



НОВОЕ Серия «Космонавтика, астрономия»
В ЖИЗНИ, № 12, 1976 г.
ТЕХНИКЕ Издается ежемесячно с 1971 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ

(сборник статей)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1976

6Т6
С56

СОДЕРЖАНИЕ

П. Р. Попович. «Салют-5»: орбита мира
С. С. Соколов. Новое поколение «Венер» изучает планету
В. И. Мороз. Результаты научных исследований, проведенных на «Венере-9» и «Венере-10»
Б. Г. Мурзаков. Поиск жизни на Марсе с помощью космических аппаратов

С56 **Современные** достижения космонавтики. Сборник. М., «Знание», 1976.
64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 12. Издается
ежемесячно с 1971 г.)

Последние годы ознаменовались выдающимися успехами в области космонавтики. Впервые в истории
человечества аппаратура космических станций передала на Землю панорамные снимки и другую ценную
информацию с поверхности Венеры и Марса. На орбите вокруг Земли продолжает успешно функционировать
орбитальная советская станция «Салют-5». Этим событиям и посвящен настоящий сборник.

Он рассчитан на широкий круг читателей.

С 31901 — 181
073(02) — 76 68 — 76

6Т6

@ Издательство «Знание», 1976 г.

П. Р. ПОПОВИЧ,
летчик-космонавт СССР,
дважды Герой Советского Союза

«Салют-5»: орбита мира

Космическая эра человечества вплотную подошла к началу третьего десятилетия. В истории цивилизации срок этот чрезвычайно мал. Однако за все многие сотни лет своего существования люди не сделали столько открытий и изобретений, сколько было сделано за эти годы, не совершили столько кругосветных путешествий, сколько удалось сделать за неполных двадцать лет космических полетов. Человечество приступило также к планомерному изучению Луны и планет Солнечной системы при помощи космических аппаратов.

Летом этого года на околоземной орбите трудился экипаж научной орбитальной станции «Салют-5». 48-суточная вахта Бориса Волинова и Виталия Жолобова явилась началом той огромной работы, которую должны провести космонавты в десятой пятилетке по претворению в жизнь решений XXV съезда Коммунистической партии Советского Союза.

«...Продолжить изучение и освоение космического пространства, расширить исследования по применению космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в метеорологии, океанологии, навигации, связи и для других нужд народного хозяйства», — записано в «Основных направлениях» на 1976 — 1980 годы. Вернувшись на Землю, Б. Волинов и В. Жолобов рапортовали народу и партии, что первое задание очередного пятилетнего плана советские космонавты выполнили по-гагарински!

Для советских инженеров, рабочих, ученых и космонавтов создание и эксплуатация орбитальных станций — это генеральная линия развития новой отрасли науки и техники. И вся история пилотируемых полетов яркое тому свидетельство.

Юрий Гагарин своим подвигом открыл, по словам С. П. Королева, эру космической навигации. Затем Герман Титов дал «добро» длительным полетам: ведь он сразу в 15 раз превысил время пребывания человека на орбите искусственного спутника Земли. Полет двух космических кораблей «Восток-3 и -4» можно считать пробным камнем в деле создания орбитальных станций. Тогда впервые был проведен эксперимент по сближению пилотируемых аппаратов, а космонавты, отстегнув привязные ремни, довольно долго по тому времени плавали в невесомости.

Алексей Леонов первым из землян вышел в открытый космос из космического корабля. В ходе полета отработывались оборудование и снаряжение, прообраз тех, которые четыре года спустя позволили Алексею Елисееву и Евгению Хрунову в открытом космосе осуществить эксперимент по переходу из одного космического корабля в другой. Именно тогда в январе 1969 г. нынешний руководитель подготовки советских космонавтов Владимир Шаталов и командир корабля «Салют-5» Борис Волинов «собрали» в космосе экспериментальную орбитальную станцию, осуществив впервые в истории стыковку двух пилотируемых космических аппаратов.

С полетов советских кораблей серии «Союз», начало которым положил талантливый инженер, испытатель космической техники Владимир Комаров, началось планомерное исследование околоземного пространства и поверхности Земли из космоса для нужд народного хозяйства. Многие эксперименты, которые провели в свое время на «Союзах» Георгий Береговой, Валерий Кубасов и другие советские космонавты, получили развитие на орбитальных станциях.

Восемнадцатисуточный полет Андриана Николаева и Виталия Севастьянова на борту «Союза-9» во многом помог ученым и конструкторам в разработке методики при создании оборудования для орбитальных станций с длительным сроком существования. А через год человечество стало свидетелем работы героического экипажа первой в мире станции «Салют». Георгий Добровольский, Владислав Волков и Виктор Пацаев дали путевку в жизнь новому этапу в истории развития мировой космонавтики. Сейчас пятый аппарат этой серии, расставшись со своим экипажем, продолжает работу на орбите в автоматическом режиме.

Каков же этот нынешний космический «научный институт» и что сделали Б. Волинов и В. Жолобов за 48 дней пребывания на его борту, об этом пойдет речь ниже.

«Салют-5» принадлежит к классу тяжелых пилотируемых летательных аппаратов, способных решать в околоземном космическом пространстве широкий круг задач в различных режимах полета.

Станция была выведена на орбиту искусственного спутника Земли 22 июня, а две недели спустя стартовала ракета-носитель с кораблем «Союз-21». Через сутки космонавты осуществили стыковку корабля со станцией и перешли в эту космическую лабораторию.

Очередной космический комплекс «Салют — Союз» по габаритам и весовым характеристикам мало чем отличался от своих предшественников. Общая масса его немного превышала 25 т, а объем обитаемых отсеков составлял порядка 100 м³. Суммарная длина комплекса равнялась 23 м, цилиндрическая конструкция самой станции имеет наибольший диаметр 4,15 м.

Космонавты жили и работали в герметичном блоке станции. Двигательная же установка, запас топлива, газовые баллоны и еще некоторое оборудование, не требующее особо жестких условий эксплуатации, размещается в негерметичном блоке.

Внутри рабочего отсека герметичного блока находятся пульты управления всеми системами станции. Отсюда же космонавты вели радиопереговоры с Евпаторийским центром управления полетом, наземными измерительными пунктами и специальными судами АН СССР. Из этого же отсека экипаж вел телевизионные репортажи.

Управление системой энергоснабжения, радиотелеметрической, научной и экспериментальной аппаратурой проводилось из помещения приборного отсека. Там же было расположено оборудование для технологических экспериментов и проведения работ в интересах народного хозяйства.

Есть на станции и переходный отсек. Через него космонавты вошли в орбитальный дом из транспортного корабля, а по завершению программы полета покинули борт «Салюта-5».

Телетайпная система «Строка», впервые установленная еще на «Салюте-3», на этот раз несла дополнительную нагрузку. Ведь как раз во время полета проводились Олимпийские игры, а Борис и Виталий, будучи не только отличными космонавтами, но и разносторонними спортсменами, естественно, интересовались ходом событий, происходивших на канадских стадионах.

Небольшой информационная система — космическая новинка — позволяла космонавтам в минуты отдыха наслаждаться видами родных мест, любимых образов, заглянуть в страницы бортовых журналов своих предшественников по работе на орбитальных станциях. Обеденный стол на станции удачно расположен рядом с удобными подогревателями пищи. Поблизости размещены краны с надписями «гор.» и «хол.». Вода, можно сказать, из собственного «колодца», но колодца «космического», название которому «Прибой». Конденсат влаги, определенным образом обработанный, приобретал внешние и внутренние атрибуты обычной водопроводной воды.

Перед отдыхом на жестких топчанах, спать на которых в невесомости совсем не плохо, космонавты могли читать книги из собственной орбитальной библиотеки. Жаловаться на подборку книг было не на кого, ведь Виталий и Борис сами комплектовали ее, собираясь в длительный рейс. А вот с магнитофонных лент порой звучали далеко не любимые мелодии. Оказывается, медики и здесь решили поставить свой эксперимент — узнать, насколько вредны в длительном полете отрицательные эмоции.

Полет экипажа «Салют-5» был богат разнообразными исследованиями и экспериментами — одно лишь полное перечисление программы работ космонавтов заняло бы не одну страницу данной брошюры. Поэтому здесь речь пойдет лишь о некоторых из них.

Как некогда ранее, в практике наших пилотируемых полетов на «Салюте-5» широко представлена технологическая часть программы. Комплекс приборов «Кристалл», «Реакция» и «Физика» (последний состоял из самостоятельных приборов: «Сфера», «Поток») являлся как бы прообразом будущих мощных орбитальных предприятий и лабораторий.

Уже в самом начале полета, а точнее на шестые сутки после перехода на борт станции, космонавты занялись металлургическим производством. В маленькой литейке под названием «Сфера» доводились до жидкого состояния заготовки из сплава Вуда, компонентами которого являются висмут, свинец, олово и кадмий. Жидкий металл особым способом выталкивался из космической «вагранки». В отличие от нормальных, т. е. земных условий на орбите вокруг Земли можно обходиться без опок и прочих принадлежностей литейных цехов. Их с успехом заменяет невесомость. И жидкий металл под действием сил поверхностного натяжения принимал сферическую форму и постепенно затвердевал. Сейчас в научных лабораториях этот эксперимент подвергается всестороннему анализу. Выясняется, как происходил процесс затвердевания.

Прибор, с которым работали космонавты в эксперименте «Поток», является прообразом насосов будущих космических танкеров. Две полости, одна из которых (содержащая подкрашенную жидкость) несмачиваемая, а другая (пустая) смачиваемая, соединялись между собой трубкой с очень тонким каналом и вентилем. Прибор выполнен из прозрачного материала для удобства наблюдения и фиксации процесса на светочувствительную пленку. После открытия вентиля экспериментатор легким потряхиванием добивался того, чтобы жидкость попала в трубочку. Затем капиллярные силы и силы поверхностного натяжения заставляли жидкость перетекать в смачиваемый объем. По мере заполнения последнего воздух перетекал по обводной магистрали в тот сосуд, где первоначально содержалась жидкость.

Космонавты успешно провели эксперимент под названием «Кристалл». Выращенные в условиях орбитального полета образцы сейчас проходят проверку в лабораториях ученых.

Ну, а космическая пайка, которой космонавты занимались неоднократно, работая с прибором «Реакция», получит со временем должное место среди многообразия монтажных работ при космической сборке. Космическая пайка совсем не похожа на тот процесс, к которому многие прибегают в домашних условиях. В контейнере, имеющем размеры небольшого чемодана, находились два экзопакета. В каждом из них помещались образцы для пайки — металлические трубки с надетыми на них муфтами. Места соединения обкладывались марганцево-никелевым припоем. А все это находилось в химическом веществе, приготовленном определенным образом, поджиг которого осуществлялся за счет электроимпульса. Реакция происходила с выделением большого количества тепла, но без огня и дыма. В этом эксперименте специалистов интересует процесс растекания припоя и кристаллизация паяного шва, характер «горения» смеси в условиях космического полета.

Весьма разнообразны были эксперименты, которые проводились космонавтами по технической части программы полета. Среди них такие, как определение временных затрат при выполнении трудоемких работ, контроль состояния поверхности иллюминаторов, отработка средств сброса отходов продуктов жизнедеятельности и даже оценка новых средств записи в условиях невесомости.

Подробнее же хотелось бы остановиться на испытании экипажем экспериментальной электромеханической системы стабилизации. Искусственный спутник Земли подвергается воздействию многих возмущающих моментов. Причиной их возникновения служат, например, гравитационное и магнитное поля Земли, аэродинамическое сопротивление (хотя и очень разреженной) атмосферы, световое давление, космическая пыль, микрометеориты... Пилотируемый аппарат испытывает еще и дополнительные возмущения, возникающие при перемещении космонавтов. Не является исключением в этом плане и «Салют-5». С большими возмущающими моментами на станции борются при помощи управляющих реактивных двигателей малой тяги. Существенным их недостатком является, в частности, продолжительное потребление рабочего тела. Срок активного существования станции находится в прямой зависимости от расхода рабочего тела в единицу времени. Кроме того, продукты сгорания забивают иллюминаторы, что, в свою очередь, снижает качество оптических наблюдений и фотоснимков. Это заставило конструкторов применить (дополнительно к традиционным) специальную электромеханическую систему стабилизации. В качестве исполнительного органа в этой системе используются маховики. Управляющий момент создается за счет их разгона или торможения. При этом световая энергия Солнца, будучи преобразованной в бортовой электростанции, поступает на электромоторы, которые соединены с исполнительными органами экспериментальной установки. В недалеком будущем подобные системы, но уже в роли «штатных», позволят продлить срок существования тяжелых космических «лайнеров» до нескольких десятков лет, что даст большую экономии средств.

К технической части программы полета относились также многочисленные астроизмерения. Накопленный в результате этих работ опыт будет использован в дальнейшем для совершенствования навигационной аппаратуры космических аппаратов завтрашнего дня.

Космонавты проводили работы, связанные и с изучением состояния воздушного покрова нашей планеты. В этом им помогал ручной спутниковый спектрограф. Наблюдения, проведенные экипажем при помощи этого прибора, позволяют представить картину распределения пыли в атмосфере и состояние слоя озона — этого биологического щита планеты, что, в свою очередь, позволяет, в частности, изучать изменения климата на Земле.

Для ученых представляют огромный интерес результаты эксперимента по спектрографированию диска Солнца сквозь слой атмосферы Земли. Эта работа проводилась в космосе впервые.

Большие работы проведены космонавтами при помощи инфракрасного телескопа-спектрометра. Определялась прозрачность атмосферы на разных высотах с целью измерения содержания отдельных ее компонент, а также исследовались спектры Солнца и околосолнечного пространства.

Проводя работы в космосе по народнохозяйственной части программы, Борис Волинов и Виталий Жолобов отсняли на чувствительную пленку территорию многих районов нашей страны, в том числе Южного Урала, Прикаспийской низменности, Средне-Азиатских республик, Украины и Молдавии.

Следует сказать, что наша страна считается родоначальницей фотографирования поверхности Земли с борта космического корабля. Более пятнадцати лет назад космонавт-2 Герман Титов сделал первые снимки нашей планеты из космоса. Естественно, что фото- и киноаппаратура с тех пор стала обязательной частью технического оснащения пилотируемых и автоматических космических аппаратов. Результаты съемок, проведенных на борту «Салюта-5», уже обрабатываются специалистами многих отраслей народного хозяйства, в том числе геологии и картографии, гидрологии и лесоводства и т. д.

Все чаще и чаще в своих работах космическими снимками пользуются работники сельского хозяйства. В этом плане показателен один пример. В 1970 г. на «Союзе-9» был получен снимок Сальского района Ростовской области. Дешифровка его позволила выявить около 40 км² пахотной земли, которые не были нанесены ни на один план земельного пользования этого района.

По снимкам из космоса определяются районы, перспективные с точки зрения поиска полезных ископаемых, что позволяет вести эти поиски более целенаправленно. Это экономит стране миллионы рублей ежегодно. Специалисты, используя космическую фотографию, уже составили ряд геологических карт, в частности, территории Таджикской низменности, южной части Гиссарского хребта. Золотой медали ВДНХ удостоена геологическая карта Западной Сибири, при составлении которой важную роль сыграли снимки из космоса.

Фотоснимки, доставленные экипажем корабля «Союз-8», помогли специалистам провести гидрологическое районирование плато Мангышлак. Оказалось, что здесь есть территории, перспективные для получения пресных грунтовых вод. Ориентировочная оценка дает цифру порядка 3500 — 4000 млн. м³ живительной влаги. По снимкам, которые были сделаны из космоса на борту орбитальной научной станции «Салют-3», специалисты определили 67 структур, перспективных для разведки нефти и газа, и 11 крупных региональных разломов земной коры, на пересечении которых возможно залегание месторождений меди и других полезных ископаемых.

Несомненно, что уже в этой пятилетке большая и трудоемкая работа, проведенная Волиновым и Жолобовым, найдет должное применение во многих отраслях нашего народного хозяйства.

Особую радость в продолжительных полетах доставляют космонавтам живые существа и растительность, будь то рыбки или зеленые всходы. Недаром же моряки в далеком прошлом всегда держали на борту своих каравелл разную живность. Даже большой коллектив людей в длительных автономных рейсах в условиях ограниченного объема требует общения порой не с себе подобными, а с «братьями» нашими меньшими. Брать же с собой в космический полет собачку пока неоправданная роскошь, а вот мушками и рыбками биологи снабжают экипажи кораблей и станций весьма охотно.

Так, и на «Салюте-5» Волинов с Жолобовым занимались, например, разведением рыб. Сейчас вестибулярный аппарат мальков данио-рерио, родившихся на орбите, тщательно исследуется. Генетиков интересует формирование его в условиях орбитального полета. Охотно наблюдали космонавты за поведением в невесомости рыбок гуппи. На примере этих живых существ ученые изучают, как происходит ориентация живого организма в необычных для него условиях. Записи в бортовых журналах и кинокадры, сделанные Борисом и Виталием во время проведения этих наблюдений, возможно, помогут приоткрыть еще одну тайну живой природы.

В специальном культиваторе на борту станции размножались плодовые мушки дрозофилы. Потомство у этих особей появляется примерно через десять дней. Так что экипажу пришлось несколько раз «принимать роды» на орбите. Сейчас многочисленное потомство проходит обследование.

Для поддержания здоровья на борту «Салюта-5» имеется все необходимое. Взять, например, комплексный физический тренажер. Впервые «физкультурная пауза» на орбите проходила под музыкальное сопровождение. Борис и Виталий рассказали, что бегать и прыгать гораздо веселее в сопровождении баяна — этого удивительного инструмента с богатой гаммой звучания.

На «Салюте-5» впервые установлен прибор, позволяющий следить за динамикой веса космонавтов. Прежде врачи довольствовались лишь предполетным и послеполетным взвешиванием. Анализ же изменения веса на протяжении всего полета помогает медикам точнее подготовить организм космонавта к возвращению к земным условиям.

Длительный полет экипажа орбитальной научной станции «Салют-5» еще раз продемонстрировал огромные достижения советской космонавтики, ученых, конструкторов, инженеров, техников и рабочих, отдающих свои силы и способности делу освоения Вселенной на благо всех людей планеты Земля.

