



НОВОЕ Серия «Космонавтика, астрономия»
В ЖИЗНИ, № 12, 1972 г.
ТЕХНИКЕ Издается ежемесячно с 1971 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ

(сборник статей)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1976

6Т6

С56

С56 Современные достижения космонавтики.

Сборник. М., «Знание», 1972.

48 с. (Новое в жизни, науке и технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 12)

Прошедший год принёс новые достижения в освоении космоса. Советские автоматические станции провели широкий комплекс исследований Марса и Венеры. «Луна 20» доставила на Землю грунт из материкового района Луны. Вокруг Земли несут круглосуточную вахту спутника «Прогноз». Достигнут ряд важных соглашений между СССР и США в области исследования космоса.

Сборник, составленный по материалам, опубликованным в центральной печати, рассказывает об этих достижениях. Комментарии известных советских ученых знакомят читателя с широким кругом проблем.

2-6-5

т.п. 1972 г. № 49

СО Д Е Р Ж А Н И Е

[СОВЕТСКИЕ АВТОМАТЫ ИССЛЕДУЮТ МАРС](#)

[ГРУНТ ЛУННЫХ ГОР](#)

[ЗЕРКАЛО ЗЕМЛИ](#)

[МАШИНЫ НА ЛУННОМ ГРУНТЕ](#)

[«ВЕНЕРА-8: ИТОГИ ПОЛЕТА](#)

[ЗЕМЛЯ И ВЕНЕРА - НЕПОХОЖИЕ СЕСТРЫ](#)

[НА ВЕНЕРУ РАДИ ЗЕМЛИ](#)

[АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ «ПРОГНОЗ» НЕСУТ ВАХТУ](#)

[«СОЮЗ» И «АПОЛЛОН»: ПРОЕКТ СОВМЕСТНОГО ПОЛЕТА](#)

СОВЕТСКИЕ АВТОМАТЫ ИССЛЕДУЮТ МАРС

Советские автоматические межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3», ставшие искусственными спутниками Марса, в конце 1971 г. завершили программу научных исследований. Приборы станций вели разнообразные наблюдения, которые позволили узнать много нового о «красной» планете. Полная обработка полученных данных и их анализ займут еще немало времени, но первые итоги уже можно подвести. Одновременно с нашими станциями измерения проводились и американским спутником Марса «Маринер-9».

Вывод на околомарсианские орбиты советских и американских космических аппаратов, оснащенных взаимодополняющими комплексами научных приборов, их одновременное длительное функционирование и обмен информацией между советскими и американскими учеными еще в процессе проведения эксперимента явились благоприятными условиями для значительного прогресса в изучении Марса.

Орбитальные аппараты станций «Марс-2» и «Марс-3» были выведены на существенно различные орбиты вокруг Марса, что вызвано задачами исследования как самой планеты, так и характеристик окружающей ее космической среды. Обе станции приближались к Марсу на минимальное расстояние л 1500 км, максимальное удаление от планеты станции - «Марс-2» было 25 тыс. км, а станции «Марс-3» более 200 тыс. км.

При подлете к Марсу со станции «Марс-2» была сброшена капсула, доставившая на планету вымпел с изображением Герба Советского Союза.

Спускаемый аппарат станции «Марс-3» совершил посадку между областями Электрис и Фаэтонтис. Телевизионные сигналы его панорамных камер были приняты в расчетное время одновременно по двум независимым каналам, причем уровень сигнала был высокий, без помех, однако передача сигналов быстро прекратилась. На небольшой части переданной за это время панорамы не обнаруживается заметно различающихся по контрастности деталей. Причины внезапного прекращения передачи не удается однозначно установить. Скорее всего это связано с местными особенностями района посадки, которые совершенно неизвестны, или с происшедшей в этот период на планете сильной пылевой бурей.

Нельзя исключить, что пылевая буря закрыла «пеленой» детали поверхности при снятии участка панорамы. Изучение материалов этого сложного "эксперимента продолжается. Успешное осуществление мягкой посадки на поверхность Марса открывает широкие перспективы для исследования этой планеты прямыми методами в недалеком будущем.

На борту советских искусственных спутников Марса проводилось 11 научных экспериментов. Семь из них связаны с изучением самой планеты, три — с измерениями параметров межпланетной среды и один, выполнявшийся совместно с французскими учеными, — с исследованием радиоизлучения Солнца.

По трассе полета к Марсу на станциях «Марс-2» и «Марс-3» регулярно измерялись потоки и энергетические характеристики солнечной плазмы, а также параметры межпланетных магнитных полей. По характеру распространения радиоволн на двух когерентных частотах определялась электронная концентрация в межпланетной среде. На автоматической станции «Марс-3» при

проведении совместного советско-французского эксперимента «Стерео» исследовались пространственная структура, направленность и механизм процесса солнечного излучения.

Измерения ионной компоненты плазмы на трассе полета показали, что возмущения межпланетной плазмы, возникающие при ее взаимодействии с магнитным полем Земли, наблюдаются в антисолнечном направлении на расстояниях до 20 млн. км. В зоне возмущенной плазмы, сносимой потоком «солнечного ветра», обе компоненты плазмы — электроны и ионы испытывают почти периодические колебания скорости. С приближением к Марсу, когда расстояние от Солнца существенно увеличилось, наблюдалось одновременное уменьшение величины электронной концентрации в межпланетной среде. Электронная температура вблизи Марса оказалась в несколько раз меньше, чем вблизи Земли. Многочисленные измерения при помощи магнитометров показали, что величина межпланетного магнитного поля находилась в среднем в пределах 5—6 гамм (1 гамма равна 10^{-5} эрстед; напряженность магнитного поля Земли составляет около 0,4 эрстед).

Наиболее важны, конечно, сведения о самой планете — именно для этого посылались станции к Марсу. Сюда относятся измерения температуры поверхности и грунта Марса, исследование его рельефа, состава и строения атмосферы. Ученые впервые получили возможность в течение длительного времени наблюдать Марс с близкого расстояния.

В поле зрения приборов, установленных на борту автоматических аппаратов, были участки поверхности размером от 6 до 50 км. С Земли же при аналогичных наблюдениях с помощью оптических телескопов удается выделять участки размером 500—1000 км, а наземные радиотелескопы принимают излучение от всего диска сразу. Понятно, почему искусственные спутники Марса позволяют исследовать планету более детально, чем это можно делать с Земли.

Почти все приборы станций ориентированы так, что при прохождении перицентра (минимальное расстояние от поверхности) они «смотрели» на планету. Спутник в это время двигался со скоростью около 4 км/сек, и поверхность Марса просматривалась приборами от края до края примерно за полчаса.

Инфракрасный радиометр, принимавший излучение планеты в области волн длиной 8—40 мк, измерял температуру поверхности вдоль трассы полета. Это своего рода дистанционный термометр. Трассы начинались в Южном полушарии, где в исследуемый период подходило к концу марсианское лето, пересекали затем экватор и заканчивались в Северном полушарии. Начальные точки трасс приходились на области, где было еще утро, а конечные — на послеполуденные, вечерние, иногда даже ночные часы. Температура вдоль трасс менялась поэтому в широких пределах: от плюс 13°C (для 14 часов местного солнечного времени 11-го градуса южной широты) до минус 93°C (местное время 19 часов, 19-й градус северной широты). А в области северной полярной шапки температура падала еще ниже — до минус 110°C.

Знать температуру на поверхности Марса в разных широтах и в разное время интересно, во-первых, потому, что это одна из главных климатических характеристик, а во-вторых, по изменениям температуры в течение суток и от места к месту можно судить о свойствах материала, из которого состоит грунт.

Низкие ночные температуры означают, что поверхность Марса очень быстро остывает после захода Солнца, и, следовательно, теплопроводность грунта мала. Количественные оценки показывают, что она соответствует сухому песку или сухой пыли в разреженной атмосфере. Марсианские «моря» (темные области) оказываются в среднем теплее, чем «континенты» (светлые области). Различие температур, достигающее 10°, объясняется тем, что у «морей» меньше отражательная способность, они больше поглощают солнечной энергии и сильнее нагреваются. В отдельных случаях более темные «морские» районы медленнее остывают после захода Солнца и, следовательно, имеют более теплопроводный грунт.

В феврале трассы измерений «Марса-3» заканчивались в области северной полярной шапки. Инфракрасный радиометр показывал здесь температуру ниже минус 110 градусов.

В отличие от южной полярной шапки, исчезающей летом, северная шапка существует круглый год, и возможно, что общее количество твердой углекислоты и замерзшей воды в ней значительно превышает количество этих веществ в газовой атмосфере Марса.

Бортовой радиотелескоп измерял интенсивность и поляризацию радиоизлучения на длине волны 3,5 см вдоль той же трассы. В отличие от инфракрасного радиометра, — измерявшего температуру поверхности, он давал температуру грунта на глубине 30—50 см. Температура под поверхностью на указанной глубине совсем не испытывает суточных колебаний, что также свидетельствует о большой тепловой инерции и малой теплопроводности грунта.

Кроме температуры, определялась также диэлектрическая постоянная грунта — величина, которая зависит главным образом от его плотности. Измерения показали, что изменения температуры грунта и диэлектрической постоянной связаны, т. е. большим значениям температуры отдельных участков соответствуют большие значения диэлектрической постоянной. Это говорит о том, что плотность грунта меняется вдоль трасс измерений. Видимо, когда значения диэлектрической постоянной велики, материал грунта находится в раздробленном состоянии.

Инфракрасный фотометр на полосу поглощения углекислого газа с длиной волны 2,06 мк показывал, как велико содержание углекислого газа в вертикальном столбе атмосферы Марса в различных точках вдоль трассы. Он определил давление у поверхности, которое в различных областях оказалось различным из-за разной их высоты над средним уровнем поверхности. На среднем уровне давление на Марсе принимается равным 5,5-6 миллибар (около 4-4,5 мм рт. ст.), что примерно в 200 раз меньше, чем на Земле. Зная, как меняется давление вдоль трассы, можно определить относительные высоты и найти рельеф поверхности.

