершил мягкую посадку на поверхность Венеры, и в течение 50 минут шла передача научной информации на Землю. Такого в истории еще не было.

Как же удалось конструкторам добиться того, что почти в течение двух часов научная аппаратура, радиокомплекс и другие приборы спускаемого аппарата сохраняли работоспособность, в то время

как аппарат находился во власти 500-градусной жары.

Естественно, что система терморегулирования с отводом лишнего тепла через теплообменник в космическое пространство, которая была применена на орбитальном отсеке, здесь неприемлема. В данном случае вопрос мог быть решен путем аккумуляирования холода, примерно так же, как это делается в деревенских погребах-ледниках, куда зимой загружается лед и за счет его таяния в течение лета поддерживается холод. Такими аккумуляторами холода в спускаемом аппарате были сами приборы, корпус и специальные устройства, которые накопили запас холода в сеансах захлаживания спускаемого аппарата, проведенных за несколько дней до полета станции к Венере, когда температура спускаемого аппарата была понижена примерно до -15°C .

Для улучшения теплового режима внутри спускаемого аппарата были установлены специальные устройства — поглотители тепла, изготовленные из материалов с высокой теплоемкостью. При нагреве отсека они первыми забирали на себя значительную часть тепловой энергии и тем самым на более длительный срок обеспечивали работоспособность аппаратуры спускаемого аппарата. Перемешивание воздуха в отсеке производилось с помощью вентилятора.

Безотказная работа всех систем и научных приборов автоматической станции «Венера-8» и ее спускаемого аппарата была обеспечена их тщательной наземной отработкой в условиях, максимально приближенных к реальным, — в космосе, в атмосфере и поверхности Венеры.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Автоматическая станция «Венера-8» успешно завершила полет, программа научных исследований была выполнена полностью. Основной их целью было получение ответа на ряд новых, принципиальных вопросов о физико-химических характеристиках атмосферы и поверхности планеты.

Станция «Венера-8» была оборудована научными приборами, позволявшими проводить широкий комплекс исследований межпланетной среды по трассе полета, в атмосфере и на поверхности Венеры на ее дневной стороне.

С помощью радиометрической аппаратуры, установленной на орбитальном отсеке станции, во время полета по межпланетной трассе производились систематические измерения состава энергетического спектра и вариаций интенсивности космических лучей. Данные этих измерений позволяют оценить, как развиваются в космическом пространстве динамические процессы, происхождение которых связано с солнечной активностью.

Во время полета станции наблюдалось аномальное увеличение солнечной активности. Это явление оказывает сильное влияние на уровень интенсивности космических лучей в различных энергетических интервалах, что и было подтверждено результатами измерений, проведенных на «Венере-8».

На фоне возрастания солнечной активности были зарегистрированы четыре мощные солнечные вспышки, во время которых произошло резкое увеличение интенсивности протонов с энергиями более 1 миллиона электронвольт и 30 миллионов электронвольт. При этом отмечалось также значительное

понижение интенсивности галактических космических лучей, приходящих из более удаленных областей пространства.

Подобные результаты были получены во время аномального возрастания солнечной активности приборами, установленными на «Венере-7», «Луноходе-1», «Марсе-2, -3».

Измерения ультрафиолетового излучения, создаваемого рассеянным в межпланетном пространстве нейтральным атмосферным водородом, показали, что в отдельных областях межпланетного пространства интенсивность этого излучения возрастала в 2—3 раза. Проводились измерения интенсивности излучения в узком интервале ближней ультрафиолетовой области спектра, создаваемом в основном фоном ярких голубых звезд.

На участке аэродинамического торможения спускаемого аппарата при его входе в атмосферу Венеры измерялась величина перегрузки. Процесс изменения перегрузки зависит от распределения плотности по высоте, поэтому на основании проведенных измерений были получены данные о параметрах атмосферы выше уровня начала прямых измерений.

Прямые измерения температуры и давления в атмосфере Венеры при парашютном спуске спускаемого аппарата станции «Венера-8» и после ее посадки производились при помощи датчиков давления и температуры, размещенных в парашютном отсеке. Эти измерения были начаты после отстрела крышки парашютного отсека и введения основного парашюта на высоте 55 километров от поверхности. Одновременно с началом измерения параметров атмосферы с помощью бортового радиовысотоме-

ра были начаты измерения высоты, которые продолжались в течение всего времени спуска.

Помимо этого высота над поверхностью планеты была определена расчетами из условия гидростатического равновесия (с учетом давления и температуры, измеренных при спуске) и по уравнению движения аппарата на парашюте (в расчетах использовались аэродинамические характеристики парашюта и аппарата, определенные в экспериментах на Земле).

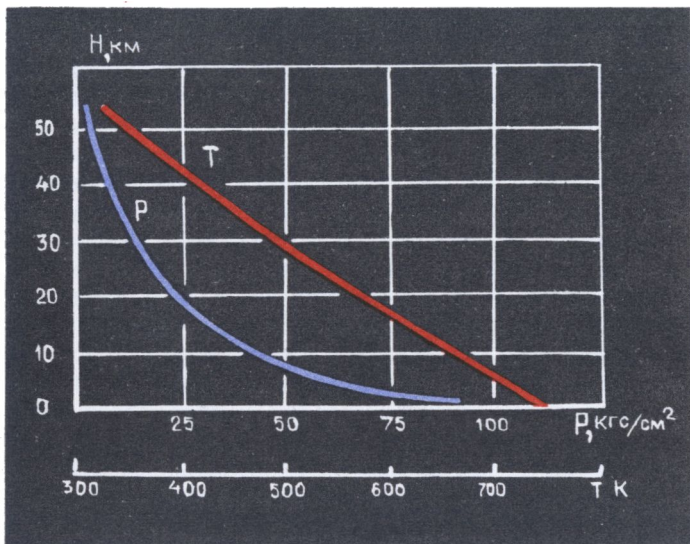
В процессе снижения спускаемого аппарата про-

изводилось определение радиальной скорости аппарата относительно Земли с помощью задающего генератора бортового радиопередатчика по доплеровскому сдвигу частоты.

Зная радиальную скорость, можно вычислить скорость снижения аппарата и путем интегрирования скорости получить дополнительную информацию о высоте аппарата над поверхностью. В результате сравнения измеренных величин высоты над поверхностью планеты с ее расчетными значениями и с учетом величины сноса спускаемого аппарата за счет ветра было установлено наличие перепада высот в 4—5 километров с уклоном около 10—12°. Автоматическими станциями «Венера-5, -6», также была зафиксирована неровность рельефа, только перепад высот был большим и составлял 10—12 километров.

Анализ данных о параметрах атмосферы, полученных в результате полетов станций «Венера-4, -5, -6, -7» и «Венера-8», показывает, что заметных различий в высотных профилях температуры и давления на ночной и дневной сторонах Венеры не обнаружено.

Температура и давление, измеренные в месте посадки станции «Венера-8», составили $470 \pm 8^\circ\text{C}$ и $90 \pm 1,5$ килограмм-сил на квадратный сантиметр, что очень близко к значениям, полученным в эксперименте на станции «Венера-7», хотя места посадки станций удалены друг от друга на расстоянии 3000 километров и одно находится на дневной, в зоне утреннего терминатора ($9 \pm 3^\circ$) — станция «Венера-8», — а другое на ночной стороне планеты. Результаты этих измерений подтвердили вывод, сделанный на основании результатов, полученных



Данные измерений температуры и давления, выполненных автоматической станцией «Венера-8» в атмосфере планеты

со спускаемого аппарата станции «Венера-7», о том, что термодинамическое состояние газа в атмосфере Венеры подчиняется адиабатическому закону вплоть до поверхности, так же как и в атмосфере Земли.