С.С.Соколов,
доктор технических наук

Новое поколение «Венер» изучает планету

Космические исследования, проводимые с помощью автоматических станций, имеют принципиальную особенность, отличающую их от других дистанционных методов. Только они создают «эффект перебазирования» комплексных лабораторий в нужный район Вселенной. Только они способны представить информацию, включая и изображения изучаемой планеты, ее отдельных участков, в привычном для понимания виде.

Настанет время, и автоматы доберутся до самых удаленных уголков Солнечной системы, помогут понять работу загадочного механизма, породившего Землю, все неповторимое многообразие небесных тел, понять пути их эволюции в прошлом, настоящем и будущем. Но прежде, чем совершать такие далекие путешествия, нужно сначала понять, что делается у себя «рядом», на расстоянии ста — двухсот миллионов километров. И только после этого уже двигаться дальше...

Осуществляемая в Советском Союзе программа исследований Венеры с помощью автоматических космических средств характеризуется систематичностью, последовательным усложнением инженерно-технических задач и широтой научного поиска.

Полеты станций «Венера-1», запущенной в 1961 г., «Венера-2 и -3» — в 1965 г., дали многое. Они не только способствовали накоплению научных сведений о космическом пространстве, но и содействовали освоению техники космических полетов, совершенствованию

конструкции и бортовых систем последующих станций этой серии.

Новое качество приобрели полеты к Венере на следующем этапе. Спускаемые аппараты станций «Венера-4» (1967), «Венера-5 и -6» (1969) первыми в истории проникли в атмосферу Венеры и впервые провели прямые, непосредственные измерения ее давления, температуры и состава атмосферы во время снижения в ней.

Сложность решения такой задачи обуславливалась тем, что даже в начале 60-х годов о величине давления в атмосфере Венеры не существовало единого мнения. Разброс этого важнейшего для конструкторов проектного параметра был велик — от одной до нескольких десятков атмосфер. Накопление фактических данных к каждому последующему запуску позволило повысить прочность конструкции спускаемого аппарата, обеспечивая тем самым удлинение участка измерений.

Спускаемые аппараты «Венера-7» (1970) и «Венера-8» (1972) — это следующий важный этап в изучении Венеры. Механическая и тепловая прочность конструкции уже с запасом гарантировала работу аппаратов не только во время снижения, но и при их нахождении на поверхности планеты при давлении свыше 100 атм и температурах более 500°C в условиях, когда на них как бы давит почти километровая толща воды и воздействуют температуры, при которых плавятся некоторые металлы. Эти аппараты провели широкий комплекс исследований во время спуска на планету и после посадки на ее поверхность. Спускаемый аппарат «Венеры-8» в течение 30 мин после посадки передавал на Землю уникальную научную информацию. В результате полета получены данные о давлении и температуре атмосферы у поверхности, диэлектрической проницаемости и плотности венерианского грунта, типе пород, слагающих его, скорости ветра.

К каждому новому запуску «Венер», по результатам предыдущих полетов, проводилась корректировка станций и их устройств. Так, например, площадь купола парашюта спускаемого аппарата «Венера-7» стала меньше, чем у «Венеры-4», примерно в 20 раз. За счет более быстрого снижения в горячей атмосфере Венеры спускаемый аппарат, не перегревшийся на спуске, мог теперь работать длительное время и после посадки.

При организации связи со спускаемым аппаратом «Венеры-8» был использован опыт полета «Венеры-7». Дело в том, что после посадки спускаемого аппарата «Венеры-7» радиосигнал, принятый на Земле с поверхности Венеры, уменьшился примерно в 100 раз по сравнению с тем, который был послан на парашютном участке (это могло произойти за счет неровностей рельефа в месте посадки). Чтобы повысить надежность радиосвязи (с учетом сложных условий на неизвестной посадочной площадке), спускаемый аппарат «Венеры-8» оснастили уже двумя антеннами. Одна из них была жестко связана с корпусом аппарата, а другая — выносная, «выбрасывалась» после посадки на поверхность планеты, оставаясь связанной с аппаратом термостойким высокочастотным кабелем. Бортовая автоматика поочередно, с заданным интервалом времени, подключала к передатчику то одну, то другую антенну.

К важнейшим результатам исследований, проведенных «Венерой-8», относится измерение величины освещенности — этой основной характеристики, необходимой для последующей постановки фотографического эксперимента, пожалуй, важнейшего из всей серии экспериментов, которые стояли в «повестке дня» полета станций, намеченного на 1975 г.

Получение изображений района посадки, исследования неизученного ранее облачного слоя планеты, изучение других характеристик Венеры потребовали создания нового типа космической станции, имеющей в своем составе спускаемый аппарат и орбитальный отсек — искусственный спутник Венеры.

Изучение планеты вступало в качественно новую фазу.

НА КОСМИЧЕСКОЙ ТРАССЕ

22 октября 1975 г. впервые в истории на орбиту вокруг Венеры была выведена автоматическая станция «Венера-9», ставшая ее первым искусственным спутником. В этот же день спускаемый аппарат станции «Венера-9» во время своего снижения провел исследования облачного слоя планеты, простирающегося на 50 — 65-километровой высоте, не изученного предыдущими станциями, и впервые в мире передал с поверхности Венеры телевизионную панораму района посадки, отличающуюся высоким качеством изображения.

Вслед за «Венерой-9» к Венере прибыла «Венера-10», которая, выйдя на орбиту вокруг планеты, 25 октября 1975 г. стала ее вторым искусственным спутником, а спускаемый аппарат станции совершил посадку на планету. На Земле была принята новая телевизионная панорама поверхности района посадки спускаемого аппарата «Венеры-10», отличающаяся, как и предыдущая, высоким качеством изображения. Эта панорама не явилась повторением «пройденного» — рельеф, изображенный на ней, типичен для древних горных образований, в то время как панорама, полученная «Венерой-9», запечатлела молодой горный ландшафт.

Запуск двух станций — это не просто дублирование, повышающее общую надежность эксперимента. Две станции, исследующие неизученный небесный объект в двух разных районах, значительно расширили наши представления о планете; вскрывая различия между районами, они помогают составлению объективных выводов о природных условиях на поверхности Венеры. При исследованиях двумя станциями неизмеримо повышается и достоверность получаемых сведений. А это весьма важно, в частности, и для двух спутников Венеры, впервые осуществляющих широкий комплекс научных исследований важнейших физических и химических характеристик околопланетной среды, атмосферы и поверхности планеты, которые уже принесли немало сюрпризов.



Изображения государственных знаков и вымпелов станций «Венера-9 и -10»

Запуски станций «Венера-9» и «Венера-10», в состав каждой из которых входил спускаемый аппарат, были произведены соответственно 8 и 14 июня 1975 г., а 16 июня и 15 октября 1975 г. были осуществлены коррекции траектории полета станции «Венера-9», 21 июня и 18 октября 1975 г. — коррекции траектории полета станции «Венера-10».

Решение главной задачи полета двух станций — получение телевизионных изображений места посадки спускаемых аппаратов — потребовало выбора таких районов, освещенность которых была бы достаточно велика. Однако взаимное расположение Солнца, Венеры и Земли таково, что хорошо освещенные участки планеты находятся на не видимой с Земли стороне планеты. При этом непосредственная передача информации со спускаемого аппарата на Землю из этих районов невозможна. Следовательно, вопросы радиосвязи со спускаемыми аппаратами, совершающими снижение, а также после их посадки, приобрели особую важность и для своего решения потребовали принятия специальных инженерно-технических мер. Вопрос организации радиосвязи обуславливался рядом дополнительных особенностей этой экспедиции. Они в основном сводились к необходимости обеспечения передачи с планеты высокоинформативного сообщения — телевизионной «картинки» — за один сеанс связи. Последнее вызвано тем, что время существования спускаемого аппарата при температуре 500°C на Венере, естественно, ограничено.

Задача была в принципе решена применением уже апробированного на марсианских станциях «Марс» (во время экспедиций 1971 и 1973 гг.) принципа радиоретрансляции с использованием искусственного спутника планеты в качестве ретранслятора. Такое решение позволяло использовать еще одно важнейшее достоинство ретрансляции — обеспечение передачи телевизионного изображения на значительные расстояния (с малыми весовыми затратами) на бортовую аппаратуру, размещенную в спускаемом аппарате.

Дело здесь вот в чем. Радиосигналы, несущие информацию, как известно, ослабевают обратно пропорционально квадрату расстояния. Но поскольку спутник в тысячи раз ближе к спускаемому аппарату, чем к Земле, мощность радиосигналов, принимаемых со спутника, в миллионы раз больше, чем если бы они непосредственно принимались на Земле (конечно, в случае взаимной видимости).

Именно близость спускаемого аппарата к спутнику и позволяет значительно увеличить его информативность, а это имеет важнейшее значение для передачи телевизионной «картинки». Принятые на спутнике сигналы после предварительной обработки передавались на Землю через остронаправленную параболическую антенну.

Ретрансляция, в свою очередь, потребовала жесткой временной синхронизации процессов посадки спускаемого аппарата и выведения станции на орбиту искусственного спутника Венеры. Эта синхронизация заключается в том, что к моменту входа спускаемого аппарата в атмосферу планеты над ним должен появиться искусственный спутник, причем так, чтобы он не мог выйти из зоны радиосвязи, прежде чем на него не будет передана вся информация, полученная во время спуска и после посадки.

Баллистическая схема полета станций, обеспечившая выполнение поставленных задач, выглядела так. За двое суток до полета к Венере от станций отделились спускаемые аппараты, которые продолжили пассивный полет по скорректированной траектории, а затем вошли в атмосферу планеты и, после погашения в ней своей скорости, снизились и совершили посадку.

Станции после отделения спускаемых аппаратов были развернуты в требуемом направлении вокруг своего центра масс, и с помощью импульса, сообщенного двигательной установкой, были переведены с попадающей траектории на пролетную. В районе минимального расстояния траектории полета от Венеры двигатели станций были включены повторно, скорость станций снизилась, и они вышли на орбиты искусственных спутников планеты. Вскоре после выхода на орбиты вокруг Венеры спутники вошли в зону радиосвязи со спускаемыми аппаратами, которые к этому времени начали торможение в атмосфере, передавая научную информацию. Требуемая длительность сеанса связи обеспечивалась выбранным направлением облета станциями Венеры — к началу сеанса станции, ставшие искусственными спутниками Венеры, появились в зоне связи со стороны, противоположной той, с которой прилетели спускаемые аппараты. В этом случае спутники уже не уходили быстро за горизонт Венеры, а, почти взвиваясь над спускаемыми аппаратами, как бы зависали над ними.

Станции «Венера-9 и -10» были выведены на орбиты со следующими параметрами, соответственно:

максимальное удаление от поверхности Венеры (в апоцентрах) — 112 200 и 113 900 км;

минимальное удаление от поверхности Венеры (в перицентрах) — 1510 и 1620 км;

наклонения орбит к плоскости венерианского экватора — 34° 10' и 29°30';

периоды обращения — 48 ч 18 мин и 49 ч 23 мин.

«ВЕНЕРА-9» И «ВЕНЕРА-10» — ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ВЕНЕРЫ

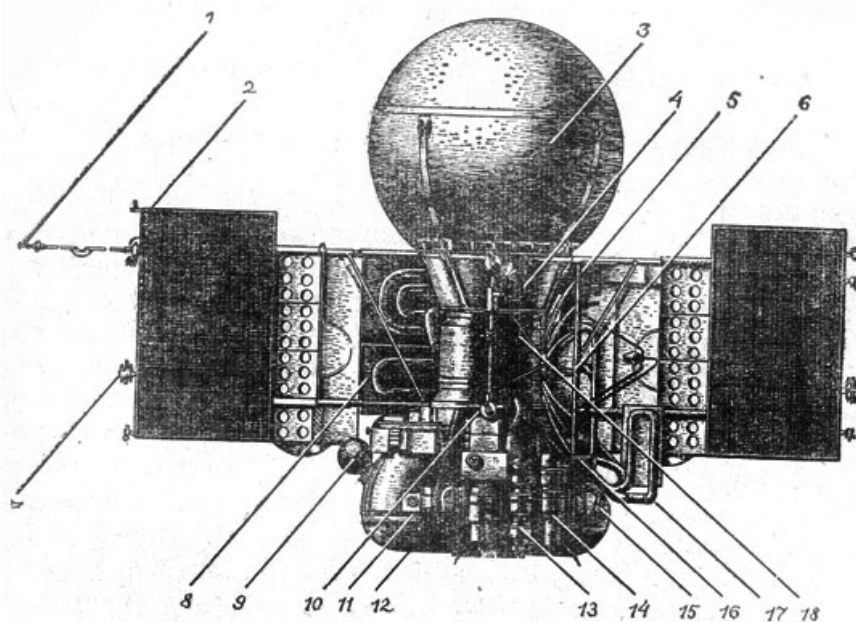
Необходимость получения изображений поверхности и исследования облачного слоя планеты, вызвавшие усложнение научной аппаратуры, не позволили использовать для дальнейших исследований ни одну из предыдущих станций серии «Венера». Новые задачи потребовали создания нового поколения межпланетных автоматических станций, и первенцами этого типа станций явились «Венера-9 и -10».

Эти станции аналогичны друг другу по конструкции и оборудованию. Основным их силовым элементом является блок топливных баков, имеющий форму цилиндра. На его нижнем днище закреплены двигатель и приборный контейнер, выполненный в форме тора. В верхней части станции размещен переходник, на котором установлен спускаемый аппарат.

На блоке топливных баков расположены остронаправленная параболическая и две малонаправленные антенны, а также панели солнечной батареи. На ферме крепления солнечной батареи установлены радиаторы холодного и горячего контура системы терморегулирования и третья малонаправленная антенна. На панелях солнечной батареи размещены две спиральные антенны для приема информации со спускаемого аппарата, штанга магнитометра и исполнительные органы системы ориентации.

Приборы систем автономного управления, ориентации, радиоконтекста, энергопитания и электроавтоматики, терморегулирования размещены в приборном отсеке станции. Снаружи приборного отсека находится научная аппаратура и оптико-электронные приборы системы ориентации.

Бортовые системы станции предназначены для обеспечения перелета станции на трассе Земля — Венера и доставки к планете спускаемого аппарата, а также для проведения предусмотренных программой научных исследований межпланетного и околовенерианского пространства, передачи на Землю научной и телеметрической информации, а также информации, полученной со спускаемого аппарата.



Станция «Венера-9» («Венера-10»): 1 — магнитометр; 2 — солнечная батарея; 3 — спускаемый аппарат; 4 — орбитальный аппарат; 5 — научная аппаратура; 6 — остронаправленная антенна; 7 — газовые сопла системы ориентации; 8 — радиатор холодного контура СТР; 9 — баллон системы ориентации; 10 — малонаправленная антенна; 11 — научная аппаратура; 12 — приборный отсек; 13 — приборы ориентации на Солнце; 14 — приборы ориентации на звезду; 15 — научная аппаратура; 16 — прибор ориентации на Землю; 17 — радиатор горячего контура СТР; 18 — блок топливных баков

Система автономного управления формирует управляющие сигналы для стабилизации станций на участках работы двигательных установок, для программных разворотов и управления двигательной установки на всех этапах полета. В состав системы входят гиростабилизированная платформа, бортовая цифровая вычислительная машина, усилительно-преобразовательные устройства и ряд других приборов.

Задача системы ориентации состоит в установлении и сохранении в течение всего времени полета заданных 31 новых положений и угловых скоростей движения станций относительно системы координат, образуемой выбранными космическими ориентирами — Солнцем, определенной звездой или Землей. В составе системы — оптико-электронные приборы ориентации на Солнце, звезду и Землю, логический блок, исполнительные органы и другие приборы.

В качестве основных режимов ориентации станции применяется постоянная солнечная ориентация (ПСО) и постоянная солнечно-звездная ориентация (ПСЗО). При полете в режиме ПСО панели солнечной батареи станции и радиатор-нагреватель системы терморегулирования ориентированы на Солнце, а радиатор-охладитель — соответственно в противоположную сторону. В этом режиме диаграммы направленности малонаправленных антенн бортового радиокомплекса, работающие в дециметровом диапазоне длин волн, направлены на Землю. В режиме ПСЗО бортовые передатчики переключаются с малонаправленной антенны на остронаправленную параболическую антенну, имеющую большое усиление. Переход на этот режим осуществляется на значительных удалениях станции от Земли.

Бортовая и наземная аппаратура радиотехнического комплекса обеспечивает передачу на станции необходимых радиокоманд, траекторные измерения параметров движения станций, получение телеметрической информации, получение изображений поверхности планеты и ее облачного слоя.

Комплекс состоит из антенно-фидерных устройств, приемников и передатчиков дециметрового диапазона, передатчиков сантиметрового диапазона, средств автоматики, телеметрических приборов и радиотрансляционной аппаратуры.

Система энергоснабжения снабжает электрической энергией бортовые приборы. Она состоит из генератора — солнечной батареи, обеспечивающей электропитанием бортовые приборы во время всего полета, и химических аккумуляторов, заряжаемых солнечной батареей и используемых в качестве буферной батареи лишь во время сеансов связи.

Полет станций к Венере происходит в условиях воздействия постоянно возрастающего потока солнечной радиации. Его плотность изменяется от 1350 (в начале полета) до 2700 Вт/м² (в конце полета). Энергия, рассеиваемая в приборном отсеке бортовой аппаратурой, также изменяется в широком диапазоне. Тепловыделение аппаратуры в сеансах связи в 5 — 8 раз превышает тепловыделение в дежурном режиме.

Система терморегулирования поддерживает заданный тепловой режим бортовой аппаратуры станций в условиях неустойчивости и внутренних тепловых воздействий. В ее состав входят многослойная экранно-вакуумная теплоизоляция, покрытия, имеющие требуемые оптические коэффициенты, термические сопротивления, а также активная схема, состоящая из контура нагревания с радиатором-нагревателем и контура охлаждения с радиатором-охладителем, в которой с помощью вентиляторов циркулирует газ приборного отсека.