При наблюдениях с Земли в экваториальной области Марса обнаружены перепады высот до 12—14 км на участках большой протяженности. Более детально рельеф можно изучать только со спутника.

Вот, например, трасса, прочерченная «Марсом-3» 16 февраля. Сначала она проходит над районом Хеллеспонтус, высота которого 2—3 км над средним уровнем. Затем она достигает северо-восточного края светлой области Хеллас, и здесь рельеф быстро понижается (до 1 км ниже среднего уровня). Потом идет быстрый подъем в сторону темных областей Япигия и Сиртис Майор, где в самой высокой точке отмечается высота около 3 км над средним уровнем. Высотный разрез показывает в зоне темных областей ряд широких хребтов и долин. К северу от Сиртис Майор высота постепенно уменьшается. В ряде областей перепады высот больше. Когда наши станции вышли на орбиты, над Марсом бушевала пылевая буря. Два месяца вся планета была закрыта плотными облаками пыли, поднятой с поверхности. Измерения, проведенные инфракрасным фотометром в декабре, показали, что высота этих облаков составляет около 10 км над средним уровнем поверхности. Над более высокими областями слой облаков тоньше, над низкими — толще.

Пылевые бури на Марсе — мощное и пока еще загадочное явление. Обычно прозрачная атмосфера Марса вдруг в течение нескольких дней становится почти столь же непрозрачной для видимого излучения, как облачная атмосфера Венеры. Но

прозрачность увеличивается, как показали измерения фотометрами, по мере увеличения длины волны. Это указывает на значительную долю в облаках очень мелких пылевых частиц размером около 1 мк. Такие частицы должны оседать очень медленно, что согласуется с общей продолжительностью пылевой, бури. С другой стороны, снимки с «Маринера-9» показывают быстрое увеличение прозрачности в конце декабря. Она была неполной, но за 10 суток видимость существенно улучшилась. Чтобы это объяснить, надо предположить в облаках некоторую долю быстро оседающих частиц сравнительно большого десятимикронного размера. С помощью фотометра неоднократно наблюдались облака, видимые в синих лучах (длина волны 0,36 мк) и незаметные в красных лучах (0,7 мк). Такие облака должны состоять из частиц размером много меньше микрона.

В общем, в марсианских облаках в период бури, видимо, содержались частицы разных размеров, причем соотношение их менялось во времени. Такие облака должны охлаждать поверхность и увеличивать температуру атмосферы, что в действительности и наблюдалось. Создавался своего рода «антипарниковый эффект», противоположный ситуации на Венере, где атмосфера разогревается благодаря инфракрасной непрозрачности атмосферы.

Фотометр, рассчитанный на полосу поглощения водяного пара с длиной волны 1,4 мк, показал, что содержание водяного пара в течение всего периода исследований не превышало пяти микрон осажженной воды — в тысячи раз меньше, чем в земной атмосфере. Марс оказался еще более сухой планетой, чем ожидалось: раньше наземным наблюдателям иногда удавалось обнаружить на нем до 50 мк осажженной воды. Трудно сказать сейчас, случайно совпал сухой период с пылевой бурей или имеется какая-то связь между этими событиями.

Два эксперимента на станциях «Марс-2» и «Марс-3» предназначались для исследования верхней атмосферы Марса. С помощью ультрафиолетового фотометра регистрировалось солнечное излучение, рассеянное атомами водорода и кислорода в верхней атмосфере Марса на высотах от ста до нескольких десятков тысяч километров. В отличие от оптического комплекса, все приборы которого «смотрели» вниз, на планету, ультрафиолетовый фотометр в периферии был направлен в «горизонт», параллельно поверхности Марса. Прибор регистрировал излучение атомарного кислорода в трех близко расположенных линиях с длиной волны 1300 ангстрем и излучение атомарного водорода с длиной волны 1216 ангстрем (ангстрем равен 100-миллионной доле сантиметра).

По наблюдениям интенсивности в этих линиях были рассчитаны плотность рассеивающих атомов и их температура. Вблизи поверхности атмосфера Марса состоит в основном из углекислого газа, однако на высоте около 100 км под действием солнечного ультрафиолетового излучения он распадается на молекулу угарного газа и атом кислорода. Такой же процесс распада водяного пара приводит к появлению атомов водорода, которые в 16 раз легче атомов кислорода. Вот почему выше 300—400 км атмосфера на Марсе становится в основном атомарно-водородной. Все же следы кислорода отмечаются на всех нитках орбиты, вплоть до высоты 700—800 км, где его концентрация равна всего 100 атомам в кубическом сантиметре. Плотность более легкого водорода падает очень медленно, уменьшаясь от 10 тыс. атомов в кубическом сантиметре около планеты до 100 атомов и даже меньше на расстоянии 10 тыс. км. Измерения на таких больших удалениях проводились в ходе специальных сеансов на станции «Марс-3».

Что касается температуры верхней атмосферы, то в области высот от 100 до 200 км она возрастает, а выше остается постоянной. Примерно такая же картина наблюдается и в верхних атмосферах Земли и Венеры. Как это ни странно, верхняя атмосфера Марса больше похожа на верхнюю атмосферу Венеры, нежели на земную.

Второй эксперимент по исследованию атмосферы не требует специальной аппаратуры и основан на анализе сигналов сантиметрового радиопередатчика станций в момент захода спутников за диск Марса или выхода из-за диска. Особенно важен этот эксперимент для исследования ионосферы Марса, которая раз в 10 менее плотна, чем ионосфера Земли. Ионосфера на Марсе «прижата» к поверхности: максимум электронной плотности расположен на высоте 140 км (при 300 км для земной ионосферы). На высотах около 110 км наблюдался второй максимум, электронная концентрация в котором примерно в 3 раза ниже. Нельзя исключить, что на высотах 65—80 км может быть третий относительный максимум с электронной концентрацией около 10 тыс. частиц в кубическом сантиметре.

На борту станций был размещен комплекс из трех приборов, предназначенный для исследования магнитного поля и заряженных частиц в окрестностях Марса. Такие исследования в принципе могут позволить сделать вывод о строении недр Марса, и в первую очередь о наличии или отсутствии у этой планеты, металлического ядра.

Станция «Маринер-4» в 1965 г. не обнаружила собственного магнитного поля у Марса. Однако она пролетала тогда на расстоянии 9100 км от поверхности планеты. Станции же «Марс-2» и «Марс-3» пролетали на удалении всего 1500 км.

Вплоть до этого расстояния с помощью чувствительного феррозондового магнитометра проводились измерения магнитного поля вблизи планеты. Обнаружены своеобразные изменения магнитного поля, в 8 раз превышающие уровень межпланетного фона. Интенсивность поля с приближением к Марсу возрастала по всем трем компонентам магнитометра. Нельзя исключить, что Марс обладает собственным слабым магнитным полем дипольного характера. Однако необходим дополнительный анализ данных измерений, чтобы более уверенно ответить на этот вопрос, чрезвычайно важный для понимания природы планеты.

По измерениям при помощи электронных ловушек на спутнике «Марс-3» обнаруживается закономерный рост потока электронов и электронной температуры вблизи периферии орбиты по мере приближения спутника к планете. Вместе с тем был зарегистрирован также участок с горячим электронным газом вдали от периферии, на расстоянии 180—200 тыс. км от планеты. Возможно, что это интересное явление, стлечающееся от обычных представлений о распределении и температуре электронов в околопланетном пространстве, связано с особенностями космической среды в окрестностях Марса. Спектрометр заряженных частиц, регистрирующий ионы солнечного ветра в диапазоне энергий не более 10 килоэлектронвольт, показал вблизи Марса наличие зоны тепловых ионов. Форма внешней границы этой зоны и величина скачка скорости потока в солнечном ветре позволяют предположить наличие ударной волны при взаимодействии солнечного ветра с верхней атмосферой Марса.

В комплексе экспериментов, проводившихся на спутниках «Марс-2 и 3», фотографированию планеты отводилась вспомогательная роль, связанная главным образом с обеспечением привязки результатов измерений в других спектральных интервалах. Вместе с тем снимки, выполненные на «Марсе-3» с больших расстояний, позволяют уточнить оптическое сжатие планеты (отличающееся от динамического), строить профили рельефа по изображению края диска на участках большой протяженности, получить цветные изображения диска Марса путем синтеза фотографий, сделанных с различными светочувствительными.

На полученных фотоснимках обнаружены интенсивные сумеречные явления, в частности свечение атмосферы приблизительно на 200 км за линию терминатора (границу дня и ночи), изменения цвета поверхности вблизи терминатора. На некоторых снимках прослеживается слоистая структура марсианской атмосферы.

А. ВИНОГРАДОВ, академик

ГРУНТ ЛУННЫХ ГОР

Если станция «Луна-16» исследовала «морской» район Луны (северо-восточная часть моря Изобилия), то «Луна-20» доставила пробу грунта из типично высокогорного материкового района. Ученые рассчитывали встретиться здесь с другими по характеру поверхностными породами. В связи с этим место посадки «Луны-20» было выбрано в 120 км по прямой на север от места посадки «Луны-16». Граница «морья» и материка расположена как раз на полпути между этими двумя пунктами.

«Луна-20» совершила посадку в районе кратера «Аполлоний С», в пункте с координатами 3 градуса 32 минуты северной широты и 56 градусов 33 минуты восточной долготы — в гористой области, отделяющей море Кризисов на севере от моря Изобилия на юге. Непосредственно вблизи места посадки крупные молодые кратеры отсутствуют. Рельеф всхолмленный до сложного горного, с относительными превышениями до 1 км. Геологически эта область относится к одному из древних, материковых районов Луны, сформировавшихся, вероятно, ранее моря Изобилия.

Образец, доставленный «Луной-16», — это разнородный темный, почти черный порошок. Составляющие его частицы относятся главным образом к породам типа базальта. Большинство частичек несло явные следы оплавления — стеклянные или остеклованные с поверхности, много сферических оплавленных образований вроде застывших капелек стеклянного и металлического облика.