Основываясь на этих измерениях, можно сделать вывод, что на Венере имеет место вертикальное перемешивание слоев в атмосфере.

На высоте 46 километров была взята первая проба газа для определения наличия аммиака, а на высоте около 33 километров повторная проба.

Результаты этих измерений, выполненных впервые, указывают на присутствие аммиака в атмосфере Венеры, объемное содержание которого может быть оценено равным 0,01—0,1%. Сторонники наличия в облачном слое Венеры аммиачных соединений получили подтверждение своей гипотезы.

Исходя из этого можно ожидать, что в верхних слоях атмосферы при относительно низких температурах аммиак должен связываться с водой, углекислотой, хлористым водородом и другими газами атмосферы с образованием аммонийных соединений (чаще всего белых кристаллов, хорошо отражающих свет), которые могут быть одним из компонентов облачного слоя Венеры.

Образовавшиеся кристаллы начинают выпадать (как капли дождя или снежинки на Земле), но достигнув слоев с более высокой температурой, вновь разлагаются на составляющие компоненты и возгоняются в верхние слои атмосферы. Так можно представить себе круговорот газов на Венере. Присутствие аммиака в атмосфере может говорить также о наличии вулканической деятельности на этой планете.

Как мы уже знаем, во время спуска аппарата на парашюте по доплеровскому сдвигу частоты задающего генератора была измерена радиальная скорость аппарата относительно Земли. По радиовысотометру была определена скорость снижения относительно поверхности Венеры. Зная эти две величины, можно оценить величину и направление скорости ветра на Венере. Скорость ветра представляет собой горизонтальную компоненту скорости в плоскости, содержащей векторы радиальной и вертикальной скоростей спускаемого аппарата.

На высотах 53—46 километров по результатам измерений скорость ветра оценивается 100—50 метров в секунду; на высотах 40—24 километра скорость ветра меньше 38—26 метров в секунду; на высотах 20—14 километров происходит резкое уменьшение скорости ветра. Градиент скорости составляет 4 метра в секунду на километр. У поверхности и до высот 10—12 километров скорость ветра существенно меньше и составляет уже 0—2 метра в секунду. Следует отметить одну особенность: направление ветра на всех высотах широтное — от терминатора на дневную сторону, т. е. в направлении собственного вращения Венеры.

Чтобы создать на Земле у поверхности такой же скоростной напор, какой создает ветер на Венере на высоте 15—20 километров, земной ветер должен иметь скорость 50—100 метров в секунду!!

Очевидно, что ветры на Венере имеют существенное влияние на формирование рельефа планеты и являются одной из основных особенностей атмосферы планеты.

Впервые на всем участке парашютирования и после посадки с помощью фотометра была полу-

чена 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 там существует значительное различие между освещенностью днем и ночью. Кроме того, данные этих измерений указывают на то, что атмосфера Венеры ослабляет солнечный свет.

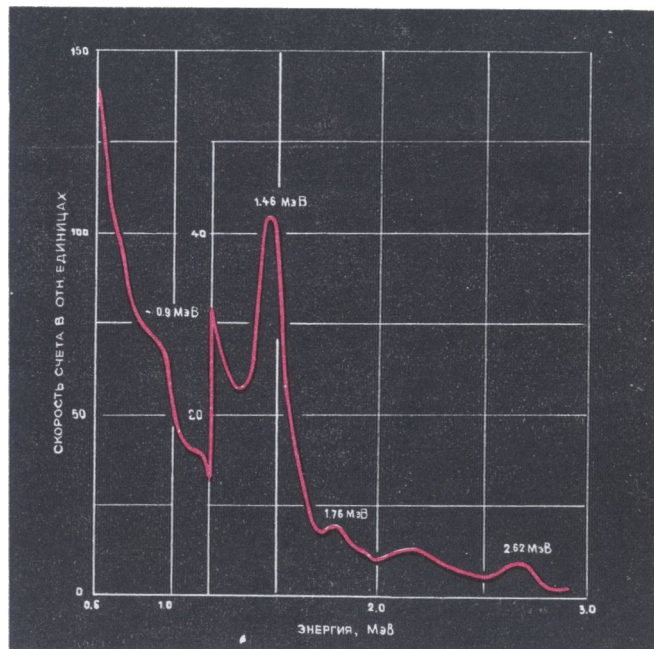
Как показали измерения, на высоте 49 километров освещенность составляет 3600 ± 1000 люкс, а у поверхности 350 ± 150 люкс. Следует указать на своеобразное изменение величины градиента освещенности: на участке высот от 49 до 30 километров он составлял 145 люкс на километр, а на участке 30 — 0 километров только 34 люкс на километр. Резкое изменение градиента освещенности в районе высоты 30 километров может быть вызвано нижней кромкой облаков. Анализ данных освещенности позволяет оценить дальность видимости у поверхности значением, равным 1 километру.

Эти первые измерения величины освещенности были выполнены в то время, когда угол Солнца в месте посадки спускаемого аппарата составлял $8-10^\circ$, т. е. там было венерианское утро.

С нетерпением ждали ученые информации о физико-химических свойствах поверхности планеты. Первые данные о диэлектрической проницаемости и плотности грунта были получены в результате анализа уровня отраженных поверхностью радиоволн, излучавшихся с аппарата в процессе спуска. Результаты этих измерений показывают, что величина диэлектрической проницаемости поверхности грунта немногим более трех единиц, и это дает основание полагать, что в районе спуска поверхност-

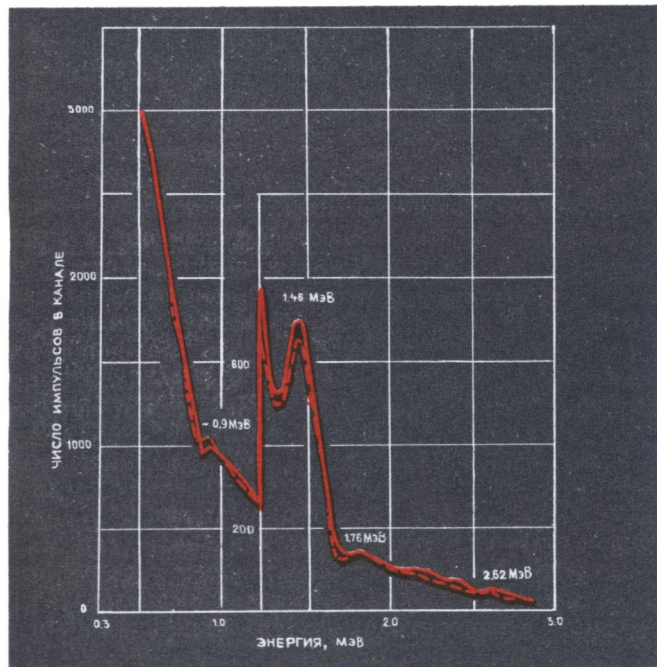
ный слой планеты является достаточно рыхлым, с плотностью грунта немногим менее полутора граммов в кубическом сантиметре [точнее $1,4 \pm 0,1$].

Но основная уникальная информация была получена с гамма-спектрометра. Его включение и осуществление измерений проводились как при парашютном спуске в атмосфере планеты, так и после посадки станции на ее поверхность.