Двигательная установка многократного запуска предназначена для сообщения станциям необходимой скорости на участках коррекции траектории полета к Венере, увода с этой траектории и торможения станции для перевода ее на орбиту искусственного спутника Венеры. Двигательная установка состоит из жидкостно-ракетного двигателя, системы подачи компонент топлива в двигатель и ряда других систем.

Вес станции «Венера-9» после вывода ее на траекторию перелета к Венере составил 4936 кг, а вес станции «Венера-10» — 5033 кг.

При создании межпланетных станций «Венера» нового поколения учитывался опыт, накопленный при создании отечественных межпланетных автоматических аппаратов.

СПУСКАЕМЫЕ АППАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВЕНЕРИАНСКИХ СТАНЦИЙ

Важнейшие задачи запуска станций к Венере в 1975 г. состояли в получении телевизионных панорам, в изучении характеристик поверхности Венеры в месте посадки спускаемых аппаратов и в исследованиях облачного слоя атмосферы планеты.

Необходимость исследований облачного слоя интенсивностью в 15 — 20 км, расположенного на высоте 50 — 65 км над поверхностью планеты, в течение относительно длительного времени выдвинула перед конструкторами ряд требований к схеме движения спускаемого аппарата и его конструкции. В основном они сводились к следующему.

1. Аэродинамическая форма спускаемого аппарата должна обеспечить его эффективное торможение, понизить скорость 10,7 км/с, с которой он подлетает к границе атмосферы Венеры, до такой величины, когда можно уверенно раскрыть парашютную систему и обеспечить при этом изучение облачного слоя.

2. Спускаемый аппарат в отличие от предыдущих станций серии «Венера» должен был иметь такую парашютную систему, которая способна была бы обеспечить его медленное снижение в облаках с тем, чтобы выполнить весь объем необходимых измерений.

3. И наконец, спускаемый аппарат при торможении в атмосфере должен выдержать нагрузку от сил сопротивления, как минимум в сто с лишним раз превышающую его вес, при одновременном мощном тепловом воздействии газа в ударной волне перед корпусом аппарата, температура которого достигает величины порядка 12 000°С.

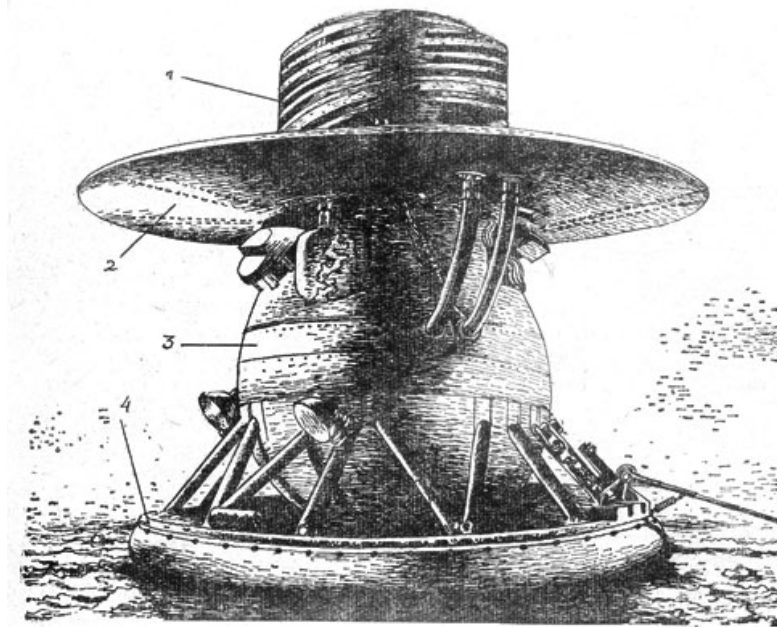
Значительный объем и требуемая длительность научных исследований, высокие температура и давление, в которых предстояло работать спускаемому аппарату на участке снижения и после посадки, наконец, необходимость реализации мягкой посадки, этого обязательного условия получения телевизионных панорам, в свою очередь, также выдвинули определенные требования.

С целью обеспечения длительного существования спускаемого аппарата после посадки и соблюдения общего теплового баланса необходимо было ускорить его снижение после прохождения облачного слоя. Вместе с тем осуществление мягкой посадки требовало, чтобы посадочная скорость спускаемого аппарата не превышала 7 — 9 м/с.

В комплексной увязке всех, порой в какой-то степени противоречивых требований, была разработана схема движения спускаемого аппарата в атмосфере планеты, которая состояла из трех участков. Первый — участок баллистического торможения, заканчивающийся у верхней границы облачного слоя; второй — участок медленного снижения в облачном слое на парашюте и третий — участок быстрого беспарашютного спуска, который начинается после прохождения облачного слоя и заканчивается посадкой спускаемого аппарата.

Спускаемый аппарат станций «Венера-9 и -10» полностью разработан заново. Он представляет собой автономный космический объект весом 1560 кг (включая теплозащитный корпус), предназначенный для работы в атмосфере и на поверхности Венеры.

Конструктивная схема спускаемого аппарата предусматривает, в частности, существенное уменьшение отношения веса аппарата к площади его поперечного сечения по сравнению с прежними станциями. Такое решение позволило значительно быстрее закончить этап баллистического торможения и начать изучение облачного слоя планеты. Теплозащитный многослойный корпус сферической формы диаметром 2,4 м, внутри которого находится собственно спускаемый аппарат, обеспечил не только раскрытие парашютной системы на больших высотах, но и защитил аппарат от высокой температуры в ударной волне на первом участке снижения. Корпус такого большого диаметра позволил установить снаружи спускаемого аппарата научную аппаратуру, предназначенную для изучения облачного слоя, и применить надежное амортизирующее посадочное устройство, которое обеспечило новым аппаратам ориентируемую мягкую посадку при соударении с грунтами различных свойств.



Спускаемый аппарат станции «Венера-9» («Венера-10»):

1 — спиральная антенна; 2 — аэродинамическое тормозное устройство; 3 — прочный корпус; 4 — посадочное устройство

Основным силовым элементом спускаемого аппарата является прочный корпус сферической формы, рассчитанный на работу при наружном давлении выше 100 атм, покрытый с внешней и внутренней сторон теплоизоляцией. Сферическая форма прочного корпуса обеспечивает минимальный вес аппарата при работе его в условиях высоких давлений и температур. К верхней части корпуса крепится жесткое аэродинамическое тормозное устройство-щиток. (Щиток применен взамен посадочного парашюта, который, в частности при посадке, мог накрыть иллюминатор телефотометра.)

Аэродинамическое тормозное устройство после отстрела основного парашюта обеспечивает как бы «регулирование» скорости снижения. Сразу же после отстрела скорость снижения увеличивается за счет малой площади щитка, но внизу, у поверхности, из-за увеличения давления атмосферы эта скорость уменьшается. Такое устройство обеспечивает также вертикальное положение спускаемого аппарата при спуске на беспарашютном участке.

Над щитком размещен цилиндрический контейнер, разделенный на два отсека; в одном из них находится научная аппаратура, работающая в облачном слое, а в другом — парашютная система. На внешней стороне цилиндра «намотана» спираль — широкодиапазонная антенна, через которую осуществляется передача информации на всех этапах работы спускаемого аппарата. В нижней части прочного корпуса с помощью переходной фермы крепится посадочное устройство, представляющее собой тонкостенную оболочку тороидальной формы.

Создание посадочного устройства с высокой степенью надежности явилось сложной задачей. Амортизационные его характеристики должны были в сложных условиях на Венере «погасить» соударение спускаемого аппарата с поверхностью планеты практически в любом направлении, да еще и обеспечить при этом его устойчивость. Именно поэтому опасность отказов, связанных с возможными «заеданиями»

движущихся частей и узлов, привела к разработке принципиально нового посадочного устройства, конструкция которого почти не имеет подвижных элементов. В момент посадки тонкостенная оболочка пластически деформируется, поглощая тем самым энергию удара. Атмосферный газ, проникший во время снижения в полость оболочки, выходит через специальные отверстия, уменьшая подскок спускаемого аппарата.

Внутри прочного корпуса находятся приборы радиокomплекса с телеметрией, оптико-механическое телевизионное устройство, которое производит обзор окружающего пространства через теплопрочный иллюминатор, а также аккумулятор, элементы автоматики, средства терморегулирования, ряд научных приборов и т. д. Вся аппаратура, размещенная внутри прочного корпуса, установлена на специальной составной раме, закрепленной на нижнем полушарии корпуса.

Исходя из неопределенности метеорологической обстановки в районе посадки спускаемого аппарата, отсутствия достоверных данных о наличии на поверхности Венеры каких-либо характерных деталей рельефа, телефотометр был установлен под углом 45° к вертикальной оси спускаемого аппарата. При этом минимальное расстояние от поверхности планеты до прибора составляло около 1 м. В поле зрения телефотометра попадала часть посадочного устройства спускаемого аппарата с нанесенными на нее тестовыми контрастными изображениями. Это позволяло также получить при благоприятных условиях не только панораму поверхности, но и определить фотометрические характеристики, присущие поверхности планеты в районе посадки.

Сложной инженерной задачей явилась и «врезка» иллюминатора в прочный корпус спускаемого аппарата. Она была решена в результате обеспечения строгой ориентации аппарата при посадке, поскольку лишь в этом случае можно было указать точное место для установки иллюминатора. При этом был преодолен ряд трудностей по обеспечению прочности и герметичности корпуса спускаемого аппарата.

Иллюминатор, представляющий собой толстостенный цилиндр, выполненный из кварцевого стекла, был закрыт мощной теплоизоляцией, за исключением смотрового выреза, обеспечивающего необходимое поле зрения телефотометра. Смотровой вырез, в свою очередь, был закрыт теплоизоляционной крышкой, которая с помощью пиростроительств сбрасывалась после посадки спускаемого аппарата на Венеру. Этим обеспечивался требуемый тепловой режим телефотометра во время снижения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры и защищалось стекло иллюминатора от возможного закопчения продуктами теплозащиты и осаждения на нем каких-либо непрозрачных осадков из атмосферы Венеры.

Особый интерес представляет обеспечение теплового режима спускаемого аппарата. Эта задача решалась с помощью активных и полупассивных средств терморегулирования. В состав активной системы входят два газовых контура, не сообщающихся друг с другом, — внутренний и внешний. Циркуляция теплоносителя (газа) в каждом из контуров создается своим вентиляционным блоком. Теплообмен между потоками теплоносителя осуществляется через стенку теплообменника, конструктивно совмещенного с прочным корпусом спускаемого аппарата. Теплоноситель, циркулирующий во внешнем контуре, охлаждается в радиаторе-охладителе станции и поступает в теплообменник. Регулирование температуры газа в корпусе осуществляется автоматически.

Полупассивные средства включают в себя экранно-вакуумную теплоизоляцию теплозащитной оболочки с локальными нагревами в виде выреза в этой оболочке и шторки, расположенных со стороны Солнца, и охлаждающие калибровочные вырезы. Через локальный нагреватель поток солнечной радиации нагревает участок поверхности теплозащитной оболочки, а тот, в свою очередь, переизлучает тепло на все внутренние поверхности. При подлете к планете по радиокomанде производилось закрытие выреза шторкой, что снизило температуру оболочки до требуемого уровня. Площади вырезов и покрытия поверхности оболочки в границах вырезов подобраны так, чтобы ее температура в начале полета находилась в пределах 10 — 20°С.

К моменту отделения спускаемого аппарата приборный контейнер был охлажден до температуры — 8 — 10°С. Это было сделано для того, чтобы обеспечить более длительное существование спускаемого аппарата на поверхности планеты.

Энергопитание бортовых систем спускаемого аппарата осуществлялось от химического аккумулятора, который в течение всего полета хранился в разряженном состоянии и был заряжен незадолго до отделения аппарата от станции.

СПУСК И ПОСАДКА НА ПОВЕРХНОСТЬ ВЕНЕРЫ

Спускаемые аппараты станций «Венера-9 и -10» вошли в атмосферу планеты 22 и 25 октября, соответственно в 6 ч 58 мин и в 7 ч по московскому времени под углом к местному горизонту (для «Венеры-9» — 20,5°, для «Венеры-10» — 22,5°). В процессе аэродинамического торможения в атмосфере скорость полета спускаемых аппаратов снизилась до 250 м/с. После этого бортовой автоматикой была введена в действие парашютная система. Отстрел крышки парашютного отсека с одновременным вводом вытяжного парашюта и парашюта увода произведен на высоте около 65 км. Через 11 с после отстрела крышки (с помощью пиротехнических средств) теплозащитный корпус спускаемого аппарата был разделен на две полусферы, и верхняя половина уведена парашютом увода. Вместе с этим парашют увода осуществил предварительное торможение спускаемого аппарата до 150 м/с и ввел в действие тормозной парашют. Одновременно с этим включился бортовой радиокomплекс и началась передача научной и служебной информации. Еще через 4 с с помощью пиротехнических средств был разрезан кольцевой шпангоут, соединявший нижнюю полусферу с посадочным устройством спускаемого аппарата, и нижняя полусфера была сброшена.

Тормозной парашют за 15 с работы уменьшил скорость снижения аппарата до 50 м/с и ввел трехкупольный парашют общей площадью 180 м² на высоте порядка 62 км в облачном слое. Спускаемые аппараты прошли облачный слой примерно за 20 мин, после чего на высоте около 50 км трехкупольный парашют был отделен. Дальнейшее снижение спускаемых аппаратов происходило с помощью аэродинамического тормозного устройства.

На высоте 32 км, при наружном давлении порядка 8,5 атм была произведена расчетная разгерметизация отсека научной аппаратуры, в котором размещались научные приборы, закончившие к этому времени исследования облачного слоя. Такое конструктивное решение позволило упростить прочный корпус, облегчить его вес и обеспечило неизменяемость геометрической формы, и соответственно электрических характеристик и передающей антенны радиокomплекса, закрепленной на отсеке научной аппаратуры.

Мягкая посадка спускаемых аппаратов станций «Венера-9 и -10» была осуществлена со скоростью порядка 7 м/с. Спускаемые аппараты станций «Венера-9 и -10» достигли поверхности Венеры 22 и 25 октября 1975 г. соответственно, в 8 ч 13 мин 07 с и в 8 ч 17 мин 06 с (указано московское время приема сигналов от аппаратов на Земле).

В момент посадки сбрасывались крышки, предохраняющие иллюминаторы. Радиационные плотномеры, установленные на штангах, с помощью пружин были вынесены на поверхность.

Передача телевизионной панорамы каждым спускаемым аппаратом началась примерно через 2 мин после посадки и продолжалась в течение всего времени работы спускаемых аппаратов. Во время передачи панорам, по той же радиолинии периодически передавались данные, полученные научной аппаратурой, и служебная информация, характеризующая состояние приборов и условия их работы.

Полет станций «Венера-9 и -10» позволил человеку заглянуть под густой облачный покров, который, казалось, навечно упрятал от его пытливого взгляда загадочную поверхность таинственной «утренней звезды».

Советская космонавтика вписала еще одну замечательную страницу в историю познания неизвестных тайн Вселенной. Человечество сделало еще один важный шаг на пути к разгадке вопросов происхождения и эволюции Земли, Луны и планет Солнечной системы.

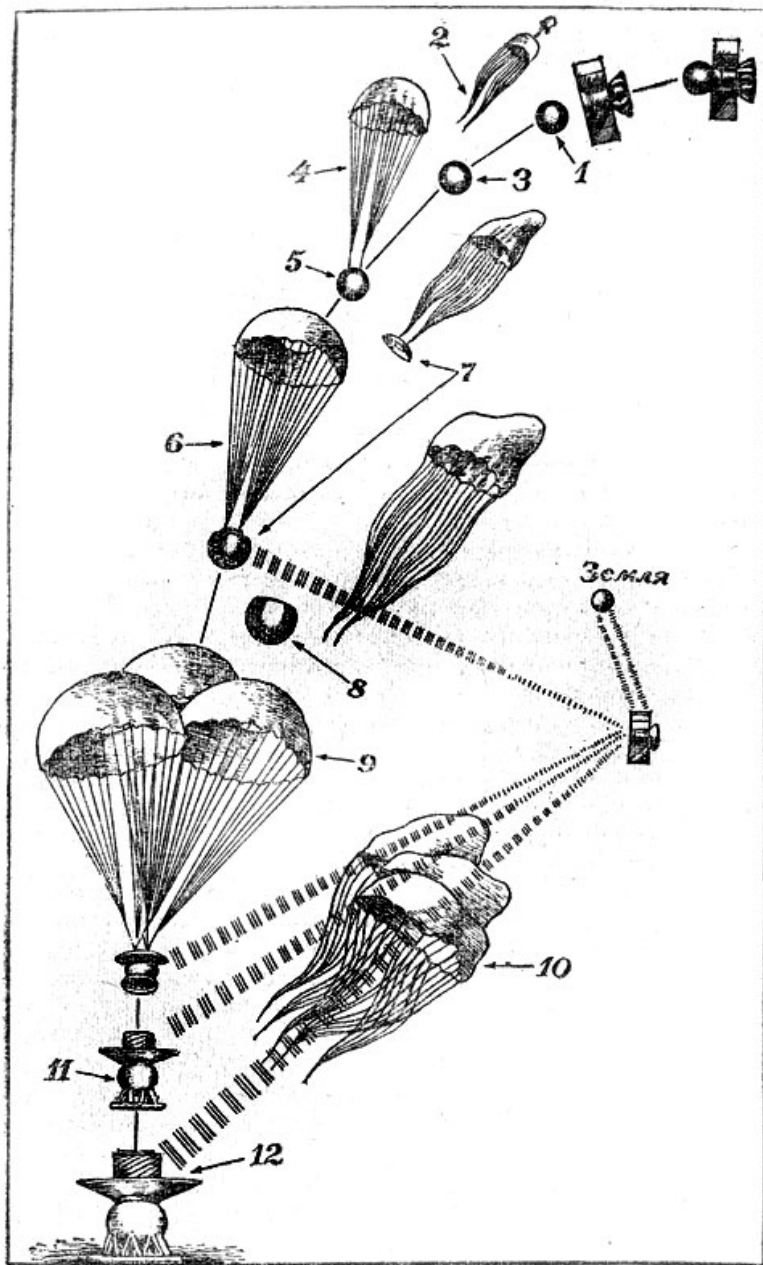


Схема спуска станции «Венера-9» («Венера-10»):
 1 — разделение; 2 — вытяжной парашют; 3 — вход в атмосферу, баллистический спуск; 4 — парашют увода; 5 — отстрел крышки, ввод вытяжного парашюта и парашюта увода; 6 — тормозной парашют; 7 — увод верхней теплозащитной оболочки, ввод тормозного парашюта, начало передачи информации; 8 — отстрел нижней теплозащитной оболочки; 9 — отстрел тормозного парашюта, ввод основного парашюта; 10 — отстрел основного парашюта; 11 — спуск на аэродинамическом тормозном устройстве; 12 — спускаемый аппарат на Венере.