Грунт, доставленный «Луной-20», в целом также представляет собой рыхлый разнородный материал, но светло-серого цвета, значительно более светлый, чем проба из моря Изобилия. По сравнению с грунтом, привезенным «Луной-16», в нем заметно меньше оплавленных частиц, которые в пробе из моря Изобилия давали сильный «зеркалящий эффект». Как и в случае с морем Изобилия, грунт из материковой области Луны обладает высокой способностью к электризации. Насыпной его вес, как и у образца, полученного «Луной-16», — 1,1 — 1,2 г/см³. Он легко уплотняется до 1,7 — 1,8 г/см³. По данным гранулометрического анализа, средний размер частиц примерно 70 — 80 мк. Крупных частиц размером свыше миллиметра в нем больше, чем в пробе «Луны-16».

Более светлый оттенок грунта подтверждается исследованием альбедо (коэффициент отражения света). Значение альбедо выше, чем у образцов, доставленных «Луной-16» и «Аполлонами-11 и 12». Для тонкой фракции реголита в ультрафиолете оно равно 0,145, в видимой области - 0,200, а в ближайшей инфракрасной - 0,260. Максимум отражения приходится на длину волны в 4 мк и равен 0,370 (в случае «Луны-16» в тех же условиях - 0,280).

Микроскопическое изучение показало резкое отличие грунта от образцов из моря Изобилия. На этот раз преобладали фрагменты кристаллических пород и минералов с хорошо сохранившимися гранями, поверхностями скола; практически мало наблюдались ошлакованные брекчии и сфероиды, характерные для грунта, доставленного «Луной-16». Основную массу частиц составляют породы анортозитового типа, состоящие в значительной мере из полевого шпата (плагиоклаза). Среди них выделяются полнокристаллические, относимые собственно к анортозитам, и частицы пород такого же состава, но эффузивного облика, то есть внешне похожие на вулканические породы Земли. Сюда же могут быть отнесены отдельные зерна плагиоклаза, встречающиеся во всех гранулометрических классах грунта. Более крупные из них, по-видимому, представляют собой раздробленный крупнокристаллический анортозит. Очень интересно отметить, что в породах анортозитового типа постоянно встречаются различных размеров включения металлического железа. Крайне важно отметить присутствие пород, состоящих из плагиоклаза и оливина.

В отличие от грунта, привезенного «Луной-16», породы базальтового типа представлены в общем немногочисленными частицами «морского» базальта, аналогично базальтам моря Изобилия и других лунных морей. Частицы пород типа габбро и перидотита встречаются в ограниченном количестве.

Таким образом, оказалось, что грунт из моря Изобилия (как и из других лунных морей) состоит преимущественно из фрагментов пород типа базальта, а проба из высокогорной материковой области, доставленная «Луной-20», — преимущественно из анортозита. В «морском» грунте встречается около 1-2% анортозита, а в материковом - около 50-60%. Среди железосодержащих минералов в тонкой фракции грунта, полученного с помощью «Луны-20», 36% оливина, 57% пироксена, а ильменита лишь около 1%, тогда как в «морском» образце с «Луны-16» этого титансодержащего минерала содержалось до 10%, а в грунте из моря Спокойствия («Аполлон-11») - свыше 25%.

В частицах лунного грунта нами было обнаружено тонкораспыленное металлическое железо, сконцентрированное в их поверхностных слоях. В еще большем количестве находится оно в поверхностном слое частиц грунта, доставленного «Луной-20». Это металлическое железо не окисляется на воздухе. Экспериментально было показано, что из базальтов, нагретых до высокой температуры, в вакууме возгоняется железо, обладающее такими же свойствами.

В грунте, доставленном «Луной-20», часто обнаруживаются также кусочки металлического железа, связанные с силикатами. Нередко оно состоит из двух полиморфных видов, типичных для металлического железа метеоритов - камасита и богатого никелем тэнита. Вместе с тем металл — чистое железо имеется и в частичках грунта с очень малым содержанием никеля или вовсе без него. Вопрос о природе такого железа еще предстоит решить.

Грунт был подвергнут детальному физико-химическому исследованию. Он значительно отличается по химическому составу от «морских» грунтов, привезенных «Луной-16» и «Аполлонами».

Каковы первые данные о содержании главных компонентов вещества, доставленного «Луной-20»? Представление об этом дает таблица.

Компонент	Крист. порода базальт «Луна-16»	Крист. порода анортозитового типа	Грунт (реголит) «Луна-16»	Грунт (реголит) «Луна-20»

		с оливином «Луна-20»		
Окись кремния	42,95	42,4	41,90	44,4
Окись алюминия	13,88	20,2	15,33	22,9
Окись железа	20,17	16,4	16,66	7,03
Окись кальция	10,8	18,6	12,53	15,2
Окись магния	6,05	12,0	8,78	9,70
Окись титана	6,5	0,38	3,36	0,56
Окись натрия	0,23	0,40	0,34	0,55
Окись калия	0,16	0,52	0,1	0,10

Бросается прежде всего в глаза высокое содержание окиси алюминия и особенно кальция и в кристаллической породе, и в грунте (реголите) «Луны-20» как следствие высокого содержания плагиоклаза (анортита). Пробы реголита с подобным высоким содержанием этих окислов до сих пор с Луны не доставлялись. Значительно меньше окислов железа содержится в материковом реголите. Особенно мало в нем по сравнению с «морским» грунтом окисла титана - лишь доли процента. В грунте с «Луны-20» больше щелочей, хотя разница и невелика.

Характерно высокое содержание в разноматериковом и «морском» грунтах никеля и платиноидов. Это служит признаком попадания в материал вещества метеоритов. Можно считать, таким образом, что микрометеориты в одинаковой степени падали на поверхность Луны - на ее видимую и на обратную, высокогорную стороны. Несколько удивляет малое содержание хрома.

Сейчас масс-спектральным методом определено содержание более 70 химических элементов в грунте, взятом «Луной-20». Это позволяет глубже понять процессы, которые привели к образованию анортозита в высокогорных районах. Из примеров, приведенных выше, видно, что имеется значительное различие в характере поверхностных пород «морских» провинций и высокогорных районов Луны. Относительно «морского» реголита можно утверждать, что он образовался из местных кристаллических базальтовых пород, состав которых несколько меняется в различных морях. Однако полностью проблема происхождения «морского» реголита еще не решена. Что же касается материкового грунта, то его происхождение полно загадок.

Границы распространения того и другого грунта на Луне обозначаются довольно отчетливо. Об этом можно судить, например, по границе между морем Изобилия и его северным берегом, где «Луна-20» взяла пробу. Строго говоря, о происхождении анортозитов мы мало что знаем. Обнаружение этих пород в высокогорных областях Луны воскрешает старые геологические идеи о первичной анортозитовой коре Земли и, следовательно, Луны. Анортозиты, как известно, встречаются и на Земле, особенно в древнейших архейских и протерозойских образованиях с абсолютным геологическим возрастом до 3-3,5 миллиарда лет. Все анортозиты, в том числе и лунные, содержат небольшие количества так называемых мафических элементов - железа, ванадия, марганца, а также титана. Высокое содержание этих элементов характерно, как мы видели, для «морских» лунных базальтов. В анортозитах также обнаружено большое количество алюминия и кальция.

На примере распространения анортозитов в высокогорных районах особенно ясно проявляется значение исследования Луны и планет для понимания земных процессов, прежде всего в ранний период жизни нашей планеты. Открытие способа образования анортозитов на Луне способствовало бы пониманию геологических процессов на Земле. В предварительном порядке можно сказать, что образование анортозитов, по-видимому, происходит в процессе кристаллизационной дифференциации основной габбробазальтовой магмы. Анортозит выделяется при очень быстром излиянии магмы в условиях высоких температур и высокого вакуума, характерного для Луны. Правда, для этого требуется известное количество воды в магме. Между тем есть признаки того, что лунная магма имела высокую температуру и в ней было мало летучих компонентов, подобных воде, газам, углекислоте. С другой стороны, нельзя не учитывать, что такие летучие соединения без труда могут уходить с Луны в космическое пространство. Словом, проблема образования анортозитов будет и впредь в центре внимания.

Разностороннее изучение образцов, доставленных «Луной-20», продолжается. И нет сомнения, что ученые обнаружат новые факты, представляющие исключительный интерес для космогонии, геологии, геохимии Земли и других планет. Полет «Луны-20» принес материал, представляющий исключительную ценность.

Ю. СУРКОВ, профессор

ЗЕРКАЛО ЗЕМЛИ

С давних пор ученых интересовало, из чего состоит Луна. Однако определить это путем астрономических наблюдений так и не удалось. Предположения о лунном веществе включали практически все типы пород, известные на Земле. Первые важные сведения о лунном веществе, его структуре и некоторых свойствах принесла «Луна-9», которая в 1966 году совершила мягкую посадку на поверхность Луны.

Вскоре на орбиту вокруг нее был выведен первый спутник - советская автоматическая станция «Луна-10». На ее борту находился прибор, определявший характер лунной породы по содержанию в ней естественных радиоактивных элементов. Он и позволил впервые установить, что на Луне есть изверженные породы, состав которых близок к широко-распространенным в земной коре базальтам. Спустя несколько лет в научных лабораториях начались исследования лунной породы, доставленной на Землю «Аполлонами» и «Луной-16». Хотя знакомство с образцами в земных лабораториях не принесло сенсационных неожиданностей, эти исследования положили начало новому этапу в изучении Луны.

Первые образцы лунной породы принадлежали, как известно, «морским» районам. Поверхностный слой лунного вещества здесь оказался рыхлой мелкозернистой породой темно-серого цвета с низкой плотностью и прочностью - так называемым реголитом. Он легко формируется и держит вертикальную стенку, подобно мокрому песку, хотя и абсолютно сухой.

В структурном отношении реголит представляет собой мелкозернистый дробленый материал, состоящий из частиц, нескольких разновидностей. Основные его компоненты - осколки магматической породы, имеющие угловатые формы - и свежие

поверхности, и шлакообразные частицы неопределенной формы с оплавленными гранями и остеклованными порами. В меньшем количестве в нем присутствуют сфероидальные образования, представляющие собой застывшие капли расплавленной магматической породы.