Калибровочный спектр γ -излучения, полученный над обнаженным гранитом на Земле

При спуске аппарата в атмосфере Венеры было осуществлено три замера суммарной интенсивности гамма-излучений. Один замер был выполнен после посадки. Следует отметить, что заметного изменения интенсивности гамма-излучения во время спуска не наблюдалось. Это свидетельствует об отсутствии излучений от короткоживущих изотопов. Измерения показали возрастание суммарной интенсивности гамма-излучения. Очевидно, это связано



Спектры γ -излучения, полученные после посадки станции на поверхность Венеры

с процессом распада естественных радиоактивных элементов, содержащихся в породах, слагающих поверхность Венеры. Спектр гамма-излучения пород измерялся все время, пока станция активно существовала на поверхности планеты. На Землю информация со спектрометра была передана дважды, что позволило определить содержание урана, тория и калия в венерианской породе.

По предварительным расчетам, породы, слагающие поверхность в месте посадки спускаемого аппарата станции «Венера-8», содержат 4% калия, $2 \cdot 10^{-4}$ % урана и $6,5 \cdot 10^{-4}$ % тория, напоминая по составу и процентному содержанию земные гранитные породы. В условиях Земли такое соотношение элементов характерно для пород, первично выплавленных из недр планеты и подвергшихся вторичным изменениям под воздействием различных факторов окружающей среды.

На Венере обнаруженные породы имеют плотность $1,4 \text{ г/см}^3$, что соответствует рыхлой породе. Можно полагать, что разрушение кристаллических пород коры Венеры носит не только механический характер, а сочетается с процессом разложения под воздействием температуры, давления, углекислого газа и агрессивно действующей (при высоких значениях давления и температуры) воды.

Данные о химическом составе и свойствах грунта, являются ценным вкладом в изучение геологии Венеры и планет Солнечной системы. Прямые исследования Венеры только начались. Последующие эксперименты позволят определить состав и свойства пород в других районах планеты и сделать выводы о процессах, происходивших в твердой оболочке Венеры, и характере ее эволюции.

ЧТО МЫ ЗНАЕМ ОБ УДИВИТЕЛЬНОМ МИРЕ ВЕНЕРЫ

...То, что казалось несбыточным на протяжении веков, что вчера было лишь дерзновенной мечтой, сегодня становится реальной задачей, а завтра — свершением...

С. П. Королев

...Жизнь — явление чрезвычайно устойчивое, упорное. Она может существовать и в условиях, сильно отличающихся от земных...

Г. А. Тихов

12 февраля 1961 года автоматическая станция «Венера-1» впервые отправилась в неизведанный путь к таинственной планете.

Семь раз после этого советские станции шли на штурм загадок Венеры.

Из восьми станций шесть достигли планеты, и пять из них в результате прямых измерений передали на Землю уникальные данные о свойствах и составе атмосферы, первые данные о свойствах и составе поверхности и об освещенности в атмосфере и в месте посадки спускаемого аппарата.

Три раза с пролетных траекторий провели исследования верхних слоев атмосферы Венеры американские станции «Маринер».

Значителен вклад радиоастрономов в исследование «Утренней звезды».

За последние двенадцать лет в результате радиоастрономических и непосредственных прямых ис-

следований Венеры с помощью космической техники ученые узнали об этой планете больше, чем за все предыдущие столетия.

Существуют небесные тела в области космического пространства, которые можно исследовать и с помощью автоматических космических аппаратов и непосредственно человеку с помощью пилотируемых объектов. Например, околоземное космическое пространство, Луна и, возможно, в обозримом будущем — Марс.

Но Венера, благодаря совершенно необычным условиям, царящим в ее атмосфере и на поверхности, на длительное время останется объектом безраздельного «господства» автоматов. Но несмотря на это абсолютное верное утверждение, представим себе, что с помощью будущих космических средств, оснащенных долго действующими системами автономной криогенной защиты, мы оказались на по-

верхности Венеры. Чтобы мы увидели и смогли бы исследовать исходя из современных знаний об этой планете!

Вследствие обратного вращения планеты (это одна из загадок Венеры, которую еще предстоит решить) за один венерианский год день наступает на Венере дважды, причем Солнце восходит на западе и заходит — на востоке. Отсутствие наклона оси вращения планеты к плоскости эклиптики приводит к отсутствию смен времен года. И еще следует отметить одно интересное явление, связанное с особенностями орбитального движения планеты, собственного вращения вокруг своей оси и внутренними приливными явлениями, вызываемыми влиянием Земли, — в нижнем соединении Венера всегда обращена к Земле одной и той же стороной.

Температура внешних стенок нашего корабля оказалась бы в районе температуры красного каления железа — 500°C , давление около 100 кгс/см^2 , как в океане на километровой глубине, плотность воздуха (если так его можно назвать) у поверхности в 60 раз больше плотности земного воздуха на уровне океана.

При этих условиях, когда температура на поверхности планеты выше температуры плавления или кипения целого ряда элементов, находящихся на Земле в жидкой или твердой фазах, они могут перейти в газообразное (вода, сера, бром, йод, ртуть и другие) или жидкое состояние (щелочные металлы, олово, свинец и другие).

Химические газоанализаторы, установленные на нашем корабле, зафиксировали бы наличие в основном углекислой атмосферы (93—97% CO_2). На остальные газы (азот, кислород, аммиачные, хлори-

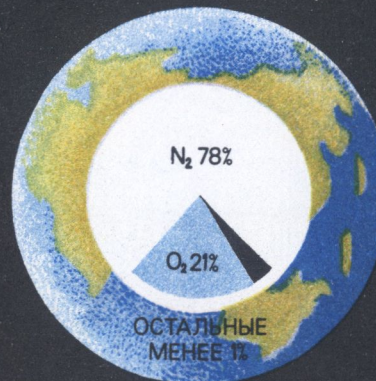
стые, фтористые соединения, пары воды и другие) приходится 7—3%. Можно ожидать, что с изменением высоты состав дополнительных компонентов атмосферы существенно меняется. В самом деле, с изменением высоты (как показали наши приборы) температура атмосферы падает с градиентом 8—8,5 градусов на километр, и пары примесей, находящиеся в атмосфере, должны конденсироваться на различных уровнях, как это имеет место с водяными парами при понижении температуры, выпадать в виде осадков, образуя на различных высотах «облака», и вновь возгоняться, попадая в области с температурой, равной температуре испарения (возгонки) этих соединений или элементов. Возможно, этот процесс значительно сложнее. Можно предположить, что попутно идут реакция соединения и разложения с образованием новых веществ или их составных частей, как это происходит с аммиаком и его соединениями. При сравнительно низких температурах в верхних слоях атмосферы Венеры аммиак связывается с водой, углекислотой, хлористым водородом, образуя при этом чаще всего белые кристаллы аммонийных соединений, которые начинают выпадать в виде осадков, но достигнув высоты с более высокой температурой, возгоняются. Например, для углекислого аммония эта температура равна 60°C и, следовательно, его возгонка должна происходить в атмосфере Венеры на высоте 47—48 километров (от среднего уровня).