В. И. МОРОЗ,
 доктор физико-математических наук

Результаты научных исследований, проведенных на «Венере-9» и «Венере-10»

Четыре ближайших к Солнцу планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс — во многом сходны между собой. Они близки по размерам, средней плотности и, вероятно, по строению недр. Все они принадлежат к одной «семье», или группе, которая носит название «планеты типа Земли». Однако характер условий на поверхности и особенно атмосферы у разных членов этой семьи различаются весьма сильно. Сравним, например, Землю и Венеру. Диаметр Венеры всего на 5% меньше, чем диаметр Земли, средние плотности почти одинаковы. Почти одинаково и количество тепла, получаемое от Солнца (Венера ближе к Солнцу, но зато от нее отражается более значительная доля солнечного излучения, чем от Земли). И при всем этом у Венеры оказалась гораздо более мощная атмосфера (давление у поверхности планеты 90 — 100 атм), очень горячая в нижних слоях (температура 460 — 480°C у поверхности) и совсем не такая по составу, как у Земли (на 95 — 98% состоит из углекислого газа, которого в земной атмосфере всего лишь 0,03%).

По-видимому, даже очень небольшие различия в начальных условиях эволюции планетных атмосфер могут повести ее по весьма различным путям. И если мы хотим понять по-настоящему прошлое и будущее атмосферы и климата на Земле, нам надо детально изучить не только земную атмосферу, но и атмосферы других планет земной группы. Венера, поскольку она по основным физическим параметрам ближе всего к Земле, представляет с этой точки зрения особый интерес, и советские ученые занимаются ею особенно пристально.

Новое поколение венерианских космических аппаратов открыло новые возможности для исследования планеты. На спускаемых аппаратах второго поколения возможно стало установить более

тонкую и совершенную научную аппаратуру. Кроме того, исследования, проводимые с помощью спускаемых аппаратов, теперь смогли быть дополнены широким набором измерений, производимых со спутников. Оптические и радиофизические приборы на спутниках позволяют получать данные об атмосфере планеты на больших пространствах, на различных высотах и длительное время. Спускаемые аппараты дают информацию при вертикальном разрезе атмосферы (в двух точках), а спутники (хотя многое из того, что можно делать на спускаемых аппаратах, со спутников сделать невозможно) расширили зону исследований почти на всю планету.

Мы перечислим сначала приборы и эксперименты, намеченные в программе исследований с помощью «Венеры-9 и -10», а потом расскажем, что же мы узнали о поверхности и атмосфере Венеры в результате всех этих исследований. Не все еще данные полностью обработаны, но почти по всем экспериментам уже имеются в печати первые научные сообщения. Читатель, интересующийся данными вопросами более подробно, может найти и ознакомиться с этими сообщениями, помещенными в журнале «Космические исследования» № 5 и 6 за 1976 г.

С помощью аппаратуры на спускаемых аппаратах проводились следующие эксперименты:

- изучение оптических свойств и получение изображений поверхности в месте посадки (панорамный телефотометр);
- измерение световых потоков в пяти спектральных интервалах в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,0 мкм (широкополосный фотометр);
- измерение яркости атмосферы в трех узких спектральных интервалах около 0,8 мкм (узкополосный фотометр);
- измерение рассеивающей способности атмосферы (нефелометр);
- измерение давления и температуры;
- измерение перегрузки (ускорений аппаратов, возникающих на участке аэродинамического торможения);
- измерение химического состава атмосферы (масс-спектрометр);
- определение содержания естественных радиоактивных элементов в поверхностном слое Венеры (гамма-спектрометр);
- определение плотности грунта в поверхностном слое (радиационный плотномер).

Научные эксперименты на спутниках можно разделить на четыре группы.

1. Изучение облачного слоя планеты оптическими методами:

получение изображения облачного слоя (панорамная телевизионная камера);

измерение интенсивности полос поглощения атмосферных газов и отражательной способности облачного слоя в диапазоне длин волн от 1,5 до 3,0 мкм (инфракрасный спектрометр);

измерение температуры облачного слоя по его инфракрасному излучению в диапазоне от 8 до 40 мкм (инфракрасный радиометр);

измерение яркости облачного слоя в ультрафиолетовых лучах (длина волны около 3500Å);

измерение яркости и поляризации солнечного излучения, отраженного облачным слоем в области спектра от 4000 до 800Å

(фотополяриметр);

исследование строения надоблачной атмосферы в диапазоне от 200 до 700Å (спектрометр).

2. Оптические исследования верхних слоев атмосферы:

измерение солнечного излучения в линии Лайман-альфа, рассеянного внешними слоями атмосферы Венеры (ультрафиолетовый фотометр);

исследование свечения ночного неба Венеры в области длин волн от 3000 до 8000 Å (спектрометр);

Измерения с оптическими приборами проводятся вблизи перигея орбиты (перигей — самая близкая к планете ее точка). При этом оптические оси приборов ориентированы в постоянном направлении и за счет движения спутника пересекают всю планету — сначала темный край, потом терминатор (граница дневной и ночной стороны), потом светлый край. На рис. 1 дана схема, поясняющая, как это происходит.

3. Радиофизические эксперименты:

бистатическая радиолокация, позволяющая по характеристикам радиосигнала, излучаемого спутником и принимаемого на Земле, изучать рельеф поверхности;

одночастотное радиопросвечивание, при котором радиосигнал со спутника пронизывает атмосферу планеты, принимается на Земле и несет в себе информацию о плотности и температуре нижней атмосферы (от уровня примерно 5 атм до 0,001 атм);

двухчастотное радиопросвечивание, позволяющее измерить концентрацию и температуру электронов в ионосфере.

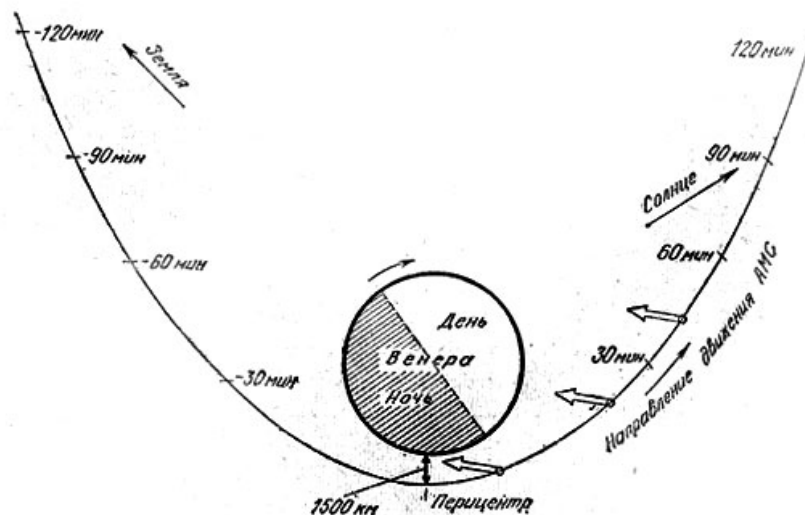


Рис. 1. Схема орбиты искусственных спутников Венеры (участок вблизи перигея). Цифрами вдоль орбиты отмечено время, отсчитываемое от момента прохождения перигея. Даны направления на Солнце и на Землю. Широкие стрелки показывают направление, в котором ориентированы оптические оси приборов, установленных на автоматических межпланетных станциях и предназначенных для исследования облачного слоя и атмосферы планеты

4. Исследования взаимодействия солнечного ветра с планетой (магнитометр, плазменный спектрометр, ловушки заряженных частиц).

Перейдем теперь к результатам. До полета «Венеры-9 и -10» ученые мало что знали о строении поверхности планеты. Облачный слой и плотная атмосфера делают ее совершенно невидимой с Земли. Только радиоволны способны пробиться сквозь эту преграду. Мощные наземные радиолокаторы несколько лет назад обнаружили, что на поверхности Венеры есть кольцевые горы — кратеры, похожие на лунные и марсианские, только гораздо более сглаженные. По-видимому, в далеком прошлом при столкновении с планетой астероиды и крупные метеориты пробивали атмосферный панцирь и мощные взрывы образовывали кратеры. Так бывало и на Земле, однако скорость разрушения геологических образований на нашей планете гораздо больше из-за наличия жидкой воды. Бомбардировка метеоритными телами — это, как говорят геологи, экзогенный (внешний) процесс формирования поверхности. Но насколько эффективно действуют там эндогенные (внутренние) процессы? Или, другими словами, является ли планета геологически активной? Ответить на этот вопрос можно было только имея в руках изображение поверхности гораздо более детальное, чем могла дать радиолокация. Наиболее идеальным было бы иметь фотографическое изображение, но об этом ученые могли только мечтать до полета «Венеры-9 и -10».

И вот панорамные фотографии перед нами. Блестящий эксперимент по панорамному фотографированию поверхности Венеры был успешно подготовлен и осуществлен группой советских ученых. Глыбы, которые видны на фотографиях близ места посадки «Венеры-9», не вызывают сомнений в том, что перед нами довольно «молодой», с геологической точки, участок поверхности. Современная геологическая активность на Венере, по-видимому, сравнима с земной, и, таким образом, действие эндогенных факторов на Венере четко продемонстрировано на снимках «Венеры-9». Следует отметить, что в месте посадки «Венеры-10» ландшафт, вероятно, более старый.

Рельеф планеты изучался и со спутников — так называемым методом бистатической локализации. Однако минимально различимое с помощью этого метода «пятно» на поверхности имело размер около 10 км. В частности, было обнаружено, что на Венере есть как относительно ровные, равнинные районы, так и неровные, близкие по характеру к горным районам Луны.

Была также измерена плотность грунта планеты и определено содержание радиоактивных веществ в этом грунте. В месте посадки «Венеры-10» плотность грунта составляет 2,7 — 2,9 г/см³, что неплохо согласуется с оценками, полученными с помощью наземной радиолокации и усредненными по всей планете. Это дает основание предполагать, что характер поверхности в месте посадки наших спускаемых аппаратов является достаточно типичным и для всей Венеры.

На основании анализа гамма-излучения венерианских пород установлено содержание в них естественных радиоактивных элементов: калия — 0,4%, тория — 0,0002, урана — 0,00005%. Это соответствует наиболее широко распространенным изверженным породам земной коры — базальтовым — и указывает, что на поверхности Венеры присутствует обогащенная естественными радиоактивными элементами порода (по сравнению с ожидаемым их средним содержанием на планете). Такая порода могла образоваться лишь в итоге перераспределения вещества внутри Венеры на оболочки, которое произошло в течение времени ее эволюции, длящейся миллиарды лет. При этом на поверхность выходила наиболее легкоплавкая, обогащенная калием, торием и ураном часть расплава, из которой и сформировалась кора планеты.

Сопоставление имеющихся в настоящее время данных по Луне, Земле, Венере и Марсу свидетельствует о том, что, по-видимому, на всех этих планетах земной группы идет единый геохимический процесс, разделяющий их недра на оболочки, верхняя из которых — кора — состоит преимущественно из базальтов. Полученная величина плотности тоже согласуется с выводом о базальтовом составе коры.

Основные сведения о метеорологических характеристиках атмосферы — о температуре, давлении, скорости ветра — были получены еще в предыдущих полетах «Венер». Но последние измерения дали интересные дополнительные сведения. В условиях посадки прежних станций и «Венеры-9 и -10» есть существенная разница: раньше посадка производилась на ночной стороне (кроме «Венеры-8», которая села около терминатора), теперь — на дневной (высота Солнца над горизонтом 60°). Вблизи самой поверхности температура и давление оказались очень близкими к прежним результатам, полученным на первых «Венерах». В местах посадки температура была около 460 — 470°С, давление около 85 — 90 атм. Такого совпадения и следовало ожидать вследствие огромной массы и тепловой инерции атмосферы. Однако, начиная с высоты около 50 км, дневная / атмосфера этой планеты становится на 10 — 30°С теплее ночной (не освещенной Солнцем). Об этом также говорят результаты, полученные при одночастотном радиопросвечивании атмосферы Венеры, которое было проведено на «Венере-9 и -10» (в общей сложности более 50 раз) в разное время венерианских суток. Заметим, что Венера вращается вокруг оси очень медленно (звездные сутки около 243 земных, причем направление вращения обратное — противоположное орбитальному движению, а это приводит к длительности солнечных суток на Венере, равной примерно 120 земным). Несмотря на столь медленное вращение, суточные изменения температуры появляются только на большой высоте над поверхностью.

Когда в результате полета «Венеры-4» в 1967 г. стало известно о высокой плотности атмосферы Венеры, в популярной и научной литературе рядом авторов было высказано утверждение, что рефракция (преломление света в атмосфере) сделала бы венерианский ландшафт весьма своеобразным для воображаемого наблюдателя, находящегося на поверхности: якобы ландшафт должен был бы выглядеть как гигантская чаша, причем горизонт был бы отодвинут и приподнят на несколько десятков градусов. На полученных панорамах мы видим обратное: горизонт явно ближе геометрического. В чем же ошибались авторы гипотезы о чашеобразном ландшафте? Оказывается, достаточно наличия вблизи поверхности резкого (хоть и небольшого) скачка температуры, и рефракция начнет «работать» в обратном направлении, горизонт не удалится, а приблизится. По оценке автора, для этого необходима разность температур всего лишь в несколько десятых долей градуса между уровнем поверхности и высотой панорамной камеры (около 1 м).

Скорость ветра над местом посадки определялась двумя различными методами. Во-первых, был применен прибор, очень похожий на обычно используемый на метеостанциях — так называемый анемометр с вращающимися чашками. С помощью этого прибора была получена скорость ветра 0,4 — 0,7 м/с на «Венере-9» и 0,8 — 1,3 м/с на «Венере-10». Во-вторых, скорость ветра определялась по данным о доплеровском смещении частоты радиосигнала, передаваемого со спускаемого аппарата на разных высотах во время его снижения в атмосфере планеты Венера. Этим методом было получено, что на больших высотах (50 — 60 км) скорость ветра достигает 60 м/с, а ниже 30 км она быстро уменьшается и вблизи поверхности не превышает величину порядка 1 м/с в согласии с анемометрическими измерениями.

Высокие скорости ветра, измеренные советскими «Венерами» на высотах 50 — 60 км, хорошо согласуются с оценками скорости движения облачных образований (около 100 м/с при направлении вдоль экватора, — как говорят метеорологи, «преимущественно зональное» направление). Величина скорости 100 м/с означает, что вся облачная структура, сохраняя общее расположение темных и светлых образований, совершает один оборот вокруг планеты за 4 суток, т. е. за период намного более короткий, чем солнечные сутки, равные 117 земным.

Эти облачные образования хорошо видны на фотографиях, полученных с ультрафиолетовым фильтром с помощью наземных телескопов, а также на фототелевизионных изображениях, переданных предыдущими космическими аппаратами. Впервые такие изображения были получены в 1974 г. с помощью американского космического аппарата «Маринер-10», направлявшегося к Меркурию и пролетевшего вблизи Венеры. На одном из наших двух спутников («Венера-9») тоже получались изображения облачного слоя (в ультрафиолетовых лучах).

До недавнего времени мы очень мало знали о венерианских облаках. Из чего они состоят, какова концентрация частиц, мощность облаков? Насколько прозрачны они для солнечного излучения? Когда готовился эксперимент по фотографированию поверхности, было неизвестно, светло или темно днем на поверхности Венеры, хватит естественной освещенности для телефотометра или нет. Знать освещенность на поверхности Венеры нужно было также ученым, изучающим проблему теплового режима атмосферы. Самое непосредственное и простое объяснение высокой температуры — это так называемый «парниковый эффект», однако для этого нужно было убедиться в выполнении двух условий: а) атмосфера плохо пропускает тепловое излучение поверхности (длины волн больше 2 мкм) и б) хорошо пропускает солнечное излучение (длины волн меньше 1 мкм). В этом случае в условиях теплового равновесия должна автоматически устанавливаться высокая температура в нижних слоях атмосферы и на поверхности планеты. Условие (а) обеспечивается составом атмосферы Венеры, который был относительно хорошо изучен: углекислый газ достаточно непрозрачен в инфракрасной области, особенно с примесью водяного пара, хотя бы и очень небольшой (см. ниже). А вот выполняется ли условие (б), уверенности не было. Эксперимент по измерению освещенности в глубоких слоях атмосферы Венеры был впервые выполнен на «Венере-8» в 1972 г. Он показал, что некоторая доля солнечного света достигает поверхности, но количественная оценка была еще недостаточно точной, так как место посадки находилось вблизи терминатора, и некоторая неопределенность в координатах точки посадки приводила к значительной неточности в определении высоты Солнца над горизонтом. Измерения освещенности по мере спуска интересны еще и тем, что они показывают, как распределена по высоте плотность облачных масс, ослабляющих солнечное излучение.