С глубиной структура, состав и свойства этой породы несколько изменяются. Увеличивается размер частиц, уменьшается доля расплавленных (остеклованных) частиц, повышаются плотность и прочность, несколько изменяются элементарный и изотопный состав, а также некоторые физические свойства. Все эти изменения обусловлены воздействием различных космогенных факторов.

Плотность поверхностного слоя этой породы в естественном залегании, по данным, переданным «Луной-13», составляет около 1 г/см^3 . Но с глубиной этот показатель, очевидно, возрастает. Измеренный в лабораторных условиях насыпной вес породы, доставленной из моря Изобилия «Луной-16», составляет приблизительно $1,2 \text{ г/см}^3$, но после утряски и утрамбовки он уплотняется почти вдвое и едва не достигает плотности гранита.

Мнения ученых сходятся на том, что поверхностный слой Луны образовался в результате разрушения коренной лунной породы под воздействием целого ряда космогенных факторов - ударов крупных и мелких метеоритов, космических лучей и солнечного «ветра», глубокого вакуума, резких температурных перепадов.

На поверхности Луны встречаются и куски плотной кристаллической породы, очевидно, выброшенные из ближайших кратеров в результате вулканических извержений или падения крупных метеоритов. По мере перехода от морских районов к континентальным их число увеличивается. В районе кратера Фра-Мауро, где садился «Аполлон-14», встречались, например, каменные глыбы размером с автобус. Совершенно очевидно, что это неразрушенная коренная кристаллическая порода. Теперь она также хорошо изучена. По составу, структуре и свойствам эта порода несколько различается в разных районах лунной поверхности.

По химическому составу лунные породы оказались в основном похожими на широко распространенные в земной коре изверженные породы типа базальтов. Вместе с тем различные базальтовые породы на Земле отличаются друг от друга больше, чем образцы, взятые из разных районов лунной поверхности. Небольшое различие по составу наблюдается также между коренной кристаллической породой Луны и покрывающим ее поверхность реголитом. Так, породы океана Бурь содержат в среднем в 2-3 раза меньше титана, чем образцы из моря Спокойствия. Образцы из моря Изобилия больше похожи на породы океана Бурь и меньше на породы моря Спокойствия. Между тем территориально море Изобилия расположено значительно ближе к морю Спокойствия. Однако по количеству основных элементов породы всех «морских» районов схожи.

Что касается основных минералов, составляющих лунную породу, то к ним относятся плагиоклаз, пироксен, ильменит, анортит и др. Самый распространенный минерал лунного реголита - анортит, за ним следуют авгит и ильменит. Все это указывает на то, что лунная порода - базальтового типа в широком смысле этого понятия.

Ученые тщательно исследовали и многие другие свойства вещества, доставленного с Луны, в том числе его отражающую способность, свечение под воздействием заряженных частиц, рентгеновского и ультрафиолетового излучений. Изучались также магнитные свойства лунного грунта. Результаты этих исследований показали, что лунная порода, вероятно, затвердевала в значительно более сильном магнитном поле. Измеренное на поверхности Луны, оно сейчас составляет приблизительно десятую долю процента от того, что наблюдается у Земли. Изучение лунных образцов показывает, что магнитное поле Луны 3,5 миллиарда лет назад составляло около 10 процентов современного поля Земли, т. е. было приблизительно в 100 раз сильнее. Но природа этого явления пока не выяснена.

Особенно важная информация была получена в результате исследований изотопного состава отдельных элементов. По соотношению некоторых изотопов калия и аргона, рубидия и стронция, урана и свинца был определен возраст лунной породы, который для разных районов оказался несколько различным. Формирование породы (ее кристаллизация) в океане Бурь произошло, к примеру, около 3,3 миллиарда лет назад, в море Спокойствия - 3,7 миллиарда лет назад. Возраст самой древней породы, обнаруженной на Луне, составляет 4,6 миллиарда лет. Следовательно, можно считать, что Луна образовалась по крайней мере не менее 4,6 миллиарда лет назад. Эти данные указывают на то, что Луна после своего формирования имела несколько периодов «местного» плавления, главным образом в «морских» районах. Плавления могли быть вызваны вулканической деятельностью или ударами крупных метеоритов. И хотя возраст Земли, определенный по радиоизотопам, тоже составляет около 4,6 миллиарда лет, никто на нашей планете не встречал образца породы, которая кристаллизовалась более 3,5 миллиарда лет назад. Это объясняется тем, что целая геологическая эпоха на Земле оказалась «стертой» из-за эрозии, вызванной ветром и водой. Таким образом, изучение лунной породы дает нам информацию об «исчезнувших» миллиардах лет истории Земли.

Оказалось, что верхний слой вещества толщиной в несколько сантиметров лежит на поверхности Луны по крайней мере не менее 10 **миллиардов** лет, а слой толщиной в 1 - 2 м - не менее 600 миллионов лет. Становится, таким образом, понятно, что этот поверхностный слой формировался чрезвычайно медленно. На Земле картина иная. Из-за высокой тектонической активности, атмосферных явлений ее облик постоянно и довольно быстро меняется.

Эрозии, постоянному разрушению, подвергаются и породы на открытой поверхности Луны. Скорость ее, определенная по следам космических частиц в веществе, равна примерно одной миллионной части миллиметра в год. Сколько же миллионов лет пройдет прежде, чем космические аппараты, доставленные на естественный спутник Земли, превратятся в лунную пыль!

Несмотря на огромные достижения в изучении Луны, главные проблемы ее происхождения и эволюции еще далеко не решены. До сих пор исследованиям подвергалась преимущественно порода с поверхности лунных морей, обладающих гладким и сравнительно однообразным рельефом. Какие породы слагают лунные «континенты», которые занимают большую часть лунной поверхности? Что залегает на глубине хотя бы нескольких метров от поверхности? Эти и некоторые другие вопросы не решены.

Сейчас на первый план выдвигается изучение лунных «континентов». Знание характера пород, из которых они сложены, позволит ответить на один из принципиальных вопросов: имеет ли Луна сплошную базальтовую кору, подобную земной, или она претерпела лишь частичные плавления, а лава вышла на поверхность только в районах «морей»? В случае положительного ответа на вторую часть вопроса мы приходим к выводу, что основная часть лунной поверхности должна быть представлена первичным недифференцированным веществом, по составу близким к каменным метеоритам,

Луна, по-видимому, как и Земля, в начальный период своего существования разогревалась за счет тепла, выделявшегося при распаде естественных радиоактивных элементов. Лунное вещество при этом дифференцировалось, и на поверхность выходили наиболее легкоплавкие фракции. Остывая, они превращались в лунную кору. В процессе остывания лавы, который шел быстро, также происходила дифференциация вещества. Возможно, что на дне лавовых озер образовались поэтому слои тяжелых железо-

титановых окислов, а на глубине в несколько километров - слои разных минералов меньшей плотности. Не этим ли объясняются необычные сейсмопроводящие свойства Луны, которая, образно говоря, звенит, как колокол, при ударе о нее инородных тел? С другой стороны, вполне вероятно, что с этим процессом связано и еще одно явление, открытое на Луне, - так называемые масконы, то есть районы с повышенной гравитацией, которые заставляют искусственные спутники Луны изменять орбиту.

Информация, полученная в последние годы, все больше склоняет ученых к представлениям, согласно которым Луна родилась внутри Солнечной системы и, по-видимому, развивалась тем же путем, что и планеты. Но малый размер Луны не мог не отразиться как на процессах, определивших ее внутреннее строение, так и на процессах, протекавших на поверхности. В результате лунная поверхность оказалась открытой для постоянного воздействия различных космических факторов, которые формировали ее облик. Для науки и практики важное значение имеет здесь то, что события, которые происходили на Луне в давно прошедшие времена, оставили свои следы на ее поверхности. На Земле же свидетельств далекой эволюции - геологической истории почти не осталось, так как вся ее поверхность была покрыта толщей осадочных пород. Этим и объясняется большое внимание, которое проявляет современная наука к Луне - своеобразному зеркалу, в котором отражены события, происходившие на нашей планете миллиарды лет назад. Восстановив их, мы смогли бы судить, что же скрывается **над** поверхностью Земли, какие природные богатства человечество может использовать в будущем.

А. СИЛИН, доктор технических наук

МАШИНЫ НА ЛУННОМ ГРУНТЕ

Советские ученые и инженеры при разработке лунной буровой, установки решили многие научно-технические проблемы. Сложная и необычная задача заключалась, например, в изучении особенностей активного взаимодействия элементов машин и механизмов с горными породами Луны.

Специфика такого взаимодействия обусловлена прежде всего особенностями поверхностного слоя лунного грунта - реголита, который сформировался в условиях, принципиально различных от земных. К ним относится в первую очередь выброс лунного вещества в результате метеоритных взрывов с последующим выпадением на поверхность мелкодисперсных частиц, а также камней и глыб.

Другой специфический фактор состоит в бомбардировке поверхности Луны потоком протонов, образующих «солнечный ветер», при одновременном интенсивном воздействии электромагнитного излучения. Необычность обстановки усугубляют сверхвысокий вакуум и резкие суточные колебания температуры поверхностного слоя.

Особенно важное практическое значение имеет склонность лунного грунта к адгезии (слипанию) с теми деталями технических устройств, которые находятся в непосредственном контакте с ним. Интенсивность слипания может меняться в широких пределах, определяемых одновременным действием большого числа факторов, в том числе имеющих достаточно тонкий физический механизм. В принципе адгезия может возникать между телами самой различной физической природы и химического состава. Экспериментально доказано, например, что в сверхвысоком вакууме может происходить сильная адгезия между металлами и горными породами.

Адгезионный контакт между грунтом и работающим буром может вызвать сильный износ и заклинивание бурового инструмента в скважине. Кроме того, в ряде случаев может происходить более или менее интенсивное налипание грунта на детали машин и механизмов. В принципе возможен и обратный процесс - перенос материала инструмента на лунный грунт. Оба эти явления нежелательны и даже опасны при бурении.

По мере увеличения времени контакта машин и механизмов с лунной поверхностью все большее значение приобретает проблема изнашивания тех деталей технических устройств, которые активно взаимодействуют с лунным грунтом. При этом, кроме адгезионного изнашивания, вызванного сверхвысоким вакуумом, было важно также выяснить роль абразивного износа. Его интенсивность определяется в основном, твердостью режущих частиц грунта, а также их формой и размерами.