В более низких областях возможно наличие гидратов магния, сернистых соединений, соединений хлористого железа и других. Следовательно, облачный слой Венеры не однороден и, скорее всего, носит сложный слоистый характер. Опираясь

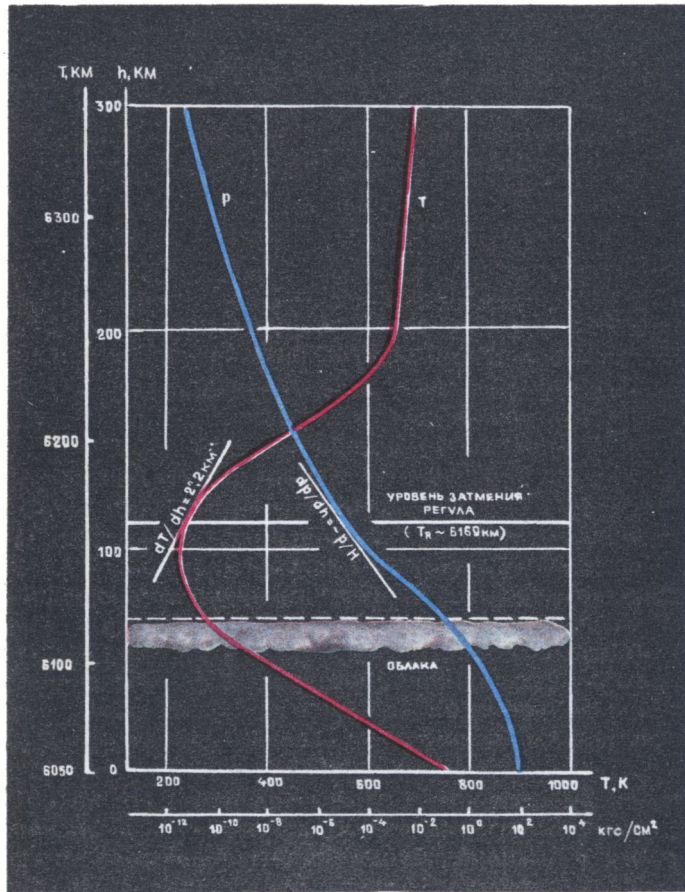
ВЕНЕРА



ЗЕМЛЯ



Данные о составе атмосферы Венеры и Земли

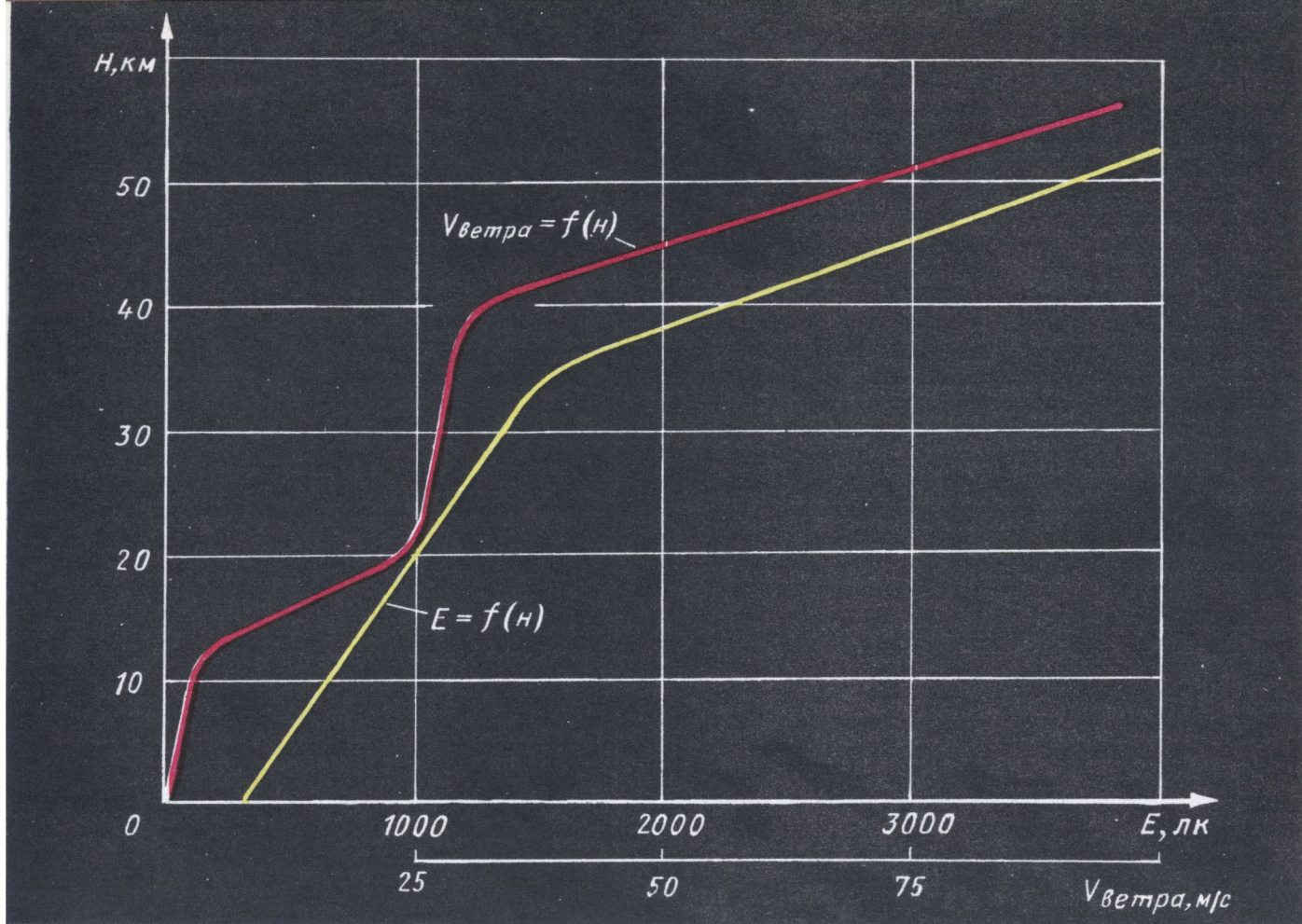


Модель атмосферы Венеры по данным измерения, полученных в результате полетов автоматических станций «Венера»

на фотометрические данные, можно предположить, что нижняя кромка венерианских облаков находится на высоте порядка 30 километров. На Земле верхняя граница облаков находится на высоте 10—12 километров.

Ну, а из чего на самом деле состоят облака, каково их строение, каков механизм их образования! На эти вопросы точных ответов, как видите, пока нет, есть предположения. Эти вопросы ждут своего решения.

Через облачность, толщина которой определяется величиной около 30 километров (верхняя кромка облаков находится на высоте 60—70 километров), увидеть Солнце, очевидно, нельзя, хотя до него почти на 50 миллионов километров ближе, чем от Земли. Вследствие этого днем (который длится 60 земных суток) теней на поверхности нет, и освещенность такая, как в сильно облачный, туманный день на Земле с дальностью видимости около одного километра. Вследствие большой плотности атмосферы происходит очень сильное преломление световых лучей в атмосфере, и могло бы казаться, что во всех направлениях линия горизонта поднята, а мы находимся внутри на дне огромной чаши. Несмотря на то, что венерианский день длится два месяца и столько же длится ночь, суточные колебания температуры благодаря огромной теплоемкости атмосферы планеты составляют 12°C , в то время как между полюсом и экватором температурный перепад составляет 18°C . Наиболее сильный температурный градиент наблюдается в вертикальном направлении, так на горе высотой в 5 километров температура будет на 40°C ниже, чем у ее основания.