На «Венере-9 и -10» проводились два эксперимента по изучению интенсивности солнечного света, рассеянного в атмосфере. В одном из них измерения проводились по всей трассе спуска вплоть до поверхности и на самой поверхности, но в широких спектральных интервалах электромагнитного излучения. Были выбраны пять участков спектра шириной около 0,1 мкм в области длин волн от 0,52 до 0,96 мкм. Во втором эксперименте измерения проводились в интервале высот от 63 — 64 км (начало работы всех научных приборов) до 33 км, но в отличие от первого использовались три очень узких фильтра шириной всего около 0,005 мкм. Эксперимент запланирован так, чтобы один из фильтров совпадал по длине волны с полосой поглощения углекислого газа (0,86 мкм), второй — с полосой водяного пара (0,82 мкм), третий приходился на участок, свободный от поглощения (непрерывный спектр около 0,8 мкм).

Освещенность на поверхности Венеры, по данным широкополосного фотометра, оказалась равной около 14 000 лк, что на Земле соответствует освещенности в средних широтах в полдень, когда небо закрыто сплошными облаками. Этот уровень освещенности оказался совершенно достаточным для получения панорамного изображения с помощью телефотометра. Он обеспечивает также выполнение условия (б), необходимого для парниковой гипотезы, и, таким образом, ее можно считать полностью подтвердившейся.

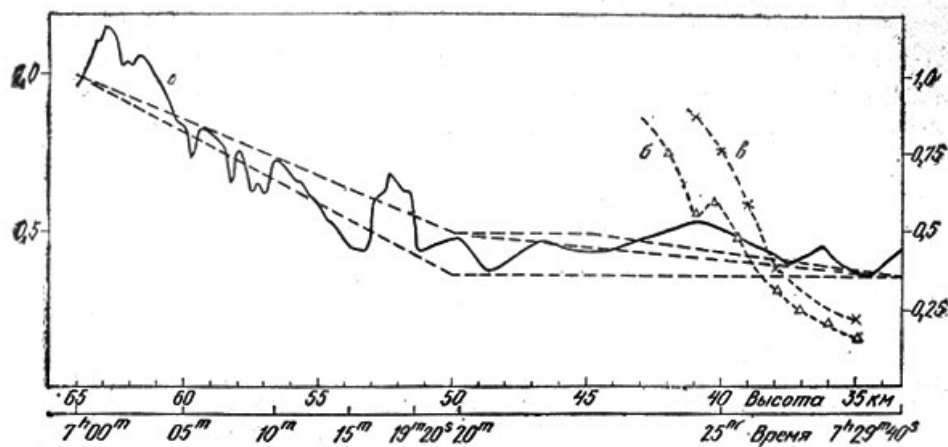


Рис. 2. Изменение интенсивности рассеянного солнечного излучения (на длине волны около 0,8 мкм) по мере спуска «Венеры-9» в облачном слое планеты — кривая (а). По оси абсцисс — высота и время, по оси ординат слева интенсивность в единицах F/π , где F — внеатмосферная освещенность. Две кривые справа показывают отношения интенсивностей в фильтрах, центрированных на полосы CO_2 (б) и H_2O (в) к интенсивности в непрерывном спектре

На рис. 2 показано, как изменяется интенсивность солнечного излучения по мере спуска аппарата в облачном слое. Эта кривая получена узкополосным фотометром, установленным на спускаемом аппарате «Венера-9». Колебания яркости вызваны прохождением через отдельные облачные сгущения, характерные размеры которых можно оценить непосредственно по этой кривой. Они составляют от нескольких сот метров до нескольких километров. Нижняя граница облачного слоя фиксируется не очень точно, но, по совокупности различных данных, она находится на высоте около 35 км. На высоте около 49 — 50 км плотность облаков изменяется в несколько раз — выше расположен более плотный слой, ниже менее плотный (рис. 3). Верхняя граница облаков размыта и расположена на уровне 68 — 70 км.

Интересно, что вся 30-километровая толща облаков ослабляет излучение всего лишь в 2,5 — 3 раза (вне полос поглощения). На основании этого было сделано заключение, что частицы облаков практически не поглощают солнечное излучение вблизи длины волны 0,8 мкм (и, по-видимому, во много более широком интервале, а весь наблюдаемый эффект ослабления обусловлен только рассеянием). Средняя концентрация частиц между высотами 50 и 64 км (оцененная по этому ослаблению) составляет от 100 до 200 частиц/см³ при радиусе частиц около 1 мкм. Дальность видимости здесь порядка нескольких километров, и в этом отношении венерианские облака скорее похожи на довольно редкий туман, чем на земные, например кучевые, облака, в которых дальность видимости всего несколько десятков метров.

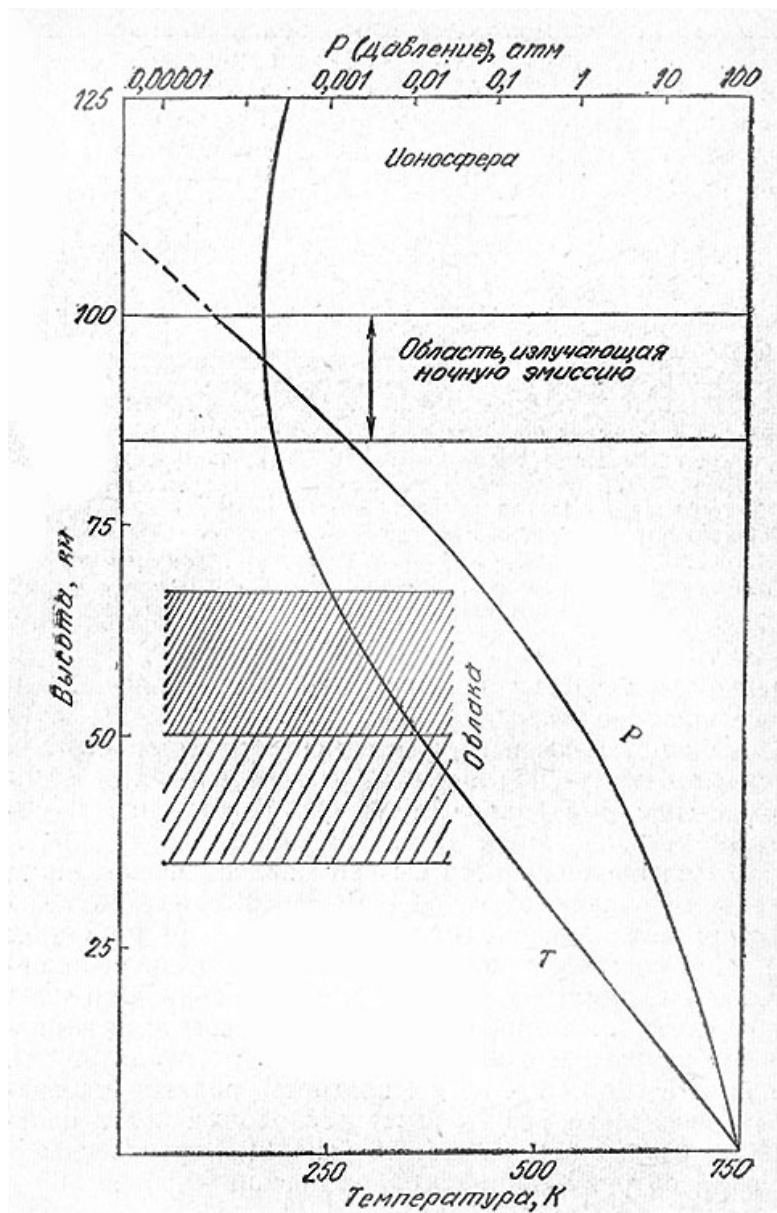


Рис. 3. Схематическое изображение строения атмосферы и облачного слоя Венеры

Независимые данные о характеристиках частиц облачного слоя Венеры были получены учеными с помощью нефелометра — прибора с искусственным источником света, посылаемого в атмосферу узким пучком. Пучок света наблюдается под разными углами с помощью фотоэлектрических датчиков, что позволяет определить индикатрису рассеяния — зависимость интенсивности света, рассеянного малым объемом атмосферы, от угла между направлениями рассеяния и наблюдения. Индикатриса рассеяния зависит от размеров частиц и коэффициента преломления. Анализ данных нефелометра показал, что при определенных предположениях о коэффициенте рассеяния средние размеры частиц облачного слоя изменяются с глубиной. Они составляют около 1 мкм на высотах 62 — 57 км и около 2 мкм ниже 57 км.

Вертикальная и горизонтальная структура верхней части облачного слоя (64 — 70 км) детально изучалась с помощью приборов, установленных на искусственных спутниках Венеры. Верхний участок диаграммы, приведенной на рис. 3, построен по измерениям интенсивности полос CO_2 , проведенным с помощью инфракрасного спектрометра, входящего в научную аппаратуру «Венеры-9 и -10». На рис. 4 в качестве примера приведены измерения температуры облачного слоя и его яркости в ультрафиолетовой области спектра, проведенные на «Венере-9». Анализ данных инфракрасного радиометра показал, что ночью температура верхней границы облаков примерно на 10°C выше, чем днем. Поскольку данные радиопросвечивания показывают, что температура атмосферы на тех же высотах ночью, наоборот, ниже, этот результат однозначно приводит к выводу об уменьшении высоты верхней границы облаков в ночное время. Фотополяриметр дал многочисленные кривые распределения (вдоль трасс полета) яркости и поляризации отраженного облачным слоем солнечного излучения. В связи с этим отметим следующее. Раньше предполагали, что по яркости диск Венеры весьма однороден на всех длинах волн, кроме ультрафиолетовых (3500 — 3800 Å). Данные фотополяриметра (а также инфракрасного спектрометра) показывают, что это не так. Хотя в ультрафиолетовой области изменения яркости по диску выражены наиболее резко (до 15 — 20%; см. рис. 4), они имеют место практически на всех длинах волн.

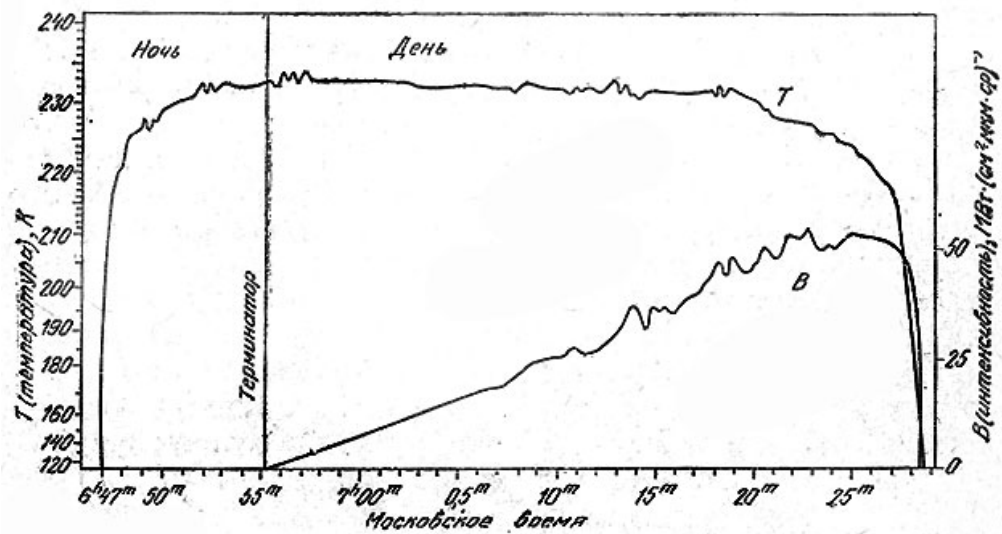


Рис. 4. Тепловое (8 — 26 мкм) и отраженное солнечное излучение (0,35 мкм) по измерениям с искусственного спутника «Венера-9» 26 октября 1975 г. Интенсивность теплового излучения дана в температурных единицах (яркостные температуры в градусах по Кельвину), интенсивность ультрафиолетового излучения — в единицах потока. По оси абсцисс отложено московское время

Инфракрасная радиометрия, фотометрия, поляриметрия, спектроскопия облачного слоя Венеры проводились и ранее — с помощью наземных телескопов. Применение той же методики на искусственных спутниках «Венера-9 и -10» сильно расширило ее возможности. Пространственное разрешение, отнесенное к поверхности планеты, при наземных наблюдениях составляет обычно около 1000 км, а при наблюдениях со спутников «Венера-9 и -10» оно достигало 20 — 50 км. Полностью были сняты проблемы, связанные с учетом поглощения света в земной атмосфере. Наконец, обеспечены были одновременно наблюдения в очень широком диапазоне длин волн (от 0,3 до 40 мкм) с помощью целого комплекса приборов, чего при наземных наблюдениях Венеры практически никогда не делалось.

В изучении химического состава атмосферы Венеры особый интерес представляет анализ содержания водяного пара. Анализ измерений, проведенных с узкополосными фотометрами, установленными на борту спускаемых аппаратов (и снабженных фильтрами в области полос H_2O и CO_2), показал, что относительное объемное содержание водяного пара составляет около 0,1%. Эта оценка является средней для диапазона высот от 40 до 20 км. На рис. 5 показано распределение водяного пара в атмосфере Венеры по высоте, полученное различными методами. В верхней части облачного слоя указаны данные, полученные с помощью наземной спектроскопии, в средней — результаты измерений с помощью химических датчиков на ранних «Венерах», в нижней — наш результат на «Венере-9 и -10» и радиоастрономическая оценка верхнего предела, основанная на отсутствии полосы H_2O с длиной волны 1,35 см в спектре теплового радиоизлучения Венеры. Оценку содержания H_2O (0,1%) можно принять как среднее для всей атмосферы, так как внизу плотность ее намного выше. В этом случае парциальное давление водяного пара у поверхности около 0,1 атм, и оно является характеристикой, определяющей абсолютное содержание водяного пара на Венере, поскольку жидкая вода не может присутствовать в таких условиях (460 — 470°C и 85 — 90 атм). Заметим, что на Земле, если бы температура возросла до тех же величин, как и на Венере, океаны испарились бы, образовав атмосферу из H_2O с давлением около 300 атм. Таким образом, различие по абсолютному содержанию воды на Земле и Венере составляет более 3000 раз. Это различие является одной из загадок, которую еще предстоит решить в дальнейшем. Недостаток воды на Венере, вероятно, обусловил и огромное количество углекислого газа в атмосфере. Если бы на Венере были когда-то в прошлом океаны, они растворили бы углекислый газ и связали его в карбонатных породах, как это произошло на Земле.

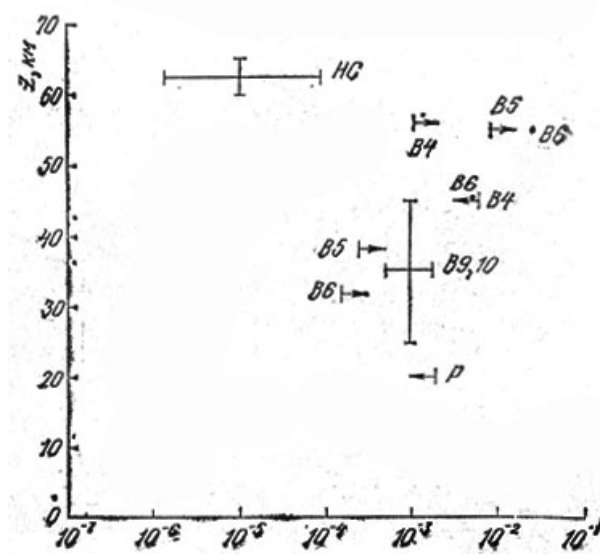


Рис. 5. Результаты измерений содержания H_2O в атмосфере Венеры, проведенных различными методами. В4 — В10 — советские спускаемые аппараты, НС — наземная спектроскопия, РЛ — радиолокация. Размеры отрезков по горизонтали определяют точность оценок, по вертикали — диапазон, к которому они относятся. Размеры отрезков по горизонтали определяют точность оценок, по вертикали — диапазон, к которому они относятся. Стрелки означают, что получен только верхний предел. По оси абсцисс — относительное измерение водяного пара, по оси ординат — высота

Другой загадкой для ученых является состав облачного слоя. Много высказывалось предположений относительно этого состава — предлагались вода в жидком и твердом состоянии, окислы железа, соединения ртути. В последние годы широко обсуждается гипотеза, предложенная американскими учеными Силлом и Янгом. Они считают, что облачный слой (или по крайней мере его верхняя часть) состоит из капелек концентрированного раствора серной кислоты в воде. Оптические свойства облаков, измеренные по наземным наблюдениям и приборами на искусственных спутниках Венеры, хорошо согласуются с этой гипотезой. Вероятно, однако, что на разных высотах частицы

облаков, видимо, могут иметь различную химическую природу. К сожалению, не закончена еще обработка данных масс-спектрометров, размещенных на спускаемых аппаратах. Мы надеемся, что она даст важную дополнительную информацию о малых компонентах химического состава атмосферы, существенную для проблемы химического состава облачного слоя.

В то время как в инфракрасных лучах яркость дневной и ночной сторон мало отличается, в видимой области спектра ночная сторона планеты светит лишь очень слабо. Причина понятна: в инфракрасной области планета светит за счет теплового излучения атмосферы, которая имеет огромную тепловую инерцию. В видимой области спектра планета светит днем за счет рассеяния солнечного излучения, а ночью этот источник отсутствует. Тем не менее слабое ночное свечение может возбуждаться за счет химических реакций, протекающих в верхней атмосфере; а также возбуждения частицами солнечного ветра, проникшими в атмосферу, и за счет некоторых других, энергетически слабых источников. В земной атмосфере, например, ночью излучает молекулярный «осколок» OH , возникающий в результате реакции между озоном и водородом; ион молекулы азота (N_2^+); атомный кислород. Линии свечения атомарного кислорода (5577 и 6300 Å) являются запрещенными, т. е. они появляются только при малой плотности и в лабораторных условиях не наблюдаются. Свечение ночного неба Земли является одним из важнейших источников информации о физическом состоянии вещества и физических процессах в верхней части атмосферы планеты.

Естественно, что ученых уже давно интересовал вопрос, светит ли ночное небо Венеры, и, если светит, каков спектр этого свечения, линии каких атомов и молекул в нем могут присутствовать. В прошлом некоторые астрономы замечали, что неосвещенная сторона диска Венеры иногда имеет чуть более высокую яркость, чем фон свечения неба, наблюдаемый рядом с диском планеты.