Изучение особенностей - взаимодействия с лунным грунтом вначале велось на различных земных породах - аналогах лунным. Следующим шагом стали исследования непосредственно на поверхности Луны. Наконец наступил наиболее результативный этап экспериментов - изучение образцов лунного грунта в земных лабораториях.

Такие исследования проводились на специально созданной установке для комплексной оценки инженерно-физических свойств лунного грунта в вакууме и инертных газах. Установка позволяет проводить исследования с обычным количеством вещества, а также с малыми его пробами.

Работы с малыми объемами лунного вещества потребовали разработки новой методики исследований. Суть ее в том, что элементы машин взаимодействуют с тонким слоем частиц мелкодисперсного грунта, прочно закрепленных на торцевой поверхности металлического образца. Эффективность такой методики подтверждена серией контрольных опытов, в которых горные породы использовались как в виде монолитных образцов, так и в виде порошков, закрепленных на металлических пластинках.

Абразивные свойства лунного грунта и его аналогов определялись по потере в весе металлического образца, а также по степени помутнения пластинок из органического стекла, которые трутся о закрепленные частицы грунтов. Помутнение поверхности пластинок определялось по пропусканию света. Примененная для этого установка состоит из осветителя - неон-гелиевого лазера и оптической системы.

Анализ данных, полученных в результате подобных экспериментов, позволил сделать ряд выводов, имеющих большое практическое значение.

Оказалось, что по своим фрикционным свойствам исследованный вид лунного грунта близок к некоторым земным породам, например дробленому базальту. Это дает возможность использовать его в качестве аналога лунного грунта при оценке взаимодействия с буровыми снарядами. Коэффициенты трения лунного грунта о конструкционные материалы достаточно велики. Таким образом, обеспечивается достаточное сцепление с грунтом при передвижениях, даже несмотря на слабое притяжение Луны. А относительно малая прочность грунта компенсируется шестикратным снижением веса и специальными приспособлениями, которые снижают удельное давление на поверхностный слой и, кроме того, усиливают связь с ним ходовых элементов машины. В то же время при резких ударах лунный грунт не проявляет упругих свойств, а проседает, подобно рыхлому снегу.

Абразивность лунного грунта и его микротвердость значительно меньше аналогичных показателей земного кварцевого песка. По-видимому, нет какой-либо особой опасности абразивного изнашивания деталей инструментов и других технических устройств, длительно взаимодействующих с грунтом. Это не исключает, однако, возможности интенсивного изнашивания, обусловленного образованием сильных межмолекулярных связей при соприкосновении с грунтом в сверхвысоком вакууме.

Данные исследований свидетельствуют также о возможности проникновения частиц грунта в щели и зазоры подвижных сочленений буровых устройств, что способно нарушить их работоспособность. При разработке буровых инструментов конструкторы должны были предусмотреть и эту возможность.

Прямые измерения подтвердили необычайно низкую теплопроводность лунного грунта, что объясняется его высокой пористостью и практическим отсутствием в порах каких-либо газов. Это означает, что тепло, выделяющемуся, например, при бурении, просто некуда деваться. Ведь у Луны нет атмосферы. В итоге конструктору приходится совершенно по-иному подходить к энергетике бурения. Вообще проблема сброса излишков тепла стоит на Луне очень остро.

Чрезвычайно малая электропроводность лунного вещества в сочетании с высоким вакуумом порождает и другую инженерную проблему: как избежать возможного накопления электростатического заряда при длительном подвижном контакте с лунной поверхностью?

Успешная работа автоматической станции «Луна-20» в новом, материковом районе позволила уточнить выводы об инженерных свойствах лунного грунта. Мы уже убедились, что условия бурения в морском и горном районах Луны различны. Дальнейшая обработка полученных данных о режиме и результатах бурения прояснит ряд вопросов взаимодействия элементов машин с горными породами Луны.

«ВЕНЕРА-8». ИТОГИ ПОЛЕТА

Год 50-летия образования СССР ознаменован еще одним крупным достижением советской космонавтики: 22 июля межпланетная автоматическая станция «Венера-8» завершила свой четырехмесячный полет и передала уникальные научные данные с планеты Венера.

На спускаемом аппарате станции «Венера-8» были установлены вымпелы с барельефом основателя Советского государства Владимира Ильича Ленина и изображением Государственного герба Советского Союза.

Впервые в истории исследования Венеры вход в атмосферу и посадка спускаемого аппарата станции «Венера-8» были осуществлены на освещенную Солнцем сторону планеты. Снижение на парашюте в атмосфере Венеры продолжалось около часа. После осуществления мягкой посадки спускаемый аппарат станции 50 минут работал на поверхности Венеры, передавая на Землю научную информацию.

Полученные в процессе спуска и при работе на поверхности уникальные данные о свойствах атмосферы, характеристиках освещенности на планете и природе грунта ее поверхностного слоя имеют фундаментальное научное значение.

Советская программа изучения Солнечной системы с помощью автоматических аппаратов успешно претворяется в жизнь. Полет станции «Венера-8» является важным вкладом в науку, новым крупным шагом в познании природы.

Проектирование автоматической станции «Венера-8» было выполнено с учетом имевшихся научных данных о планете Венера и опыта, полученного при создании и полетах станций «Венера».

Как и все предыдущие станции этого типа, станция «Венера-8» состоит из орбитального отсека и спускаемого аппарата. Общий вес автоматической станции «Венера-8» 1184 кг, спускаемого аппарата - 495 кг.

Конструкция спускаемого аппарата станции «Венера-8» подверглась существенной модификации. В связи с уточнением станцией «Венера-7» параметров атмосферы были снижены расчетные величины разрушающей нагрузки на корпус спускаемого аппарата и максимальной температуры окружающей среды. Это позволило облегчить конструкцию силового корпуса спускаемого аппарата станции «Венера-8». За счет сэкономленного веса были установлены дополнительные научные приборы и осуществлен ряд мероприятий по увеличению времени работы аппаратуры на поверхности Венеры.

Спускаемый аппарат состоит из двух отсеков: приборного и парашютного. В парашютном отсеке спускаемого аппарата, расположенном в его верхней части, помещены парашютная система, радиовысотомер, датчики научных приборов и антенна бортового радиокомплекса. В приборном отсеке спускаемого аппарата станции «Венера-8» размещены радиотехническая и телеметрическая системы, источники электропитания, вентиляторы и другие агрегаты системы терморегулирования, аппаратура автоматики и блоки научных приборов. Для обеспечения необходимых температурных условий в приборном отсеке спускаемого аппарата была повышена эффективность внешней теплоизоляционной оболочки, а также были установлены внутри отсека поглотители тепла, выполненные из материалов с высокой теплоемкостью. Все это обеспечивало на более длительный срок работоспособность приборов и систем спускаемого аппарата.

Для связи с Землей в спускаемом аппарате станции «Венера-8» применена новая антенная система, состоящая из двух антенн: спиральной, жестко укрепленной в верхней части аппарата, и выносной, выбрасываемой из отсека после посадки аппарата. На участке снижения связь ведется через первую антенну, а после посадки по командам программно-временного устройства производится периодическое переключение бортового передатчика с одной антенны на другую. Этим обеспечивается надежность радиосвязи спускаемого аппарата с Землей.

Автоматическая станция «Венера-8» была оборудована научными приборами, позволившими впервые осуществить, широкий комплекс исследований атмосферы и поверхности планеты на дневной стороне, а также исследования межпланетной среды на трассе полета.

Основной целью при выборе научных экспериментов на спускаемом аппарате станции «Венера-8» было получение ответов на ряд новых принципиальных вопросов о физико-химических характеристиках атмосферы и поверхности Венеры.

Станции «Венера-4, 5, 6 и 7», проводившие спуск на ночной стороне планеты, достаточно подробно исследовали изменение температуры и давления атмосферы по высоте - вплоть до поверхности.

Прямые измерения температуры и давления на станции «Венера-8» убеждают, что заметных различий в показателях на дневной и ночной сторонах Венеры не обнаружено. В месте посадки станции «Венера-8» температура атмосферы составила 470

плюс минус 8°C , давление 90 плюс минус $1,5 \text{ кг/см}^2$, что очень близко к значениям, полученным в результате эксперимента на станции «Венера-7», осуществившей посадку на ночной стороне планеты.

Ключевым вопросом при посадке станции «Венера-8» был вопрос о том, проникает ли солнечный свет до поверхности планеты или он почти целиком задерживается атмосферой и облаками. Другими словами, светло ли на Венере днем или там постоянно мрак. Для этого было необходимо измерить освещенность в атмосфере и на поверхности планеты. С этой целью на спускаемом аппарате был установлен специальный прибор - фотометр. Он рассчитывался на измерения освещенности в широком диапазоне величины световых потоков, которые можно было ожидать на Венере, и должен был сохранять работоспособность в чрезвычайно тяжелых условиях окружающей среды - горячей и плотной атмосферы Венеры. Информация о величинах освещенности получена на всем участке спуска вплоть до поверхности. Эти уникальные данные позволяют сделать вывод о том, что определенная доля солнечных лучей в видимой области спектра проникает до поверхности планеты и там существуют заметные различия по освещенности между днем и ночью. Предварительные оценки характера изменения освещенности по высоте показывают, что атмосфера Венеры существенно ослабляет солнечный свет. В настоящее время проводится количественный анализ полученных результатов, который даст возможность оценить ряд важных параметров, определяющих оптические характеристики атмосферы Венеры.

Как известно, полет автоматической станции «Венера-4» дал возможность впервые определить основной химический состав атмосферы Венеры, который впоследствии был уточнен автоматическими станциями «Венера-5» и «Венера-6». Было установлено, что атмосфера планеты на 97% состоит из углекислого газа. Содержание азота не превышает 2%, кислорода - менее 0,1%, водяного пара вблизи облачного слоя - менее 1%.