Изменение скорости и освещенности в зависимости от высоты [по данным измерения, полученных со станции «Венера-8»]

Благодаря градиенту температур, в меридианальном, экваториальном и в вертикальном направлениях в атмосфере планеты имеют место сложные циркуляционные течения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. У поверхности величина скорости потоков невелика (по данным «Венеры-8») 0—2 метра в секунду и направлена от терминатора на дневную сторону (в сторону собственного вращения планеты). На высотах 45—55 километров скорость ветра составляет уже около 50—100 метров в секунду с тем же направлением. Возможно, это связано с четырехсуточным циклом циркуляции верхней атмосферы, установленной (по фотографиям Венеры) в ультрафиолетовых лучах. Движение «ультрафиолетовых облаков» происходит в 60 раз быстрее, чем вращение самой планеты. На Земле аналогичное явление обнаружено на высотах 150—400 километров, при этом опережающее вращение атмосферы только в 1,2—1,4 раза быстрее вращения Земли. Пока объяснение этому загадочному явлению на Земле не найдено. На Венере оно, скорей всего, объясняется особенностями теплообмена и планетной циркуляцией на уровне облачного слоя.

Очевидно, наряду с экваториальной циркуляцией существует вертикальное течение, но с меньшими скоростями, и значительные течения в меридианальном направлении.

В 1969—1972 годах в Институте океанологии Академии наук СССР были выполнены расчеты «погоды» Венеры. Результаты этих расчетов сводятся к следующему. Циркуляция атмосферы Венеры практически симметрична относительно экватора и разбивается как следствие температурных различий

между дневным и ночным полушариями. Эти различия постоянно поддерживаются тем, что дневная сторона планеты нагревается Солнцем, а ночная охлаждается из-за собственного излучения (градиент температуры около 12°C). Циркуляция не симметрична ни относительно оси вращения, ни относительно линии Солнце — Венера: область наибольшего нагрева приближается к вечернему терминатору, а наиболее холодная область находится на утреннем терминаторе.

Система ветров такова: в нижних слоях газы, образующие атмосферу Венеры, стекают к наиболее нагретой области. Там они поднимаются вверх и растекаются в верхних слоях, собираются к области «холода», где снова опускаются вниз. Эти движения охватывают всю планету: крупномасштабные вихри типа циклонов и антициклонов отсутствуют. Типичная скорость ветров несколько превышает 5—6 метров в секунду (на Земле типичная скорость близка к 10 метрам в секунду). Но учитывая, что плотность атмосферы Венеры в 60 раз больше плотности атмосферы Земли (у поверхности) ветровая нагрузка на Венере для типичных ветров соответствует ураганным земным ветрам.

Согласно расчетам, вертикальные скорости газов венерианской атмосферы достигают величины в несколько сантиметров в секунду (на Земле они измеряются немногими миллиметрами в секунду). Вся нижняя атмосфера Венеры (тропосфера) находится в состоянии конвективного перемешивания: на дневной стороне это обусловлено нагревом снизу, на ночной — охлаждением сверху вследствие собственного излучения. Эти теоретические расчеты еще предстоит проверить и уточнить, но, очевидно,



Снимки облачного слоя Венеры, полученные с американского космического аппарата «Маринер-10»

они близки к реальной картине процессов, проходящих на Венере.

Изменение параметров атмосферы Венеры вплоть до поверхности (по данным станций «Венера») является адиабатическим и свидетельствует об активном перемешивании атмосферы, вызванном либо глобальной циркуляцией, как отмечалось выше, либо гравитационной ячейковой конвекцией. Таким образом, можно заключить, что теплофизические свойства атмосферы планеты определяют толщину ее адиабатического слоя и максимальную температуру поверхности.

Новые данные о динамичности верхней атмосферы Венеры принес американский космический аппарат «Маринер-10», при пролете около планеты в феврале 1974 года.

Снимки облачного слоя Венеры, полученные с этого аппарата с помощью фото-телевизионной аппаратуры через ультрафиолетовые светофильтры, указывают на наличие мощных струйных, циркуляционных потоков в верхней атмосфере планеты, направленных по спирали от экватора к полюсам. Разделом этих течений является район турбулентности, названный «глазом Венеры», образующийся в подсолнечной точке (в экваториальной зоне) и имеющий диаметр около 1600 километров.

Можно ожидать, что этими мощными течениями тепловая энергия переносится от экватора к полюсам, уравнивая тепловой баланс планеты. При этом скорость движения этих потоков, судя по движению облачного покрова, оценивается у экватора в 320 километров в час, а у полюсов — вдвое быстрее! Причем движутся эти потоки в сторону, противоположную вращению планеты.

Причиной, вызывающей эти мощные течения, могут оказаться потоки солнечной плазмы (солнечного ветра), входящей в непосредственный контакт с атмосферой планеты, благодаря отсутствию у Венеры «щита» от этих потоков в виде магнитного поля, которое имеет наша Земля.

На трех приведенных снимках, которые были сделаны с интервалом в семь часов каждый, можно проследить за эволюцией воздушных течений в атмосфере Венеры.

Данные, полученные с космического аппарата «Маринер-10», говорят в пользу теории о глобальной циркуляции атмосферы Венеры.

Мы несколько отвлеклись этими теоретическими рассуждениями от условий, окружающих корабль будущего на Венере. Мы отмечали на Венере огромное давление (около 100 кгс/см² у поверхности). Но так ли оно необычно и поразительно! Две трети земной поверхности — моря и океаны. Если мировой океан равномерно разлить по всей поверхности Земли, то его средняя глубина составит 3—3,5 километра и у основания гидросферы Земли среднее давление будет составлять 300 кгс/см² (в три раза превосходя давление у поверхности Венеры). Так что в этом вопросе ничего необычного в условиях, царящих на Венере, по сравнению с Землей, нет.

Ну, а что представляет собой поверхность в месте посадки нашего корабля!

В целях проверки данных, полученных со станции «Венера-8», мы совершим посадку там же, где опустился на поверхность планеты ее спускаемый аппарат.

Посадочные устройства нашего корабля погру-

зятся достаточно глубоко в рыхлый поверхностный слой, плотность которого около 1,4 грамма в кубическом сантиметре. По спектру гамма-излучения пород в месте посадки удалось установить, что по составу и процентному содержанию радиоактивных элементов эти породы напоминают земные граниты. Можно предположить, что они были выплавлены из недр планеты и затем подвергались вторичным изменениям под воздействием факторов окружающей среды (механические воздействия, температура, давление, химические воздействия углекислым газом и агрессивной при высоких значениях температуры и давления воды). Невольно, хотим мы этого или нет, привлекает внимание показание газоанализатора атмосферы — 93—97% углекислого газа. Почему? Какие процессы привели к такому составу? Земная атмосфера содержит его всего-навсего десятые доли процента. Почему также в атмосфере Венеры в 1000 раз меньше воды, чем на Земле?

Очевидно, причину в расхождении условий, существующих на этих двух планетах, часто именуемых сестрами, надо искать в их образовании и эволюции.

По общему убеждению ученых, планеты образовались в результате слипания (акреции) твердых частиц в холодном протопланетном облаке, окружавшем Солнце в эпоху его формирования. Лишь короткое время планеты земной группы сохраняли первичную атмосферу, сходную по составу с протопланетным облаком (водород, гелий, инертные газы, особенно неон).

Первичная атмосфера была почти полностью (может быть, за исключением тяжелых инертных

газов) потеряна. На смену ей пришла атмосфера, состоящая из продуктов вулканической деятельности — углекислый газ, водяной пар, азот.

Дальнейшая судьба этой вторичной атмосферы зависела от условий химического взаимодействия с горными породами, образующими планету, с явлениями частичного поверхностного расплавления поверхности планеты от разложения молекул газов ультрафиолетовым излучением Солнца и от скорости улетучивания в космическое пространство более легких компонентов атмосферы и, конечно, от действия биосферы. По какому же пути пошла эволюция на Земле и на Венере?

Можно эту схему для Земли представить себе следующим образом.