Это явление даже получило название «пепельный свет Венеры». Советский астроном Н. А. Козырев много раз пытался сфотографировать спектр ночной стороны Венеры с помощью наземного телескопа, однако это очень трудно было сделать из-за помех, возникающих благодаря свету от серпа планеты, рассеянного в самом телескопе и в земной атмосфере. Им было опубликовано два спектра, совершенно несхожих друг с другом, к тому же оба были на пределе видимости. Спектры эти не воспроизводимы, т. е. при повторных наблюдениях или ничего не получалось, или получалось нечто, не похожее на предыдущие результаты.

На искусственных спутниках Венеры загадка ночного свечения планеты была наконец решена. Высокочувствительные быстродействующие фотоэлектрические спектрометры зарегистрировали четкую группу полос излучения, регулярно наблюдаемую, видимую на всей ночной стороне и усиливающуюся у ночного края планеты, как это и должно быть для свечения верхней атмосферы.

На рис. 6 показан спектр свечения ночного неба. Он состоит из полос, образующих правильную последовательность и принадлежащих, по-видимому, одной молекуле. Проблема отождествления этой молекулы оказалась очень трудной и широко обсуждалась многими учеными. Правильное решение было найдено американцами Г. Лоуренсом, Ч. Бартом и В. Аргебрайтом, которые, ознакомившись с полученными на «Венере-9 и -10» спектрами, провели лабораторные исследования спектра свечения газовой смеси, состоящей из CO_2 и малой примеси O_2 . Оказалось, что в этой смеси возбуждаются точно такие же спектральные полосы, как и наблюдавшиеся на «Венере-9 и -10». Они принадлежат O_2 , но в чистом кислороде или в смеси кислорода с азотом не излучаются. Поэтому в спектре свечения ночного неба Земли (несмотря на обилие кислорода) эти полосы отсутствуют. Таким образом, спектры свечения ночного неба Венеры являются первым уверенным экспериментальным доказательством существования кислорода в атмосфере этой планеты. Прямые измерения на «Венере-4, -5, -6» дали только верхний предел (0,1%).



Рис. 6. Спектр свечения ночного неба Венеры по результатам измерений, проведенных на искусственных спутниках Венеры

Заметим, что спектр ночного свечения Венеры, полученный с помощью аппаратуры «Венеры-9 и -10», совершенно непохож ни на спектр свечения ночного неба Земли, ни на спектры «пепельного света Венеры», опубликованные Н. А. Козыревым.

В высоких слоях атмосферы, освещенных Солнцем, наблюдается в далекой ультрафиолетовой области резонансная линия водорода — линия Лайман-альфа. Она присутствует в свечении верхней части атмосферы Земли, Марса, Юпитера и, конечно, также и Венеры. Причина ее свечения в том, что молекулы водяного пара, имеющиеся в атмосферах Земли, Марса и Венеры, диссоциируют, распадаются, вследствие чего в верхней атмосфере появляется некоторое количество атомарного водорода. Распределение атомарного водорода по высоте и ширина линии Лайман-альфа являются хорошими индикаторами температуры верхней атмосферы. Объединенная группа советских и французских ученых и специалистов подготовила и осуществила эксперимент с помощью искусственных спутников Венеры по измерению интенсивности и ширины линии Лайман-альфа в атмосфере Венеры. Они нашли, что температура верхней части атмосферы этой планеты составляет около 450 К. Одна из выдвинутых ранее после полета «Маринера-5» гипотез объяснила некоторые особенности в вертикальном распределении водорода на Венере как следствие повышенного содержания его тяжелого изотопа — дейтерия. В описываемом эксперименте была сделана попытка измерить интенсивность линии Лайман-альфа дейтерия. В результате было показано, что содержание дейтерия не превышает нескольких процентов.

Верхние части атмосферы планет можно исследовать не только оптическими методами. Верхняя часть атмосферы всегда частично ионизована, а ионизованная среда (плазма) даже при небольшой концентрации частиц оказывает заметное влияние на распространяющиеся в ней радиоволны, причем характер этого влияния зависит от частоты радиоволн. Методом двухчастотного радиопросвечивания атмосферы Венеры с помощью «Венеры-9 и -10» группа советских ученых провела тщательные измерения профиля (вертикального распределения) электронной концентрации в ионосфере по высоте, которая — днем достигала максимума на высоте около 120 — 140 км.

Концентрация в максимуме составляет $5 \cdot 10^5$ электрон/см³ — чуть меньше, чем в земной ионосфере. Ночью концентрация уменьшается примерно до 10^4 электрон/см³ и, кроме того, форма высокого профиля электронной концентрации становится сильно изменчивой — максимум иногда шире, иногда уже, а иногда и раздваивается и т. д. Это свидетельствует о быстрых изменениях в характеристиках процесса, ответственного за «ночную» ионизацию. По-видимому, таким процессом может быть проникновение частиц солнечного ветра в верхние слои атмосферы.

Изучение характера взаимодействия солнечного ветра и планеты проводились на искусственных спутниках Венеры довольно широким фронтом. Орбиты этих спутников очень удобны для проведения таких исследований, так как они пересекают все характерные области:

невозмущенный солнечный ветер, ударную волну, переходную область, в которой замедленный поток солнечной плазмы обтекает планету, область возможного перемешивания солнечной плазмы с верхней частью атмосферы планеты, область «корпускулярной» и оптической тени.

С помощью «Венеры-9 и -10» впервые были получены одновременные данные о концентрации и температурах электронов и ионов по обе стороны фронта ударной волны около Венеры.

По этим измерениям, 26 октября 1975 г. во время полета спутника «Венера-9», движущегося из невозмущенного межпланетного пространства в переходную область, характеристики плазмы менялись примерно следующим образом: скорость потока падала с 570 до 500 км/с, концентрация возрастала с 15 до 60 частиц/см³, температура ионов возрастала от 200 000 до 1400 000 К, температура электронов росла более медленно, чем температура ионов, — от 150 000 до 300 000 К.

Впервые были измерены характеристики электронов в оптической тени, создаваемой планетой. Потоки ионов в оптической тени оказались настолько малыми, что не могли быть зарегистрированы.

Проводились измерения магнитного поля (Ш. Ш. Долгинов и др.), которые подтвердили предположение о том, что собственного магнитного поля планета не имеет.

Обработка результатов измерений, проведенных на «Венере-9 и -10», продолжается. Впервые на исследование планеты Венера был направлен такой мощный и разносторонний комплекс экспериментальных средств. Новые данные, полученные «Венерой-9 и -10», позволяют существенно продвинуться в понимании природы этой загадочной планеты.

Особенно интересным является вопрос, почему Венера похожа на Землю по массе, размерам, количеству тепла, получаемому от Солнца, и в то же время резко отличается по составу и строению атмосферы, по физическим условиям на поверхности. Эволюция венерианской атмосферы и земной происходила, по-видимому, различно. Далеко не все еще в этой проблеме стало ясно, однако в общих чертах причину этого можно теперь считать более или менее понятной. На Венере, по-видимому, «парниковый эффект» усиливался в начальной стадии ее геологической эволюции: увеличение температуры приводило к дополнительному выделению СО₂ и Н₂О в атмосферу, это, в свою очередь, обуславливало возрастание температуры и т. д., пока все летучие соединения не перешли в атмосферу. На Земле этого не произошло из-за гораздо большего количества Н₂О, которое привело к образованию гидросферы, различными путями связывавшей углекислый газ. Вероятно, изначальное содержание Н₂О на Венере было на много порядков меньше, чем на Земле, и именно это является причиной столь резкого различия и в остальных характеристиках.

Б.Г.МУРЗАКОВ,
кандидат химических наук

Поиск жизни на Марсе с помощью космических аппаратов

Вряд ли найдется другая область науки, которая бы по темпам своего развития и по диапазону охвата смежных областей могла сравниться с исследованиями космического пространства. Проведенные в последние годы выдающиеся эксперименты в космосе вплотную приблизили человечество к дерзновенному этапу — поиску живых организмов на других планетах. Нынешнему поколению людей выпала редчайшая возможность стать свидетелем проведения прямых биологических экспериментов на поверхностях других планет с целью получения ответа на вопрос, волновавший многие века: «Есть ли по соседству с нами во Вселенной живые существа и каковы они?»

В настоящее время большинство ученых сходятся во мнении, что из всех планет Солнечной системы лишь на Марсе возможно существование живой природы. Основными доказательствами, подтверждающими этот вывод, являются результаты, полученные как с помощью наземных астрономических наблюдений, так и в особенности с помощью исследований с орбиты советских и американских космических автоматических станций «Марс» и «Маринер».

Каковы же эти результаты?

Основу марсианской атмосферы составляют углекислый газ и аргон, обнаружены также следы кислорода, водяных паров и других газообразных и летучих соединений. Средняя температура поверхности Марса подвержена колебаниям и достигает на экваторе днем +10 -15°С и ночью от -70 до -80°С. Во время полярной ночи температура снижается до -120°С. Давление у поверхности Марса составляет в среднем 7 мм рт. ст., снижаясь в некоторых районах планеты до 4-5 мм рт. ст.

Конечно, можно усомниться в реальности существования живых организмов в таких жестких условиях. Действительно, по сравнению с Землей марсианский климат покажется малопривлекательным для человека, хотя и на Земле встречаются районы, где зарегистрированы чрезвычайно низкие, и, наоборот, очень высокие температуры (до -88°С в Антарктиде и +58° в тени в Ливийской пустыне), где имеется острый дефицит воды (например, в районе Вади-Халфа в Судане за три года выпадает лишь 1 мм осадков) и другие крайне неблагоприятные условия.

Но не нужно забывать, что помимо человека нашу планету населяют мириады других живых существ с разными требованиями к условиям жизни. Наименее «притязательны» в этом отношении микроорганизмы, обитающие повсюду на Земле: в атмосфере и воде, на поверхности почвы и под ее покровом, в урановых рудниках и глубинах океана, в Арктике и Антарктиде, в знойных просторах Сахары. Чем больше ученые исследуют мир микроскопических существ, тем полнее раскрываются удивительные способности этих, по-видимому, первых обитателей нашей планеты, играющих основную роль в круговороте веществ.

Важнейшим свойством микроорганизмов является их способность выдерживать воздействие низких температур и давлений, а также повышенных доз радиации, т. е. тех факторов, которые господствуют на Марсе. Опытами, проведенными в Институте микробиологии АН СССР, показано, что после длительного воздействия ультравысокого вакуума (давление до 10⁻¹⁰ мм рт. ст.) и значительных доз ультрафиолетовой радиации часть микроорганизмов погибает, однако другая часть выживает и сохраняет свою жизнеспособность.

Чрезвычайно низкое содержание кислорода в атмосфере Марса также не может воспрепятствовать активной жизни на планете, поскольку ученым известна многочисленная группа так называемых анаэробных организмов, дыхание которых осуществляется за счет кислорода, связанного в молекулы органических и неорганических соединений.

Основным возражением против существования на Марсе живых существ является низкое содержание воды, обнаруженное в атмосфере этой планеты. Однако данные земной экологии свидетельствуют о том, что микроорганизмы выработали разнообразные механизмы приспособления к условиям с дефицитом влаги. Примером этому могут служить ксерофитные микроорганизмы, обитающие в поверхностном слое пустынь, чрезвычайно распространенных на Земле.

Сенсацией можно назвать сообщение американских ученых об обнаружении с помощью станций «Викинг» больших масс льда, состоящих не из углекислоты, как думали раньше, а из замерзшей воды. Есть все основания утверждать, что воды на «красной планете» значительно больше, чем предполагалось ранее. Некоторые ученые даже предполагают, что количество воды на Марсе превышает водные ресурсы Земли.

Таким образом, можно сделать заключение, что в соответствии с данными современной микробиологии условия, существующие на Марсе, не могут служить препятствием для роста и развития микроорганизмов. Возникает вопрос: почему бы не предположить, что ход эволюции органических веществ на Марсе привел к возникновению живых существ, уже адаптировавшихся (приспособившихся) к условиям

этой планеты? В связи с этим следует вспомнить высказывание академика А. И. Опарина о том, что «конкретные формы жизни являются производными тех внешних условий, в которых они возникают и развиваются. Внешняя среда формирует организм, создавая исключительно совершенные, иной раз очень сложные системы приспособления».

В современный период развития технических возможностей космонавтики перед исследователями возникла задача прямых биологических исследований на поверхности Марса с целью обнаружения микроорганизмов в грунте этой планеты. Каковы же реальные пути поиска жизни на Марсе и каким арсеналом методов располагает наука для решения стоящих перед нею задач?

В основу стратегии поисков жизни на Марсе положены такие основные критерии жизни, как метаболизм и редупликация биополимеров, или, другими словами, рост, развитие, размножение и обмен веществом и энергией с окружающей средой. Оснащению автоматических биологических станций, предназначенных для изучения грунта Марса, предшествуют интенсивные лабораторные исследования, включающие выбор методов поиска и обнаружения биологических систем, создание космической биологической аппаратуры и т. д. Первоочередной задачей исследователей, работающих в области экзобиологии (науки, изучающей возможности существования и обнаружения жизни вне Земли), является разработка микробиологических и биохимических методов обнаружения микроорганизмов.

Предполагается, что автоматическая биологическая станция, достигнув поверхности Марса, по командам с Земли осуществит взятие образца грунта планеты и его транспортировку в специальные камеры для культивирования микроорганизмов, содержащих необходимые питательные вещества. Микроорганизмы, оказавшись в благоприятных условиях, начнут размножаться и расти, что будет сопровождаться нарастанием во времени интенсивности биологических и биохимических процессов: произойдут изменения в химическом составе питательной среды; за счет выделения газообразных продуктов изменится состав атмосферы внутри камеры и повысится давление; увеличится объем биомассы; повысится общий энергетический баланс всей системы. Таким образом, рост и размножение микроорганизмов вызовут целую гамму процессов и явлений, которые с высокой степенью точности могут быть обнаружены и измерены соответствующими приборами. Однако ряд таких изменений может иметь и чисто химическую природу, как результат взаимодействия питательных субстратов с неорганическими и органическими катализаторами, которые могут содержаться в образцах грунта. Для установления природы наблюдаемых явлений нужно провести контрольный эксперимент, заключающийся в том, что в реакционную камеру добавляют ядовитое вещество (так называемый антиметаболит), который вызовет гибель микроорганизмов и прекращение биологических процессов. Если после добавления антиметаболитов в камеру, где регистрируется нарастание во времени различных параметров системы, такое нарастание прекратится, то можно сделать вывод, что в грунте Марса микроорганизмы имеются.

Большинство из описанных выше методических и теоретических подходов были реализованы на американских автоматических биологических станциях «Викинг— 1 и -2», запущенных к Марсу соответственно 20 августа и 9 сентября 1975 г. (рис. 1).

Эксперименты по программе «Викинг» подразделяются на четыре категории: орбитальные, эксперименты при входе в атмосферу планеты, эксперименты на поверхности Марса и научные исследования с помощью радиоастрономических приборов. Наибольшим количеством приборов снабжен спускаемый отсек, это, по существу, миниатюрная автономная лаборатория (рис. 2). Орбитальный отсек во время полета к Марсу является основной частью космического корабля. Он проводит стабилизацию траектории полета к Марсу, поддерживает телеметрическую связь с Землей. После посадки спускаемого аппарата на поверхность планеты орбитальный отсек выполняет роль связующего звена между посадочной ступенью и Землей, а также проводит комплекс научных исследований с орбиты Марса.

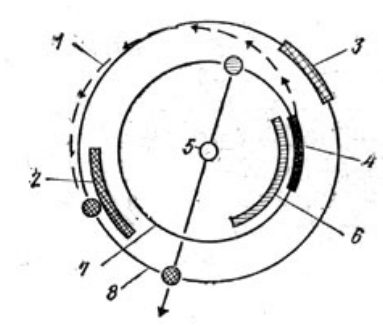


Рис. 1. Схема предполагаемого полета станций «Викинг»: 1 — траектория полета станции; 2 — положение Марса к моменту прибытия станций (в июне-сентябре 1976 г.); 3 — положение Марса к моменту запуска (в августе-сентябре 1975 г.); 4 — положение Земли в момент запуска (август-сентябрь 1975 г.); 5 — Солнце; 6 — положение Земли в момент прибытия станций к Марсу (июнь-сентябрь 1976 г.); 7 — орбита Земли; 8 — орбита Марса

Вес космического аппарата «Викинг» составляет 3600 кг (вес орбитального отсека 2324 кг, посадочной ступени — 1118 кг). Чтобы доставить такие грузы на поверхность Марса, потребовалось создание новой ракеты-носителя «Титан-Центавр».

В окрестности Марса «Викинг-1» прибыл 20 июня 1976 г., преодолев почти 400 млн. км. После выхода на околомарсианскую орбиту с помощью установленных на станции приборов были тщательно изучены ранее выбранные места посадки. Предполагалось, что они представляют собой равнины, покрытые ветровыми наносами и фрагментами вулканических скал. Однако при полете над этими районами и их фотографировании станция «Викинг-1» передала на Землю информацию, которая не позволила осуществить посадку в ранее намеченных районах. Поэтому вместо запланированной даты посадки (4 июля 1976 г.) спуск станции на поверхность Марса в районе Хризе был произведен лишь 20 июля 1976 г. Данные первой станции позволили также выбрать более ровную площадку и для посадки «Викинга-2» (он достиг поверхности Марса в районе Утопия 4 сентября 1976 г.). Место посадки «Викинга-2» находится на удалении более 7 тыс. км от места посадки «Викинга-1».

Посадка станций на поверхность Марса производилась с околомарсианской орбиты. На высоте около 6 км раскрылся парашют, изготовленный из полиэфирного волокна (диаметр более 16 м, длина строп 30 м), скорость спуска станции снизилась до 350 м/с. На высоте 1200 м парашют автоматически отстреливался, и дальнейший спуск происходил с помощью двигателей, расположенных на корпусе спускаемого отсека.