Вместе с тем несмотря на создание определенных представлений о составе и строении атмосферы, проблема облачного слоя Венеры остается нерешенной. Недостаток фактического материала дает основание для различных гипотез, которые нуждаются в экспериментальной проверке. В частности, высказываются предположения, что в состав облаков могут входить соединения, содержащие аммиак (аммонийные соли). В этом случае на высотах ниже 48 км можно ожидать наличие в атмосфере относительно небольших количеств свободного аммиака. В связи с этим на станции «Венера-8» был установлен прибор для определения аммиака.

Первое измерение было произведено в атмосфере Венеры на высоте около 33 км. Результаты эксперимента дают основание считать, что на участке измерений в атмосфере присутствует небольшое количество аммиака. Его объемное содержание может быть оценено равным 0,01-0,1%.

При спуске «Венеры-8» измерялась компонента горизонтальной скорости ветра. На высотах более 45 км она составила свыше 50 м/сек с уменьшением до величины менее 2 м/сек ниже 10-12 км. Эти измерения свидетельствуют о наличии зонального (широтного) ветра, направленного от терминатора на дневную сторону, т. е. в направлении собственного вращения планеты, и имеют важное значение для понимания динамики атмосферы Венеры.

В программе исследований Венеры на станции «Венера-8» большое место отводилось изучению физико-химических свойств поверхности планеты. Из анализа уровня отражаемых поверхностью радиоволн, излучавшихся с аппарата в процессе спуска, были получены оценки диэлектрической проницаемости и плотности грунта. Результаты этих измерений дают основание считать, что в районе спуска поверхностный слой планеты является достаточно рыхлым, с плотностью грунта немногим менее $1,5 \text{ г/см}^3$. На станции «Венера-8» был установлен гаммаспектрометр, определявший в венерианском поверхностном слое содержание радиоактивных элементов по их гамма-излучению. После посадки спускаемого аппарата на поверхность планеты было зарегистрировано возрастание суммарной интенсивности гамма-излучения, что связано с добавлением эффекта от распада естественных радиоактивных элементов, содержащихся в венерианском поверхностном слое. Измерение спектров гамма-излучения позволило провести количественное определение содержания урана, тория и калия в поверхностном слое.

По предварительным данным, материал поверхности в районе посадки станции содержал 4% калия, 0,0002% урана и 0,00065% тория, напоминая по содержанию радиоактивных элементов и по их соотношению состав земных гранитных пород. Таким образом, станция «Венера-8» обнаружила породу, относительно богатую калием, ураном и торием. В земных условиях такое соотношение элементов, прежде всего относительное обогащение калием, характерно для пород, подвергшихся вторичным изменениям под воздействием различных факторов окружающей среды после первичного выплавления из недр планеты. Эти данные являются ценным вкладом в изучение геологии Венеры. Они получены пока для небольшого участка планеты, дальнейшие исследования позволят охватить другие районы и сделать достаточно определенные выводы о процессах, происходивших, в твердой оболочке Венеры, и характере ее эволюции.

Во время полета «Венеры-8» наблюдалось аномальное увеличение солнечной активности, которая сильно влияет на уровень интенсивности космических лучей в различных энергетических интервалах. На фоне возрастания солнечной активности были зарегистрированы четыре мощные солнечные вспышки, во время которых дополнительно резко увеличилась солнечная интенсивность протонов с энергиями больше 1 млн. электрон-вольт и 30 млн. электрон-вольт. Отмечались также значительные понижения интенсивности галактических космических лучей, приходящих из более удаленных областей пространства. Подобные аномальные возрастания солнечной активности регистрировались и ранее, в частности, приборами «Венеры-7», «Лунохода-1», «Марса-2 и 3».

На трассе полета и при подлете к Венере проводились измерения ультрафиолетового излучения, создаваемого рассеянным в межпланетном пространстве нейтральным атомарным водородом. В отдельных областях межпланетного пространства интенсивность этого излучения возрастала в 2-3 раза. Изменялась также интенсивность излучения в узком интервале ультрафиолетовой области спектра, создаваемого в основном фоном ярких голубых звезд.

Успешный полет станции «Венера-8» подтвердил правильность технических решений, заложенных при проектировании этого аппарата, предназначенного для работы в крайне сложных условиях на поверхности Венеры.

Научные результаты, полученные станцией «Венера-8», дали ценный вклад в наши знания о Венере, явились важным шагом на пути непрерывного расширения представлений о ее природе.

Новое крупное достижение в космосе, свершенное в канун 50-летия образования СССР, - достойный подарок советских ученых, инженеров, техников и рабочих этой знаменательной дате

ЗЕМЛЯ И ВЕНЕРА - НЕПОХОЖИЕ СЕСТРЫ

Изучение Венеры с помощью спускаемых аппаратов - одно из важнейших, направлений советских космических исследований. «Венера-8» - пятый по счету космический аппарат, который успешно выполнил спуск в атмосферу этой загадочной планеты и передал новые данные о ней, полученные путем прямых измерений. В США первый эксперимент такого типа планируется только на 1975 год.

Что же мы знаем о Венере сегодня и что хотели бы узнать в дальнейшем? Венера, как и Земля, движется по приблизительно круговой орбите. Среднее расстояние от нее до Солнца составляет 108 миллионов километров, она в 1,4 раза ближе к нему, чем Земля, и получает от него на единицу площади примерно вдвое больше энергии. Но Венера -значительно лучше отражает солнечное излучение, чем наша планета. Большая часть излучения, приходящего на границу ее атмосферы, возвращается в космос, и в результате на нагревание обеих планет идет примерно одинаковое количество солнечной энергии.

Кроме того, Венера и Земля почти одинаковы по размерам и массе, а стало быть, также по средней плотности и ускорению силы тяжести на поверхности. Эти две планеты - настоящие сестры. И вот оказалось, что эти сестры друг на друга не похожи. По измерениям «Венеры-7», проведенным на поверхности Венеры, температура достигает там 475-500°С. Атмосфера состоит почти из одного только углекислого газа, и количества его огромны: давление у поверхности планеты достигает 90-100 атмосфер. Есть и другая особенность - очень мало воды по сравнению с Землей. Что стало бы с земными океанами, если нашу планету нагреть до такой температуры? Они испарятся, давление водяного пара будет около 300 атмосфер, и именно водяной пар станет главной составной частью атмосферы. Венера же, в сущности, безводна. Относительное содержание водяного пара оценивалось и спектроскопически с помощью наземных оптических телескопов, и радиоастрономическими методами и, наконец, измерялось непосредственно в атмосфере планеты советскими станциями «Венера-4, 5 и 6». Судя по всем данным, относительное содержание водяного пара в атмосфере Венеры не превышает одного процента.

По современным представлениям, планеты образовались в результате слипания твердых частиц в холодном протопланетном облаке, окружавшем Солнце в эпоху его формирования. Лишь короткое время Земля могла сохранять первичную атмосферу, сходную по составу с Солнцем (водород, гелий, инертные газы, особенно неон). Затем первичная атмосфера была почти полностью потеряна (за исключением тяжелых инертных газов), на смену ей пришла вторичная, состоящая из продуктов вулканической деятельности.

Главный из этих продуктов - вода. Раз в десять меньше выделилось углекислого газа. В триста раз меньше азота. Молекулярный кислород появился сравнительно поздно, когда Землю заселили растения - это газ специфически земной. Не будь на Земле жизни, его почти не было бы. Биосфера сделала и другое важное дело - она убрала из атмосферы большую часть углекислого газа, он перешел в состав осадочных пород, таких, как известняк. В присутствии жидкой воды, которой на Земле более чем достаточно, идут и небиологические процессы, связывающие углекислый газ в горных породах (реакции превращения силикатов в карбонаты).

Сходство Земли и Венеры по размерам и массе указывает на близкое внутреннее строение обеих планет. Поэтому следовало бы ожидать, что и вулканические процессы протекают у них примерно одинаково. В некоторых отношениях сходства действительно есть: например, количества углекислого газа, выделившиеся в атмосферу обеих планет за время их эволюции, примерно одинаковы. Только на Земле он не оставался в атмосфере, а связывался с достаточно большой скоростью в осадочных породах. А вот в количестве водяного пара разница большая.

Почему так получилось? Это одна из главных загадок. Существуют две основные гипотезы. Первая предполагает, что Венера сразу образовалась «безводной» из-за того, что в этой части первичного протопланетного облака из-за большей близости к Солнцу (и более высокой температуры) не было ледяных частиц. Вторая гипотеза утверждает, что венерианская литосфера выделила такое же количество воды, как и Земля, но почти все молекулы воды разрушились ультрафиолетовым излучением Солнца и превратились в водород и кислород. Затем водород ушел в межпланетное пространство, а кислород вступил в реакцию с другими газами.

Выбор между этими гипотезами - дело будущего. Один из возможных способов выбора состоит в определении относительного содержания дейтерия и водорода в венерианском водяном паре и некоторых других водородсодержащих газах, которые в небольших количествах присутствуют в атмосфере Венеры. Важное значение имеет исследование плотности дейтерия и водорода в верхней атмосфере, которое проводилось станцией «Венера-8». Атомы дейтерия тяжелее, поэтому они, покидают атмосферу планеты менее активно, чем атомы водорода, и если справедлива вторая гипотеза, дейтерий должен был накапливаться в атмосфере.

Конечно, при таких суровых климатических условиях жизнь на Венере существовать не может. Представляется очень вероятным, что отсутствие воды, большое количество свободного углекислого газа в атмосфере, высокая температура и отсутствие биосферы - явления взаимно обусловленные, причем недостаток воды является главным фактором, определившим все остальное. Без воды не могла образоваться биосфера и не могли идти эффективно процессы связывания углекислого газа. Он накапливался, образовалась атмосферная шуба, увеличивающая температуру, и атмосфера постепенно приобретала свои современные характеристики. Не исключено, что с Землей, если ее обезводить в такой же степени, как Венеру, произошло бы то же самое.

Мы рассказали только об одной из проблем исследования Венеры, волнующих ученых, - о проблеме эволюции ее атмосферы. Это не единственная загадка. Еще не полностью понят физический механизм разогрева поверхности Венеры, хотя, ясно, что он связан с большой непрозрачностью ее атмосферы в инфракрасной области спектра. Не решен вопрос о составе и строении облачного слоя планеты и его роли в разогреве атмосферы. Однако можно быть уверенным, что ответы на все эти вопросы мы получим достаточно скоро.