Главный продукт вулканической деятельности (как показывают исследования вулканических газов) — это вода. Примерно в десять раз меньше выделилось углекислого газа. В 300 раз меньше азота. Появление молекулярного кислорода в атмосфере Земли связано с заселением Земли растениями, этими химическими комбинациями, убирающими из атмосферы углекислый газ, переводящими его в осадочные породы (такие, как известняк), и выделяющими в атмосферу молекулярный кислород, газ специфический земной.

Инертный азот, в условиях Земли, очевидно, особых изменений не претерпел. Следует отметить, что связывание углекислого газа в земных условиях идет не только биологическим путем. В присутствии жидкой воды в горных породах идут реакции превращения силикатов в карбонаты.

Учитывая, что размеры и масса Венеры и Земли довольно близки, можно предположить, что и их

внутреннее строение аналогично, и поэтому вулканические процессы должны протекать примерно одинаково.

И сходство действительно есть: например, количество углекислого газа, выделившееся в атмосферу обеих планет за время их эволюции, примерно одинаково. А вот в количестве водяного пара разница огромная.

В чем здесь дело! Для объяснения этого явления существуют две основные гипотезы.

Одна из них предполагает, что венерианская литосфера выделила такое же количество воды, как и Земля. Но то, что в верхней атмосфере Венеры (в мезопаузе) в самой холодной ее области температура на 10—20 градусов выше, чем в атмосфере Земли, а достаточно жесткая ультрафиолетовая радиация Солнца может проникать глубже, чем на Земле, обуславливает, с одной стороны, большую скорость поступления пара из нижних слоев атмосферы в верхние, более интенсивное их разложение (фотодиссоциацию) под воздействием ультрафиолетовой радиации на водород и кислород и более активное «убегание» водорода (за счет теплового движения он приобретает скорость больше второй космической) из атмосферы в космическое пространство. Кислород же вследствие высокой температуры и химической активности связывается с другими газами и твердым веществом поверхности планеты.

Таким образом происходит обезвоживание атмосферы планеты.

Как показывают расчеты, если на Земле поднять среднюю температуру на несколько десятых градуса, то за сто миллионов лет Земля лишится

своего Мирового океана. С точки зрения геологической истории, это очень короткий промежуток времени.

По другой гипотезе следует, что Венера образовалась сразу «безводной», в связи с тем, что в той части первичного протопланетного облака (где происходило образование Венеры) из-за ее близости к Солнцу (а следовательно, и более высокой температуры) не было ледяных частиц и, следовательно, в составе вулканических газов пары воды отсутствовали. Выбор между гипотезами — дело будущего.

Наличие водородной короны у Венеры и большого количества дейтерия в ее составе (за счет массы большей, чем у водорода, дейтерий менее подвижен, ему труднее приобрести вторую космическую скорость и покинуть атмосферу планеты, поэтому происходило его накопление в короне) говорит в пользу первой гипотезы.

Какие же процессы ответственны за высокие значения температуры и давления в атмосфере планеты?

Теперь с большей уверенностью можно сказать, что наибольшее внимание заслуживают парниковая модель и модель глубокой циркуляции атмосферы Венеры (о которых говорилась выше). При этом нельзя, конечно, исключить и такой возможности, что определенную роль в тепловом режиме Венеры играет внутреннее тепло планеты. И в той и в другой модели нужно подчеркнуть важную роль циркуляции на Венере, которая выравнивает температуру между дневной и ночной сторонами, между экватором и полюсами.

Ну, а как ответить на вопрос о наличии форм жизни на Венере!

Вопрос о внеземной жизни имеет непреодолимое очарование для мыслящего человека. Веками многие выдающиеся ученые думали о том, что мы не одиноки в мировом пространстве, что и за пределами нашей планеты — на других небесных телах — обитают живые существа.

В начале нашего века большинство ученых считало, что появление жизни у нас на Земле — какая-то редчайшая, неповторимая «счастливая случайность». На вопрос о существовании внеземной жизни они отвечали отрицательно.

Немногочисленные попытки подойти к решению этой проблемы, хотя бы в отношении наших ближайших соседей Луны и планет Солнечной системы, обычно сводилось к тому, что, получив данные о физических и химических условиях, существующих на небесном теле, мы пытались представить себе, могли бы в этих условиях существовать наши земные организмы. И уж после этого делались выводы о возможности или невозможности жизни на этом небесном теле. Несовершенство такого метода очевидно. Конкретные формы жизни — это продукт тех внешних условий, в которых они возникают и развиваются. Внешняя среда и условия являются орудием, формирующим организмы. И как это ни печально, но вряд ли на других планетах мы сможем обнаружить жизнь, идентичную нашей земной. Вопрос очевидно нужно поставить иначе — могла ли на этом небесном теле в процессе эволюции возникнуть и развиваться та сложная форма движения материи, которую мы называем жизнью?

В течение своего существования все планеты эволюционируют. И, возможно, в прошлом на них могли быть условия, благоприятные для возникно-

вения жизни, которая при своем дальнейшем развитии приспособилась к внешним условиям.

Сейчас стало совершенно очевидным, что возникновение жизни на Земле не явилось какой-то «счастливой случайностью». Это был вполне закономерный процесс, неотъемлемая часть общего процесса развития Вселенной, где каждый последующий этап непрерывно связан с предыдущим.

Насколько огромна приспособляемость форм жизни к внешним условиям показывает наша Земля.

На десятикилометровой глубине океана, где вечная темнота и окружающее давление исчисляется 1000 кгс/см^2 , животный мир так же разнообразен, как в верхнем слое океана.

В горячих серных источниках, имеющих температуру $70\text{—}90^\circ\text{C}$, прекрасно живут и развиваются бактерии, а споры выдерживают температуру в 100°C ! Некоторые формы бактерий выбрали для себя источники, содержащие железо, другие живут только на нефти. На северных склонах Земли королевы Мод на лишайниках и мхах обнаружены членистоногие насекомые размером $0,5$ миллиметра, которые живут и развиваются в условиях отрицательных температур.

На скалах, оплавленных ядерным взрывом и зараженных радиоактивностью, растут и развиваются сине-зеленые водоросли. Их жизнеспособность удивительна, они встречаются на самых высоких пиках Памира, на склонах вулканов после извержения. Будучи помещенными вместе с другими представителями животного мира в герметичный сосуд, где были вода и воздух, и на который воздействовало Солнце (т. е. получилась замкнутая экологическая система), сине-зеленые показали, что они ни от

кого не зависят. Через несколько лет круговорот веществ прекратился. В сосуде остались только си-не-зеленые.

В лабораторных условиях низшие формы жизни и растения подвергали воздействию низких температур до -253°C , радиоактивным облучением в различных дозах. Жизнь торжествовала вновь.

Довольно неожиданные открытия сделали ученые, исследуя метеориты. Они обнаружили в составе метеоритов органические соединения (вазелиновые вещества, битумы, углеводороды парафинового ряда), кристаллическую воду и так называемые организованные элементы, напоминающие по внешнему виду спороподобные образования и некоторые одноклеточные водоросли.

Но этого мало. В результате экспериментов американский ученый Р. Берджер выяснил вообще фантастический факт. С помощью ускорителя частиц он бомбардировал протонами смесь метана, аммиака и воды, охлажденную до -230° . Спустя несколько минут в смеси были обнаружены мочевины, ацетамид и ацетон — органические вещества, нужные для синтеза более сложных соединений. Напрашивается вывод, что в космосе, где имеются бесчисленные атомы разных элементов, облучаемые потоками радиации, могут образоваться и бо-

лее сложные соединения вплоть до аминокислот, из которых, как известно, состоит белок — основа жизни! Все эти факты заставляют задуматься и заново с иных позиций взглянуть на Венеру.