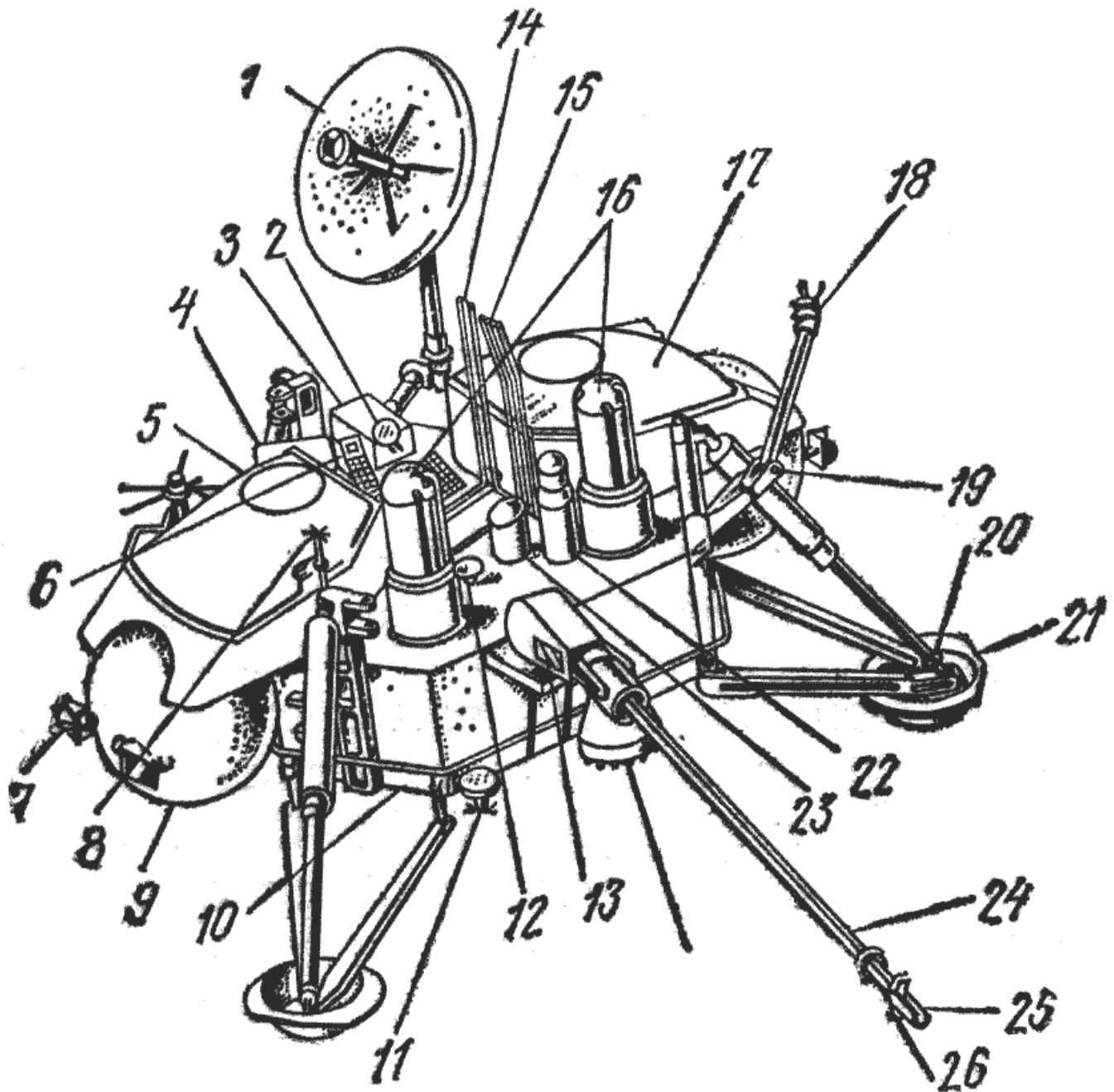


Рис. 2. Схематическое изображение спускаемого аппарата станции «Викинг»:

1 — узконаправленная антенна; 2 — зеркало; 3 — радиолокационный высотомер; 4 — сейсмомер; 5 — радиоизотопный генератор энергии; 6 — камера; 7 — двигатель; 8 — малонаправленная антенна; 9 — топливный бак; 10 — радиолокатор; 11 — антенна радиолокационного высотомера; 12 — рентгеновский флюориметр; 13 — зеркало обзора; 14 — кабели радиоизотопного генератора; 15 — расположение газовых трубопроводов; 16 — фотокамеры; 17 — покрытие, защищающее от ветра радиоизотопный генератор; 18 — метеорологический датчик, блок метеорологических приборов; 19 — термодатчик; 20 — опора; 21 — масс-спектрометр; 22 — биологическая аппаратура; 23 — «механическая рука»; 24 — ковш для забора грунта; 25 — магнит

Важное значение приобрела проблема стерилизации станции с целью предотвращения занесения на Марс земных микроорганизмов. Если бы земные микроорганизмы попали внутрь станции, то их последующее открытие в грунте Марса в ходе биологического эксперимента дало бы ложную информацию о существовании жизни на этой планете. Однако, помимо этого, занесение на Марс земных микроорганизмов может иметь фатальные последствия и для всей планеты Марс. Ведь не исключено, что Марс может оказаться благоприятной средой для обитания земных биот. (Имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют о способности выживания земных микроорганизмов в условиях, близких к марсианским.)

Вероятность загрязнения Марса земной микрофлорой в течение 5-летнего периода, начиная с января 1969 г., по оценкам специалистов, не должна превышать 0,001. Для станций «Викинг» были установлены еще более строгие меры, поскольку они были предназначены для проведения биологических экспериментов. Это побудило выбрать более жесткие методы стерилизации всех узлов станции. Кроме того, вся станция помещалась на 30-40 ч в печь с температурой 110°C, и, наконец, закрывалась биологическим экраном, верхняя часть которого отделялась лишь за пределами земной атмосферы. Все это позволило снизить вероятность загрязнения Марса спускаемым аппаратом «Викинг» до $1 \cdot 10^{-6}$ (т. е. 0,000001!). Интересна конструкция биологического экрана. Он представляет собой линзоподобное устройство диаметром 365,7 см и высотой 193,8 см. Изготавливается из фиброгласовой ткани толщиной 0,0013 см. Внутренняя сторона биоэкрана состоит из алюминиевой фольги (толщиной 0,008 см) в форме конуса для уменьшения удара при входе в атмосферу Марса.

Как уже отмечалось выше, каждая из станций представляет собой миниатюрную лабораторию, работающую в автоматическом режиме при дистанционном управлении, и решению задач поисков жизни на Марсе была подчинена работа не только биологических и химических приборов, но и тех приборов, которые измеряют физические характеристики планеты, в том числе и осуществляющих «визуальные» исследования. Объем каждой лаборатории, содержащей до 40000 радиоэлектронных элементов, составляет 0,03 м³.

На орбитальном и спускаемом отсеках имеются телевизионные камеры, способные зарегистрировать довольно мелкие детали поверхности планеты. Станция снабжена спектрометром, который может по инфракрасной линии поглощения 1,38 мкм обнаруживать пары

воды. На орбитальном отсеке установлен также инфракрасный термический датчик для измерения температуры поверхности планеты. Ряд экспериментов был предназначен для их проведения во время прохождения спускаемого аппарата в атмосфере Марса. Установленный на станции масс-спектрометр позволил определить состав газов атмосферы и ионосферы. В комплексе с пиролитическим устройством и газохроматографической колонкой масс-спектрометр также предназначен для изучения органических веществ, находящихся в грунте планеты. Анализ грунта предусмотрено проводить следующим образом: 100 мг грунта нагреваются до 200°C, содержащиеся в нем вещества выделяются и обнаруживаются с помощью масс-спектрометра. Если при указанных условиях продукты пиролиза не будут обнаружены, температура повышается до 350-500°C.

Детальный химический анализ органического вещества грунта необходим, и было бы неверным недооценивать его научную важность. Однако, по мнению многих ученых, он не имеет прямого отношения к обнаружению жизни на планете. Во-первых, органические вещества на поверхности Марса могут быть абиогенной природы, т. е. связаны или с падением метеоритов, или с ходом абиогенных реакций на самой планете; эти вещества могут представлять собой также остатки бывшей ранее жизни. Во-вторых, количество органической массы на поверхности планеты может быть столь малым, что обнаружение ее в грунте не позволит получить ответ о природе этого вещества. Поэтому обнаружение органических веществ не может стать бесспорным доказательством жизни, хотя и является дополнительным и вспомогательным методом для интерпретации результатов биологических экспериментов.

На спускаемых отсеках станций «Викинг» установлены также приборы, использующие флюоресценцию рентгеновским излучением, которые позволили установить качественный и количественный состав неорганических веществ марсианского грунта. Имеются также датчики для определения давления и скорости ветра, сейсмометры для регистрации «марсотрясения» и ударов метеоритов о поверхность планеты, приборы для обнаружения магнитных частиц в марсианском грунте.

Однако наибольшее значение для всей программы «Викинг» имеет комплекс биологической аппаратуры, предназначенной для поисков и обнаружения микроорганизмов в грунте Марса.

- Предусматривалось осуществление следующих трех биологических экспериментов:
- 1) измерение меченой углекислоты, выделяющейся при утилизации меченого субстрата микроорганизмами;
 - 2) эксперимент по ассимиляции $^{14}\text{CO}_2$ и ^{14}CO ;
 - 3) регистрация изменения газового состава при развитии микроорганизмов в инкубационной камере.

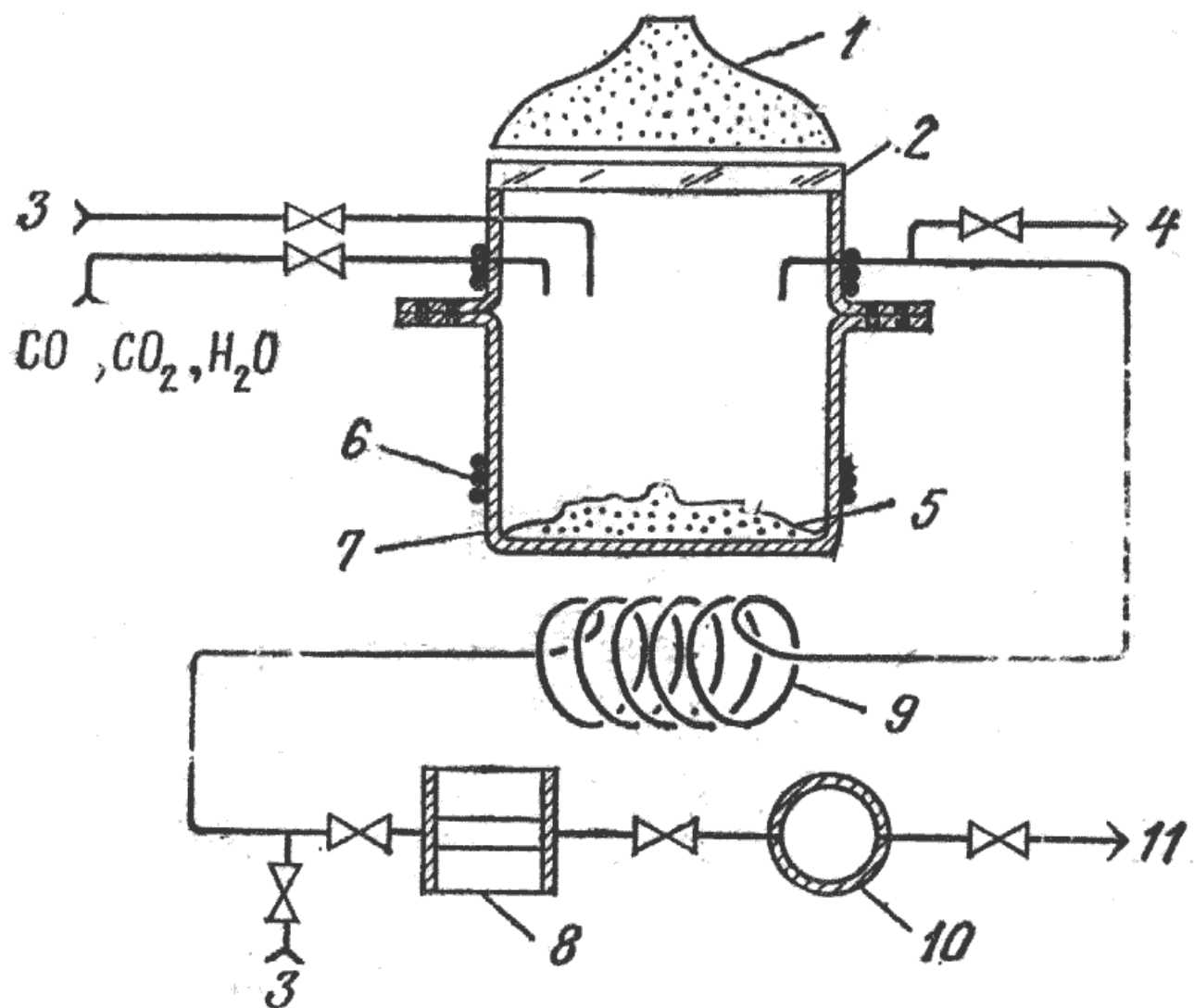
Состав экспериментов был подобран так, чтобы были учтены все экологические особенности Марса: эксперимент по утилизации окиси и двуокиси углерода предполагалось производить при сохранении нативных условий планеты — отклонение от этих условий связано лишь с добавлением к образцам минимальных количеств ^{14}CO и $^{14}\text{CO}_2$ и возможно паров воды; в другом эксперименте регистрация выделения меченой углекислоты должна была производиться после добавления к образцам марсианского грунта сильно разбавленных растворов меченых питательных веществ (глюкозы, органических кислот, аминокислот и др.); третий эксперимент основан на добавлении к образцам грунта сложной смеси некоторых питательных веществ при их значительном увлажнении. Такой выбор методов и разнообразие методических приемов были вызваны стремлением «удовлетворить» физиологические потребности максимально широкого круга микроорганизмов: ксерофитов и влаголюбивых организмов, автотрофов (использующих неорганические вещества) и гетеротрофов (потребляющих органические соединения).

Предполагалось, что первый цикл научных исследований будет проведен в первые 20 суток после посадки спускаемого отсека «Викинг-1». Основные научные эксперименты должны были быть проведены за 58 марсианских суток. Что касается станции «Викинг-2», то для нее программой предусмотрено проведение биологических исследований в течение 60 суток (т. е. активное функционирование станции планировалось поддерживать до середины ноября).

Рассмотрим подробнее биологические эксперименты, реализованные на борту станций «Викинг».

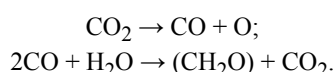
Эксперимент по пиролитическому разложению полностью проводился в условиях Марса за исключением того, что вместо марсианской атмосферы камера наполнялась мечеными по углероду окисью и двуокисью углерода. Водяные пары намечалось использовать лишь в том случае, если в их отсутствие не будут зарегистрированы никакие изменения. Живые организмы, если они присутствуют в грунте Марса, должны ассимилировать газообразные субстраты и включать их в состав органических веществ биомассы. Свет от ксеноновой лампы создавал условия для фотосинтеза. После нескольких дней инкубации грунта его подвергли пиролизу при температуре 600°C. Органические вещества биомассы при выделении на катализаторе должны превращаться в $^{14}\text{CO}_2$, радиоактивность которого будет установлена с помощью счетчиков. Схема камеры для культивирования организмов и определения их присутствия указанным способом представлена на рис. 3.

Рис. 3. Схема камеры для проведения эксперимента по пиролитическому разложению:
1 — источник света; 2 — окно; 3 — газ; 4, 11 — выход меченого газа; 5 — образец грунта; 6 — нагреватель; 7 — три передвижных ячейки; 8 — детектор ^{14}C ; 9 — колонка с CH_2O и нагреватель; 10 — блок охладителя



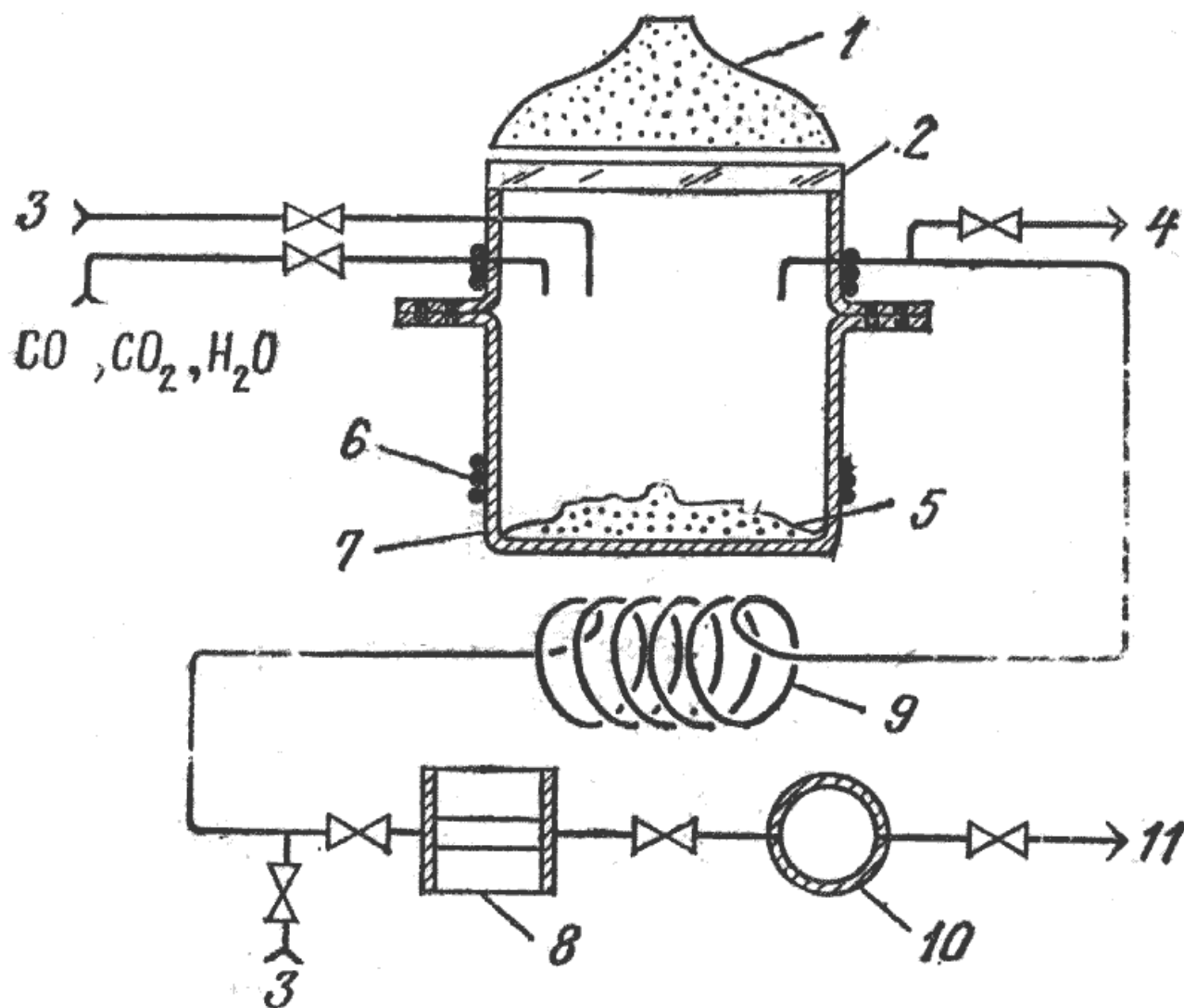
Исследования, проведенные с образцами земных почв, показали, что ассимиляция углекислого газа хорошо проходит не только при создании условий фотосинтеза, но и в темноте, за счет так называемой гетеротрофной ассимиляции углекислоты и окиси углерода. С помощью гетеротрофного усвоения удается обнаружить 10^5 - 10^6 бактерий, в то время как фиксацией на свету $^{14}\text{CO}_2$ — 10^2 - 10^3 живых клеток.