Хотелось бы подчеркнуть, что проблема эволюции планетных атмосфер отнюдь не является отвлеченной. Даже небольшое изменение состава атмосферы и климата на Земле весьма опасно, и поэтому очень важно понять, как формируется состав планетной атмосферы, какими эволюционными факторами определяется климат. Детальное изучение других планет Солнечной

системы может дать ключ к решению этой важнейшей для всего человечества проблемы.

А. МОНИН, профессор, директор Института океанологии Академии наук СССР
С. ЗИЛИТИНКЕВИЧ, доктор физико-математических наук

НА ВЕНЕРУ РАДИ ЗЕМЛИ

Открытие планеты **Плутон** с помощью математического расчета стало хрестоматийным примером научного предвидения. Однако методы и инструменты, которыми обладает ученый сегодня, позволяют решать более трудоемкие и сложные задачи.

Лишь в самое последнее время благодаря работам радиоастрономов и полетам автоматических станций удалось получить некоторые сведения о свойствах атмосферы Венеры и вращении планеты. Однако экспериментальными данными о ветрах, дующих там, мы до сих пор не располагали. Между тем накопленный материал уже позволил поставить задачу о теоретическом расчете системы ветров и распределения температуры, т. е. общей циркуляции атмосферы этой планеты. Расчеты «погоды» Венеры были выполнены в 1969-1972 годах в Институте океанологии Академии наук СССР.

Поясним, что представлял собой наш численный эксперимент. Сначала было принято, что ветры в атмосфере Венеры полностью отсутствуют, температура на поверхности всюду одна и та же, а по высоте падает по так называемому адиабатическому закону (что соответствует полному перемешиванию). Затем «включался» солнечный источник тепла и рассчитывались изменения состояния атмосферы с течением времени. Таким образом, численный эксперимент воспроизводил воображаемое поведение атмосферы, каким оно получилось бы, если, выровняв температуру и «остановив» циркуляцию, мы дали бы ей возможность снова начать развиваться. Были все основания ожидать, что после более или менее длительного периода приспособления модель атмосферы придет к режиму динамического равновесия с внешними условиями.

Расчеты показали, что режим равновесия достигается примерно за один земной месяц, а в результате всего эксперимента были получены сведения об изменениях во времени скорости и направления ветра, температуры, атмосферного давления, вертикальных движений газа, тепловых потоков, трения газа о поверхность в течение всего венерианского суточного цикла - примерно 117 земных суток.

Результаты эксперимента сводятся к следующему. Циркуляция атмосферы Венеры практически симметрична относительно экватора и развивается как следствие температурных различий между дневным и ночным полушариями. Эти различия постоянно поддерживаются тем, что дневная сторона планеты нагревается Солнцем, а ночная охлаждается из-за собственного излучения.

Циркуляция не симметрична ни относительно оси вращения, ни относительно линии Солнце-Венера: область наибольшего нагрева приближается к вечернему терминатору, а наиболее холодная область находится на утреннем терминаторе (терминатор - линия, отделяющая дневное полушарие от ночного). Разности температур в различных точках планеты получились очень малыми - всего один-два градуса.

Система ветров такова: в нижних слоях газа, образующие атмосферу Венеры, стекают к наиболее нагретой области, там они поднимаются вверх и, растекаясь в верхних, слоях, собираются к области «холода», где снова опускаются вниз. Эти движения охватывают всю планету; крупномасштабные вихри типа циклонов и антициклонов, отсутствуют. Типичная скорость ветра несколько превышает пять-шесть метров в секунду. Вспомним, что на Земле типичная скорость близка к 10 метрам в секунду, но на Венере плотность атмосферы в десятки раз больше, и обычные ветровые давления в 10-15 раз больше, чем на Земле, - они соответствуют нашим ураганам ветрам.

В 10-15 раз больше, чем на Земле, и напряжения трения на поверхности Венеры. Можно ожидать поэтому, что рельеф планеты сглажен. Любопытно, что, согласно расчетам, вертикальные скорости достигают нескольких сантиметров в секунду (на Земле они измеряются немногими миллиметрами в секунду). Вся нижняя атмосфера Венеры (тропосфера) находится в состоянии конвективного перемешивания: на дневной стороне это обусловлено нагревом снизу, на ночной - охлаждением сверху вследствие собственного излучения.

Конечно, все эти сведения подлежат дальнейшему уточнению. Математическую модель можно и нужно совершенствовать - вводить более детальное описание вертикальной структуры, учитывать новые сведения о лежащих в основе расчетов наблюдаемых свойствах атмосферы Венеры. Новые данные, переданные на Землю автоматической станцией «Венера-8», мы надеемся, дадут материал и для уточнения исходных параметров расчета, и для сравнения теоретических результатов с фактическими.

Статью о циркуляции атмосферы Венеры на этом можно было бы закончить. Однако читатель вправе спросить: для чего нужны подобные исследования, зачем знать циркуляцию на другой планете и какую практическую пользу можно извлечь из этих знаний? Такие вопросы заслуживают подробного разъяснения. Мы ограничимся тем, что приведем некоторые соображения с позиций геофизики - науки, изучающей нашу планету. Одна из важнейших задач геофизики - научиться теоретически предсказывать, каким может стать на нашей планете «режим динамического равновесия» (термин уже знакомый) в результате сознательных или невольных воздействий, оказываемых хозяйственной деятельностью человечества.

Практический интерес этой задачи очевиден. Развитие техники идет настолько быстро, что уже сейчас возникает вопрос - какова дальнейшая судьба избытка углекислоты, поступающей в атмосферу от сжигания топлива, и не может ли накопление углекислоты, повысив «парниковый эффект», привести к катастрофическому потеплению климата? Другой пример - устойчивы ли полярные ледяные шапки, не могут ли сравнительно слабые тепловые воздействия привести к их исчезновению или, наоборот, катастрофическому разрастанию.

Подобных вопросов возникает довольно много. Вероятно, единственный способ дать на них научно обоснованные ответы - проведение численных экспериментов, моделирующих режим нашей атмосферы в изменившихся условиях. Для этого нужно располагать универсальной физико-математической моделью атмосферной циркуляции, которая правильно описывала бы не только существующий сейчас на Земле, но всевозможные другие режимы. На каком же материале проверять такую модель? Вот

здесь и оказываются полезными планетные атмосферы. Их изучение помогает нам глубже понять процессы, протекающие на Земле.

В. АГАЛАКОВ, кандидат географических наук

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ «ПРОГНОЗ» НЕСУТ ВАХТУ

Сегодня запуск космического аппарата - это очередной, всесторонне продуманный шаг в освоении космоса и развитии космической техники, это решение большого комплекса задач научного и прикладного характера, это попытка вырвать у природы еще одну тайну.

В этом смысле вывод на орбиту искусственных спутников Земли «Прогноз» и «Прогноз-2» является весьма важной вехой в деле изучения всего многообразия механизма солнечно-земных связей.

Ценность сведений о строении и эволюции состояния атмосферы Земли, полученных с помощью космических аппаратов и высотных геофизических ракет, не вызывает никаких сомнений. За последние 15 лет осуществлена целая серия важных геофизических открытий, позволивших по-новому взглянуть на строение газовой оболочки нашей планеты, на характер физико-химических процессов, протекающих в ней, на деятельность Солнца и на свойства межпланетного пространства. В то же время мы вынуждены констатировать, что наши знания об атмосфере Земли и о поведении Солнца далеко не исчерпывающие.

Взять хотя бы вопрос о размерах газовой оболочки Земли. На какой высоте от поверхности планеты находится ее верхняя граница? Как эта граница выражена в ходе физических характеристик? Эти вопросы далеко не праздные. Ответы на них имеют большое научное и прикладное значение уже сегодня. Расчет радиационной обстановки и ее прогнозирование для обеспечения безопасности полетов космонавтов, расчет радиационного баланса системы Земля - атмосфера и радиационного баланса Земли для разработки надежных методов долгосрочных прогнозов погоды, анализ процессов трансформации солнечной энергии в атмосфере Земли для выявления основных закономерностей солнечно-земных связей - вот ряд вопросов, ответы на которые во многом зависят от достоверного определения уровня верхней границы атмосферы.

С геофизической точки зрения атмосфера - это газовая оболочка Земли, отделяющая поверхность нашей планеты от космического пространства, невозмущенного нашей планетой. При этом совершенно не оговаривается состояние, в котором должен находиться газ: в молекулярном или атомарном, в нейтральном или ионизированном, и не оговариваются факторы, оказывающие преобладающее влияние при формировании тех или иных слоев этой оболочки. То есть, при таком подходе к данному вопросу и радиационные пояса и водородная геокорона могут считаться составными частями земной атмосферы.

Что до последнего времени было решающим при определении уровня, принимаемого за верхнюю границу атмосферы? Высоты, на которые могли быть доставлены измерительные приборы, и степень совершенства самой используемой измерительной аппаратуры. Уместно вспомнить, что за последние два десятилетия верхняя граница атмосферы была передвинута с 2 тыс. км до 20 тыс. км, а в последние годы этот уровень «поднялся» еще выше. При этом за критерий в определении верхней границы атмосферы различными учеными брались частные признаки в поведении отдельных характеристик газа: плотности, электронной концентрации, характер диссоциации и рекомбинации молекул и атомов и т. д. И в каждом отдельном случае эта граница определялась довольно приблизительно, без достаточно объективных критериев. В то же время космические эксперименты весьма убедительно свидетельствуют, что такая граница в действительности существует - это магнитопауза, т. е. переходный слой, формирующийся при взаимодействии солнечной плазмы (солнечного ветра) с верхней магнитосферой на расстояниях от 10 и более радиусов Земли от ее поверхности. При этом внутри магнитосферы характер процессов определяется в основном состоянием магнитного поля Земли и действием солнечного ветра, тогда как вне магнитосферы (за магнитопаузой) - только состоянием межпланетной среды и деятельностью Солнца. То есть магнитосферу необходимо также считать частью атмосферы Земли, не беспокоясь, что верхняя граница газовой оболочки нашей планеты «отодвинется» в данном случае на 70 тыс. км и более от ее поверхности.