В самом деле, в атмосфере этой планеты есть в избытке углекислый газ, в небольших дозах азот, аммиак, вода, кислород и другие соединения. Почему же в процессе эволюции в верхних слоях атмосферы вблизи венерианских облаков, где условия более благоприятные (с точки зрения землян), не могла зародиться жизнь в виде воздушного планктона или в каких-то других формах? Это еще одна из неразгаданных тайн Венеры, которую предстоит раскрыть ученым.

За последнее десятилетие мы узнали много нового о Венере, то, что сотни лет оставалось для ученых тайнами за семью печатями. Но Венера продолжает задавать все новые и новые загадки.

Как удивительно был прозорлив великий французский философ Д. Дидро, и как свежи его мысли о природе вообще и в отношении к Венере в частности... — «Природа подобна женщине, которая любит наряжаться и которая, показывая из-под своих нарядов то одну часть тела, то другую, подает своим настойчивым поклонникам некоторую надежду узнать ее когда-нибудь всю».

НА ВЕНЕРУ РАДИ ЗЕМЛИ

Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней.

В. И. Ленин

Диалектика учит нас, что все в мире взаимосвязано и взаимообусловлено. Деятельность Солнца непосредственно влияет на процессы, протекающие в окружающем его космическом пространстве, и затрагивает всю Солнечную систему.

Три планеты: Венера, Земля, Марс — образуют так называемую земную группу планет.

Изучая эти планеты, познавая процессы, протекающие в атмосфере, на поверхности и в глубинных слоях, мы можем лучше понять те процессы, которые происходят у нас на Земле, и уяснить пути дальнейшей эволюции.

Сопоставив, например, наши знания об атмосферах планет земной группы, поняв специфику явлений, определяющих движение и тепловой режим в условиях соседних планет, мы сможем лучше описывать и предсказывать особенности земной метеорологии, в частности составлять более точные прогнозы погоды.

Сейчас ведутся большие работы по изучению воздействия человека на климат и одна из важней-

ших задач геофизики заключается в том, чтобы научиться теоретически предсказывать, каким может стать на нашей планете «режим динамического равновесия» в результате сознательных или невольных воздействий, оказываемых хозяйственной деятельностью человека. Практический интерес этой задачи очевиден. Развитие техники идет настолько быстро, что уже сейчас возникает вопрос — какова дальнейшая судьба избытка углекислоты и мелкой пыли, поступающих в атмосферу от сжигания топлива на промышленных предприятиях и в миллионах работающих двигателей, и не может ли накопление углекислоты, повысив «парниковый эффект», привести к катастрофическому потеплению климата, как это имеет место на Венере, или, наоборот, к процессу похолодания, как это имеет место на Марсе во время пыльных бурь.

Или другой пример — устойчивы ли полярные ледяные шапки, не могут ли сравнительно слабые тепловые воздействия привести к их исчезновению и к всемирному наводнению или, наоборот, ката-

строфическому их нарастанию, т. е. к возвращению ледникового периода.

Атмосфера Венеры — это своеобразная модель предельно загрязненной атмосферы взвешенными частицами и углекислым газом. Расшифровав динамику метеорологических процессов и теплового баланса Венеры, мы можем уверенно предсказать грядущие изменения климата.

Подобных вопросов возникает достаточно много и ответить на них нам помогают космические автоматические станции, проникающие в самые удаленные и неприступные уголки космического пространства. Человек делает только первые шаги на пути покорения космоса и познания Вселенной и эти шаги должны в первую очередь служить человеку, помогать ему познать свою голубую, прекрасную планету Земля.

Но, познавая Землю, человек не должен превратиться в безжалостного расхитителя ее природных богатств — они не бесконечны.

Об этом следует помнить всегда, об этом предупреждают нас исследования ученых последних лет, проводимые как на самой Земле, так и в космосе. Об этом говорят люди, побывавшие в космосе. Советский космонавт В. Севастьянов после своего полета писал.... «И вдруг понимаешь, что сама Земля — это космический корабль, который несется в беспредельных просторах Вселенной, у которого ограничены ресурсы и относительно небольшой экипаж — человечество.

Люди Земли должны беречь свою планету, разумно расходовать ее ресурсы, жить в мире во имя будущего нашего и следующих поколений».

Ради Земли, прогресса и благополучия человечества устремляются в космические дали советские автоматические станции.

КОЛУМБЫ КОСМОСА

Эта глава о Главных конструкторах Сергее Павловиче Королеве и Георгии Николаевиче Бабакине. Два разных характера, две разные судьбы, поставленные на службу одной цели.

Сергей Павлович Королев родился в Житомире в 1906 году. Детские годы пришлось на тяжелое и бурное время — империалистическая война, революция, гражданская война, интервенция и победа Советской власти.

В 1924 году Сергей Павлович Королев заканчивает Первую одесскую профшколу и поступает в Киевский политехнический институт на механический факультет.

В 1926 году Сергей Павлович переводится в Московское высшее техническое училище на вечернее отделение и поступает работать на авиационный завод. Производственную практику Сергей Павлович проходит в ЦАГИ, которым руководил А. Н. Туполев. Он и стал руководителем диплома Сергея Павловича.

В стенах МВТУ молодой Королев услышал лекцию о межпланетных путешествиях и межпланетных аппаратах, об идеях К. Э. Циолковского, о ракетах Ф. А. Цандера, о чертежах и расчетах Н. И. Кибальчича. И эти идеи нашли путь к сердцу Королева, но не сразу, а много позже. Но уже в 1931 году Сергей Павлович разработал проект планера с ракетным двигателем.

В 1927—1930 годы винтомоторная авиация определила свои «пределы», и стремление летать выше, быстрее и дальше все настойчивее толкало ученых и инженеров на создание новых видов двигателей.

В Москве в 1931 году возникла общественная организация при Осоавиахиме — Московская группа изучения реактивного движения (Мос.ГИРД). Ее председателем был Ф. А. Цандер. В 1932 году решением президиума Центрального совета Осоавиахима была создана научно-исследовательская и опытно-конструкторская организация ГИРД. С 1 мая 1932 года начальником ГИРДа стал С. П. Королев, бывший до этого председателем технического совета ГИРДа.

В 1933 году 17 августа и 25 ноября гирдовцы на «полигоне» Нахабино (под Москвой) осуществили первые запуски советских ракет на жидком топливе ГИРД-09 и ГИРД-Х.

Уже в эти годы проявляется у Сергея Павловича талант организатора, обладающего огромной энергией и работоспособностью, несгибаемой волей, энтузиазмом и целенаправленностью, способного увлечь коллектив на решение сложнейших задач.

Работами по созданию реактивных двигателей в эти годы в Ленинграде занималась Газодинамическая лаборатория (ГДЛ), подчиненная Военно-научно-исследовательскому комитету при Реввоенсовете СССР. Руководителем работ по жидкостным и электрическим ракетным двигателям был В. П. Глушко.

Для объединения кадров по изучению реактивного движения обе группы (ГДЛ и ГИРД) были слиты

и был создан Реактивный научно-исследовательский институт, где заместителем директора по научной части назначен С. П. Королев. Несколько позже С. П. Королев возглавил отдел крылатых ракет.

Им создана крылатая ракета 212 с реактивным двигателем ОРМ-65, работавшим на азотной кислоте и керосине. Стартовала ракета с помощью пороховых ускорителей. Первый полет ракеты состоялся 29 января 1939 года.