Хотя окись углерода CO не является основным метаболитом, подобным CO_2 , она вместе с тем может потребляться многими организмами в темноте. Был предложен следующий цикл превращения: $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$:



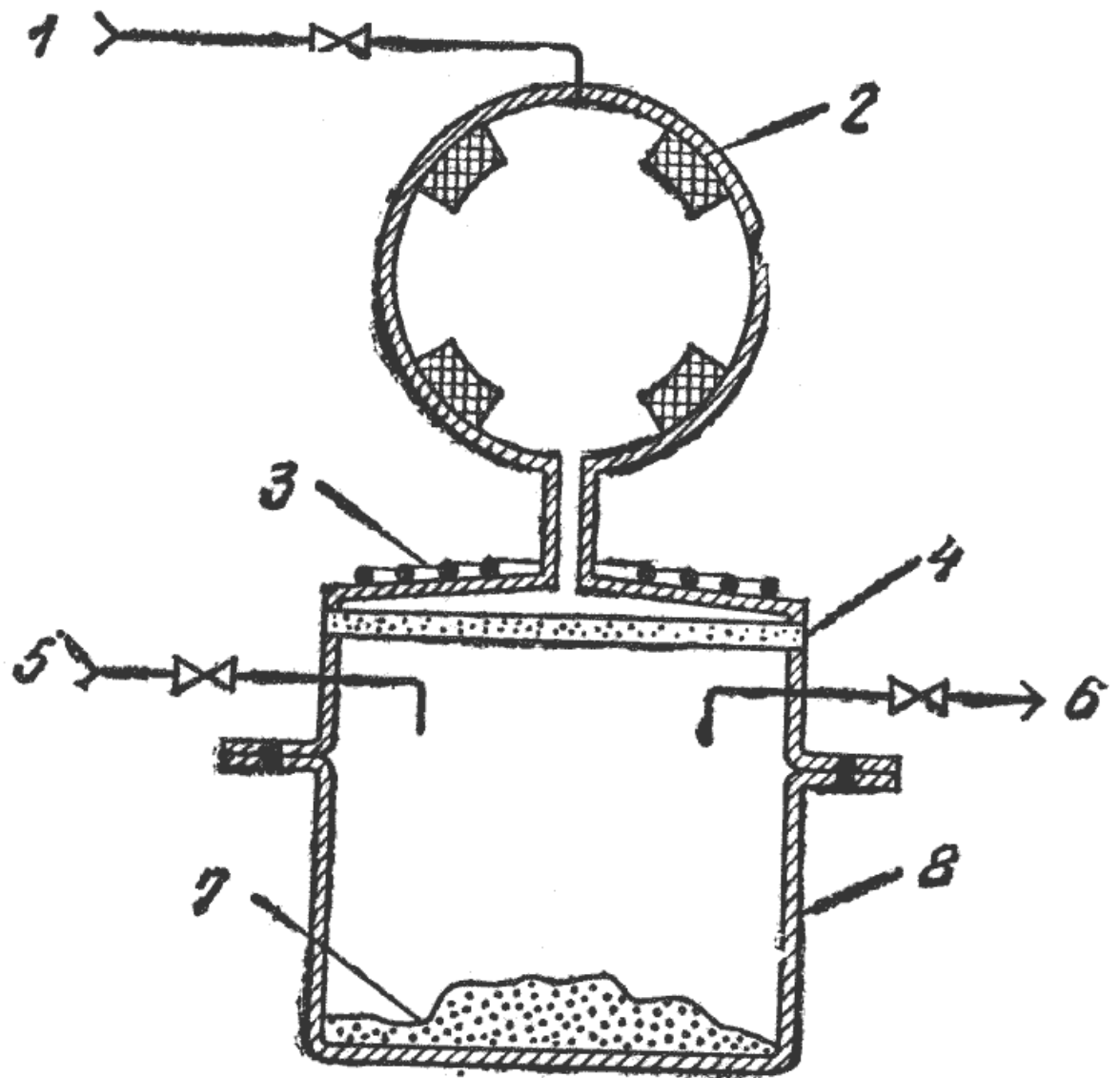
Меньшее по сравнению с CO_2 содержание окиси углерода в атмосфере Марса можно объяснить как раз возможностью включения его вместе с водой в молекулы органических соединений (второе уравнение реакции). Низкое парциальное давление CO не может служить препятствием для ее утилизации, так как земные организмы способны потреблять это вещество при его содержании в атмосфере всего лишь в 0,03%. Поэтому, был сделан вывод о том, что марсианские организмы могут включать в метаболические циклы не только CO_2 , но и CO. Однако в случае CO время проведения эксперимента необходимо увеличивать до 96 ч при использовании бедных микроорганизмами почв пустынь в качестве модельных объектов.

Рис. 3. Схема камеры для проведения эксперимента по пиролизическому разложению:
1 — источник света; 2 — окно; 3 — газ; 4, 11 — выход меченого газа; 5 — образец грунта; 6 — нагреватель; 7 — три передвижных ячейки; 8 — детектор ^{14}C ; 9 — колонка с CH_2O и нагреватель; 10 — блок охладителя



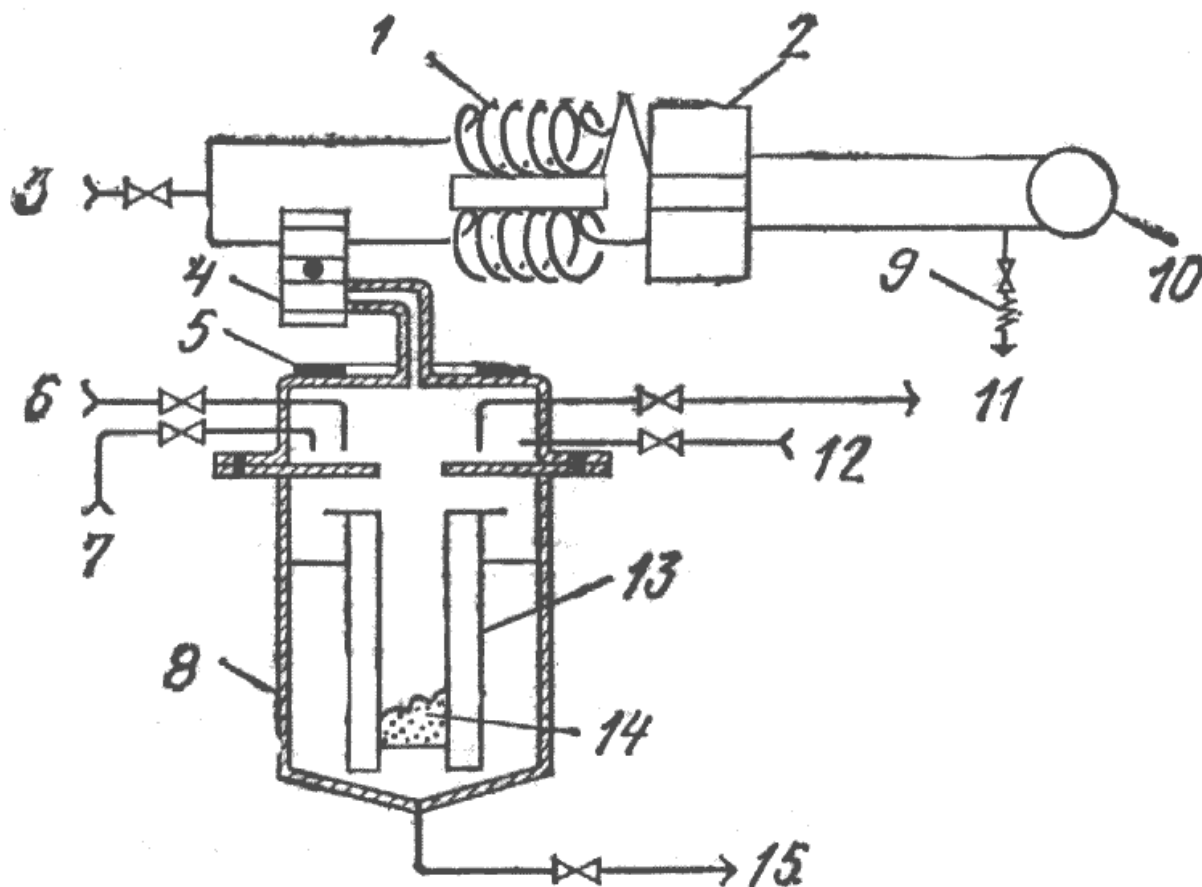
На основании радиометрии разработана и другая модификация метода обнаружения жизни вне Земли. В комплексе автоматической биологической станции «Викинг» этот метод известен под названием метода «Гулливер». Он основан на добавлении к образцу марсианского грунта питательной среды, содержащей меченные по углероду формат, лактат, глицин, глюкозу и другие соединения. При этом образец грунта увлажняется до определенного уровня, который стимулировал рост и развитие микроорганизмов. Программой было предусмотрено создание в камере условий, близких к марсианским: температура инкубирования (выращивания микроорганизмов) $+10$ — $+15^{\circ}\text{C}$, давление в камере понижено по сравнению с земным атмосферным, но не настолько, чтобы происходило испарение жидкой питательной среды (состав газов над грунтом инкубационной камеры такой же, как и на Марсе). При развитии и размножении микроорганизмов за счет разложения меченых питательных субстратов должен выделяться $^{14}\text{CO}_2$, который затем улавливается и его активность подсчитывается счетчиком радиоактивности. В случае положительного результата проводится контрольный эксперимент во второй камере с образцом, подвергнутым термической стерилизации при 160°C в течение 3 ч. Схема камеры и принцип ее работы приведены на рис.4.

Рис. 4. Схема камеры для культивирования организмов: 1 — вход газа; 2 — детектор ^{14}C ; 3 — нагреватель; 4 — биологический фильтр; 5 — инжектор питательных веществ; 6 — выход газа; 7 — образец грунта; 8 — сменная ячейка



Наконец, третий эксперимент — по определению газообмена — основан на том факте, что атмосфера над образцом, содержащим микроорганизмы, постоянно изменяется во времени, если его смочить богатой питательной средой. В процессе инкубации образца атмосфера камеры периодически направляется на прибор — газовый хроматограф, который автоматически регистрирует состав компонент атмосферы. Газы, которые могут включать продукты метаболизма марсианских микроорганизмов, представлены метаном, водородом, аммиаком и углекислым газом, а также сероводородом и окислами азота. В камере, представленной на рис. 5, были проведены модельные эксперименты, которые показали хорошую закономерность в продуцировании газов при разложении питательных веществ. Было показано, что некоторые почвы выделяли водород, но затем наблюдалось его потребление теми же образцами. Это свидетельствует о том, что в составе почвенных образцов присутствуют микроорганизмы, различающиеся по своим физиологическим особенностям. В этом состоит важное преимущество данного метода по сравнению с другими: с его помощью оказывается возможным производить не только обнаружение микроорганизмов, но и их предварительную диагностику по физиологическим и биохимическим свойствам. Данный метод оказался пригодным и для определения рН-почв.

Рис. 5. Схема газовой-хроматографической ячейки:
1 — колонки хроматографа; 2 — детектор теплопроводности; 3 — гелий; 4 — выход контрольного газа; 5 — нагреватель; 6 — вход газа; 7 — инжектор криптона; 8 — двухслойная стенка; 9 — реостат; 10 — демпфер; 11 — выход газа; 12 — ввод питательных веществ; 13 — ячейка из пористого стекла; 14 — образец грунта; 15 — дренажный клапан



Предполагалось, что если будут установлены изменения в составе газов, то тогда камера будет «промыта» свежей атмосферой Марса и к образцу грунта будет добавлена новая порция среды и анализ будет повторен. Если же в течение подобных циклов инкубирования значительных изменений в газовом составе зарегистрировать не удастся, эксперимент будет повторен с другим образцом грунта.

Контрольный эксперимент намечалось провести в том случае, если будет получен положительный результат. Для этого предусмотрено, как и в предыдущих экспериментах, нагревание в течение 3 ч до температуры 160°C образца, помещенного во вторую камеру.

Несмотря на то что данный метод обладает достаточно высокой степенью информативности, он не лишен многих серьезных недостатков. В частности, было показано, что ряд газов, которые выделяются при развитии микроорганизмов, могут образовываться и при взаимодействии питательного субстрата с неорганическими компонентами земных почв. опыты, проведенные в земных лабораториях, показали, что кальций, кадмий, магний и цинк вызывают химическое образование водорода и метана. Образующиеся окислы металлов могут гидролизироваться при контакте с питательной средой с образованием ионов карбоната и бикарбоната. Это, в свою очередь, вызывается связыванием CO_2 , выделяющегося при разложении органических соединений микроорганизмами. Тот факт, что водород и метан могут образовываться абиогенно, был показан на примере лунного грунта.

Общим для всех представленных методов, к сожалению, является отсутствие убедительного контрольного эксперимента, хотя в биологических исследованиях основой получения достоверных результатов является наличие эффективного контрольного опыта. Предложенный американскими исследователями контроль в виде термической обработки образца грунта обладает рядом существенных недостатков по сравнению с классическим типом контроля — добавления к растущей культуре микроорганизмов ядовитого вещества.

29-го июля посадочный блок автоматической станции «Викинг-1» взял первую пробу марсианского грунта, которая была помещена в инкубационную камеру, заполненную атмосферой планеты. Неожданное интенсивное выделение углекислого газа из пробы грунта, смоченной меченной по ^{14}C питательной средой, побудило американских ученых выразить осторожное предположение о возможности существования на Марсе жизни в бактериальной форме. Вскоре количество газа стало быстро уменьшаться. Как заявил один из американских исследователей, выделение газа длилось дольше, чем при химических реакциях, но меньше, чем при биологической деятельности микроорганизмов.

В эксперименте по газообмену было зарегистрировано выделение кислорода в количестве, в 15-20 раз превышающем ожидаемое. Как и в первом случае интенсивность выделения вскоре снизилась.

В эксперименте по пиролизическому разложению радиоактивность, с помощью которой измерялось содержание углерода, почти в 6 раз превышала ожидаемую в том случае, если бы в почве не было ничего, что усваивало бы углерод из атмосферы.

Эти предварительные данные оказались настолько противоречивыми, что многие исследователи не рискуют однозначно интерпретировать их. Большие надежды в связи с этим возлагаются на биологические исследования планеты, которые предполагается провести с помощью автоматической станции «Викинг-2». По мнению ученых, район Утопия, где находится спускаемый аппарат «Викинга-2», более влажный, чем район Хризе, и теоретически здесь более вероятно присутствие живых организмов. Не исключено, что более определенными будут и данные, которые передаст «Викинг-2». Пока же из-за технических неполадок график проведения биологических экспериментов изменен, и к середине октября 1976 г. каких-либо данных со станции «Викинг-2» получено не было.

Однако, без сомнения, осуществление программы «Викинг» позволит решить многие спорные вопросы, связанные с возможностью существования жизни на Марсе. Это достижение американских ученых станет первой попыткой прямого биологического исследования планеты и вообще космического тела Вселенной с целью поиска живых существ. Не исключен, однако, и такой вариант: организмы, обитающие на Марсе, существенно отличаются от земных, и для этих организмов выбранные методы обнаружения окажутся неподходящими. Тогда возникнут новые проблемы, новые поиски, новый простор для творческой мысли ученых.

Поистине захватывающие перспективы готовит наука в своем наступлении на таинства далеких и загадочных миров. Полученный опыт мягкой посадки на Марс советских и американских аппаратов, учет новых достижений науки и техники позволят в будущем усложнить дальнейшие эксперименты на поверхности других планет, проводимые с помощью космических аппаратов. Исследование других планет, как и всего космического пространства — процесс многоэтапный и рассчитан не на одно десятилетие. Это в определенной степени касается и

поисков жизни на других планетах.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ.

Сборник

Составитель Г. А. Скуридин. Редактор Е. Ю. Ермаков. Худож. редактор В. Н. Конюхов. Техн. редактор Т. Ф. Айдарханова. Корректор В. Е. Калинина.

А 03370. Индекс заказа 64212. Сдано в набор 23/IX — 76 г. Подписано к печати 30/XI — 76 г. Формат бумаги 84X108. Бумага типографская № 1. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,43. Тираж 62 970 экз. Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Заказ 1682. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4, Цена 11 коп.