В 1937 году на планере СК-9 конструкции С. П. Королева был установлен двигатель ОРМ-65, и машина получила наименование РП-318 (ракетопланер).

Летные испытания ракетопланера РП-318 были проведены 28 февраля 1940 года летчиком В. П. Федоровым. Это был первый в СССР полет на аппарате с ракетным двигателем.

В 1946 году С. П. Королев назначен на должность Главного конструктора ОКБ и ему поручается создание межконтинентальной баллистической ракеты. Здесь во всем блеске проявился его многогранный инженерный и организаторский талант, направленный на решение сложнейшей комплексной задачи. Поставленная задача была решена в канун 40-й годовщины Октября. 22 августа 1957 года ТАСС сообщил о запуске сверхдальней межконтинентальной многоступенчатой ракеты.

А замыслы Сергея Павловича уже устремлены дальше. 4 октября 1957 года над Землей прозвучал голос первого в мире искусственного спутника Земли.

В последующие годы С. П. Королев создает пилотируемые космические корабли «Восток» и

«Восход», на которых впервые в истории были осуществлены космический полет и выход человека в космическое пространство.

Проходит немногим более двух лет после запуска первого в мире искусственного спутника Земли, и 2 января 1959 года в сторону Луны уходит первая космическая ракета. Вторая космическая ракета, стартовавшая 12 сентября 1959 года, доставила на Луну вымпел страны Советов, а станция «Луна-3», отправившаяся к Луне 4 октября 1959 года, впервые сфотографировала обратную сторону Селены.

Создаются новые системы и новые космические роботы.

12 февраля 1961 года к Венере отправляется станция «Венера-1». 1 ноября 1962 года к Марсу устремляется станция «Марс-1». Для отработки новых систем и устройств космических аппаратов создаются специальные станции серии «Зонд», которые проникают в глубины космоса и приносят новые сведения.

12 и 16 ноября 1965 года ушли в полет станции «Венера-2» и «Венера-3», которые доказали возможность исследования планет Солнечной системы. Но волнующего момента, когда станция «Венера-3» доставила на Венеру вымпел с Гербом Союза Советских Социалистических республик, Сергей Павлович не застал. Скоропостижная смерть 14 января 1966 года унесла выдающегося ученого и конструктора в расцвете его творческих сил и дерзаний.

Партия и правительство высоко оценили заслуги Сергея Павловича Королева перед Родиной: он был дважды удостоен звания Героя Социалистического

труда, являлся Лауреатом Ленинской премии, был награжден многими орденами и медалями. Академия наук СССР в 1958 году избирает его академиком.

Незадолго до смерти С. П. Королева из-за огромного объема работ, который предстояло решить его конструкторскому бюро, работы по космическим автоматам были переданы в конструкторское бюро Георгия Николаевича Бабакина.

Георгий Николаевич Бабакин родился в 1914 году. Рано лишившись отца, он вынужден был помогать семье. Поэтому, окончив в 1929 году неполную среднюю школу, он поступил на радиокурсы Наркомата связи, которые окончил в 1930 году, и в 16 лет начал трудовую деятельность.

Через 8 лет после окончания неполной средней школы, в 1937 году он экстерном сдает экзамен за десятилетку и поступает на заочное отделение Института связи. С 1937 до 1943 года Георгий Николаевич работал в Академии коммунального хозяйства, где занимался конструированием автоматических фотоэлектронных анализаторов для непрерывного контроля качества питьевой воды, руководил работами по ультразвуку.

В годы Великой Отечественной войны Георгий Николаевич переходит на конструкторскую работу, связанную с созданием образцов военной техники.

Дальнейшую жизнь Георгий Николаевич до самой смерти посвятил вопросам развития отечественной авиационной и ракетной космической техники.

С середины 60-х годов он возглавил конструкторское бюро, где под его руководством проводи-

лись работы по созданию космических аппаратов для изучения Луны и планет Солнечной системы.

Первая мягкая посадка на Луну, первый искусственный спутник Луны, первая доставка на Землю лунного грунта автоматом, первый луноход, первые прямые измерения в атмосфере и на поверхности утренней звезды — Венеры, исследования красной планеты — Марса, вот этапы «космической жизни» Георгия Николаевича Бабакина.

Георгий Николаевич ушел из жизни 3 августа 1971 года в расцвете творческих сил, когда «Луноход-1» готовился встретить свою десятую лунную утреннюю зорю, когда две автоматические станции «Марс» держали путь к красной планете, когда остались на конструкторском столе незавершенные проекты новых космических роботов.

За выдающиеся заслуги в развитии отечествен-

ной космической науки и техники, за работы по исследованию Луны и Венеры с помощью космических автоматов Георгию Николаевичу в 1966 году была присуждена Ленинская премия, в 1968 году он был удостоен звания Героя Социалистического труда, ему было присвоено звание доктора технических наук. В 1970 году он избирается членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Трудовая деятельность Георгия Николаевича была отмечена орденом Трудового Красного Знамени и медалями Советского Союза.

Заслуги Георгия Николаевича в деле исследования космического пространства были высоко оценены учеными Франции, ему были вручены диплом и медаль Национального Центра Космических исследований Франции.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Планета загадок	6
В путь к Венере	21
Первые старты	24
Венера раскрывает тайны	27
«Венера-4» — впервые в атмосфере планеты	27
«Венера-5» — «Венера-6» — 20 километров до поверхности!	30
Вход и снижение в атмосфере Венеры	48
Исследования на трассе полета и в околопланетном пространстве	50
Исследования в атмосфере Венеры	52
«Венера-7» — первые сведения с поверхности таинственной планеты	57
Полет на Венеру	60
Результаты научных исследований	62
«Венера-8» — впервые на дневной стороне планеты	64
Результаты научных исследований	74
Что мы знаем об удивительном мире Венеры	79
На Венеру ради Земли	91
Колумбы космоса	92

В. Алексеев, С. Минчин

ВЕНЕРА РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ

Редактор издательства М. С. Анкина
Технический редактор А. Я. Дубинская

Корректоры Т. И. Горбанова, Л. Е. Хохлова
Художники Е. П. Пермяков, Г. И. Мануилова

Сдано в набор 14/VI-1974 г. Подписано к печати 24/II-1975 г. Т-04901.
Формат 70×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,02. Уч.-изд. л. 7,10.
Тираж 25 000 экз. Цена 51 коп. Заказ 427.

Издательство «Машиностроение» 107885 Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3

Московская типография № 5 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли
Москва, Мало-Московская, 21. Зак. 5741

Цена 51 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Мы стали свидетелями того, как сбываются пророческие слова Константина Эдуардовича Циолковского: «Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Человек все настойчивей проникает в космос, изучает его и ставит на службу своим интересам.

Советские ученые продолжают систематические исследования Венеры с помощью космических аппаратов, начатые автоматической станцией «Венера-4» в 1967 году.

Успешно был завершен еще один важный космический эксперимент. Автоматическая межпланетная станция «Венера-8», стартовавшая 27 марта 1972 года, достигла планеты Венера 22 июля.

Впервые в истории космонавтики проведены научные исследования поверхности Венеры и определены параметры атмосферы планеты на ее освещенной стороне.

5 февраля 1974 года на пути к Меркурию американский космический аппарат «Маринер-10», пролетая около Венеры на расстоянии около 6000 километров, провел научные исследования и фотографирование облачного слоя планеты.

Программа исследования планет Солнечной системы автоматическими станциями продолжается.