Другой интересный вопрос физики верхней атмосферы - вопрос о величине солнечной постоянной. Согласно сложившимся представлениям считается, что интегральная величина потока солнечного излучения, приходящего на единицу площади верхней границы атмосферы, составляет около $1,88 \text{ кал/см}^2 \text{ в мин}$. И называется эта величина «солнечной постоянной». Она широко применяется в метеорологии и в других областях знаний, использующих данные о солнечно-земных связях.

Однако многочисленные космические исследования свидетельствуют, что величина потока солнечного излучения, приходящего к нашей планете, испытывает ряд существенных колебаний, обусловленных в первую очередь вариациями состояния солнечной активности.

Так, например, начиная с 12 декабря 1970 года было зарегистрировано значительное и продолжительное возрастание интенсивности корпускулярных потоков и коротковолнового излучения, вызванное серией мощных солнечных вспышек, прошедших 10 и 11 декабря.

В конце июля - начале августа 1972 года на Солнце была зарегистрирована серия чрезвычайно сильных вспышек. Геомагнитные эффекты, последовавшие на Земле после этих вспышек, по своей интенсивности не наблюдались уже около пяти лет.

Вполне естественно, после таких проявлений солнечной активности поток излучений от Солнца к Земле не оставался постоянным. Как свидетельствуют данные, полученные с помощью космических аппаратов «Луна-17», «Луноход-1», «Венера-7» и др., (в том числе и «Прогнозами»), мощность корпускулярных потоков, обрушившихся в период указанных возмущений на Землю, а точнее на ее атмосферу, более чем в несколько тысяч раз превышает мощность среднего солнечного ветра. И это по всей видимости не предел. Отмечены были также колебания интенсивности солнечного потока в диапазоне ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучей.

Выше были указаны наиболее мощные вспышки, имевшие место за последние два года. Но Солнце «дышит» постоянно, т. е. его активность непрерывно меняется. Вполне естественно, что непрерывно изменяется скорость корпускулярных потоков солнечной плазмы, изменяется энергетическое соотношение различных участков его спектра, т. е. весьма заметно меняется интегральная мощность его излучения.

А мы продолжаем оперировать термином «солнечная постоянная», когда уже давно необходимо вести речь о «солнечной средней», т. е. вложить в это понятие совершенно другой смысл.

Как показывает анализ, для длительного изучения процессов, протекающих в земной атмосфере и одновременно за ее пределами, необходимы такие автоматические станции, орбиты которых находились бы как в атмосфере Земли, так и выходили бы за ее пределы в открытое космическое пространство. Подобными станциями и явились советские автоматические обсерватории «Прогноз» и «Прогноз-2», запущенные для изучения процессов солнечной активности и их влияния на межпланетную среду и магнитосферу Земли соответственно 14 апреля и 29 июня 1972 года. На борту их установлена научная аппаратура, предназначенная для исследования корпускулярного, гамма- и рентгеновского излучений Солнца, потоков солнечной плазмы и их взаимодействия с магнитосферой Земли, а также дальнейшего изучения магнитных полей в околоземном космическом пространстве. На станции «Прогноз-2» установлена также французская аппаратура для проведения экспериментов по изучению характеристик солнечного ветра, внешних областей магнитосферы, гамма-излучения Солнца и поисков нейтронов солнечного происхождения.

Из наиболее характерных особенностей этого космического эксперимента можно выделить следующее.

Во-первых, это большая эллиптичность орбит движения автоматических станций «Прогноз» и «Прогноз-2» и своеобразие ориентации этих орбит в пространстве. Как видно из схемы, после вывода станций на орбиту искусственных спутников Земли перигей их составлял 900-950 км, а апогей - около 200 000 км. Угол наклона орбит примерно 65°, а период обращения их вокруг Земли - около 97 час, т. е. немногим более четырех суток.

Чтобы обеспечить вывод спутников на указанную орбиту, процесс вывода осуществлялся в два этапа. На первом этапе космические аппараты вместе с последней ступенью ракеты-носителя (разгонным блоком) выводились на промежуточную орбиту. Затем в соответствии с программой полета производилось автоматическое включение двигателей последней ступени ракеты-носителя, после чего автоматические станции выводились уже на основные рабочие орбиты искусственных спутников Земли.

Данный тип вывода спутников на расчетные орбиты - задача исключительно трудная. При этом необходимо с предельной точностью выдержать время работы двигателей ракеты-носителя на различных участках вывода, строго контролировать параметры траектории вывода как на промежуточную, так и на основную орбиту полета космической станции, и наконец, величину скорости движения в момент отделения спутника от последней ступени ракеты.

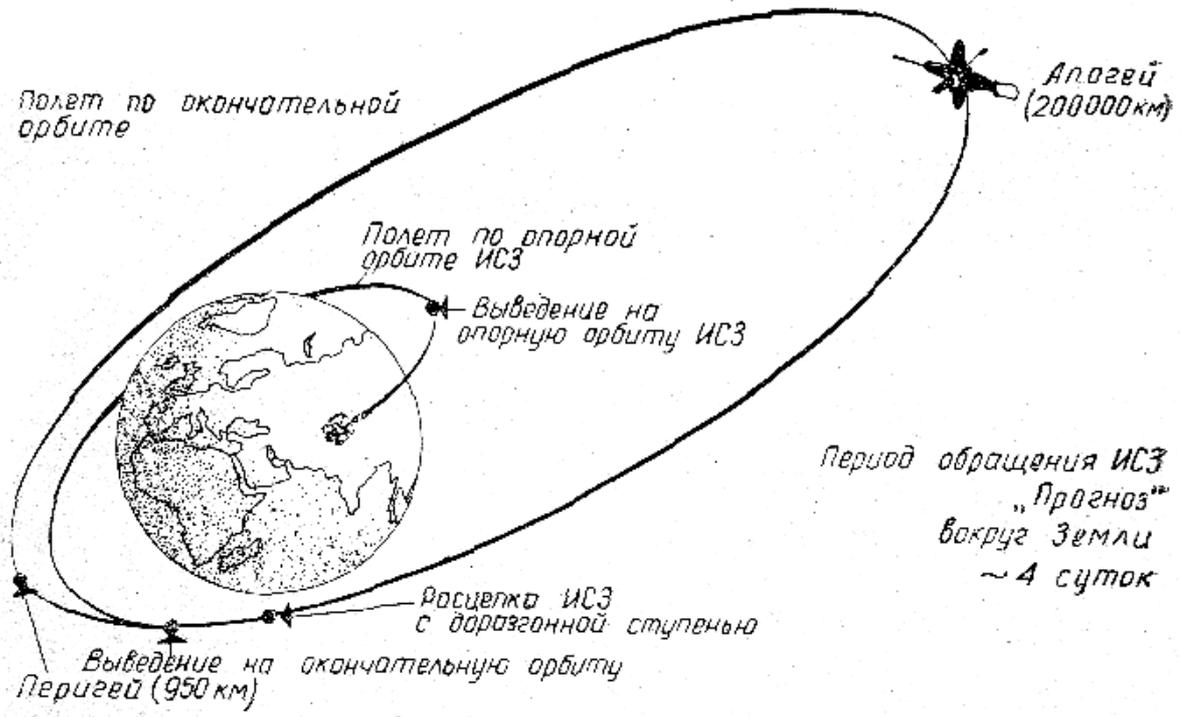


Схема выведения ИСЗ «Прогноз» в космическое пространство.

предусматривалось решение и другой более частной задачи - провести измерение параметров газовой среды и геомагнитного поля при проходе автоматической станции на восходящей ветви первого своего витка района северной нейтральной точки магнитосферы.

С течением времени в связи с вращением Земли вокруг Солнца орбиты спутников «Прогноз» уходят от направления на Солнце, и через 5-6 месяцев станции должны входить в зону газового хвоста земной атмосферы. Таким образом, при длительном существовании автоматической станции одним аппаратом можно практически осуществить «просмотр» почти всех частей газовой оболочки Земли. Однако при этом многие составляющие эксперимента, такие, как состояние активности Солнца и геомагнитная активность, могут существенно измениться во времени. Поэтому может оказаться, что полученные результаты измерений не будут в полной мере представительные. Чтобы этого не случилось, необходимо иметь в полете одновременно несколько однотипных станций (в данном случае несколько «Прогнозов»), орбиты которых бы были соответствующим образом разнесены в пространстве. Или, другими словами, желательно иметь систему из нескольких однотипных объектов, которые бы смогли осуществлять одновременное исследование всех частей земной атмосферы. Ценность подобных исследований не вызывает сомнений.

К сожалению, высокоэллиптические орбиты со временем существенно изменяют свои параметры под воздействием полей тяготения Солнца и Луны. В данном случае это сказывается на изменении высоты перигея орбиты. Как свидетельствуют

Во многом характер эксперимента зависит и от того, в какую часть газовой оболочки Земли осуществлен запуск космического аппарата: в направлении Солнца, газового хвоста и т. д. Это несомненно довольно важная деталь эксперимента, т. к. атмосфера Земли и ее магнитное поле на больших высотах испытывают значительную деформацию под воздействием солнечного ветра. Так вот автоматические станции «Прогноз» и «Прогноз-2» запускались в направлении на Солнце. Одновременно с этим при запуске аппарата «Прогноз-2»

наблюдения за эволюцией орбиты автоматической станции «Прогноз», на 10-м витке высота его перигея уже составляла 2000 км, а апогея - 199 000 км. На 20-м витке они соответственно равнялись 4700 и 197 000 км, а на 40-м - 7200 и 194 000 км. Подобная картина изменения параметров орбиты наблюдается и у ИСЗ «Прогноз-2». На 10-м витке высота перигея и апогея его орбиты составляла соответственно 1000 и 199 500 км, а на 20-м витке - 2000 и 199 000 км.

Подобное «выравнивание» орбит автоматических станций необходимо учитывать при разработке задания на космические исследования, проводимые аппаратами данного типа.

Плохо то, что от витка к витку космические аппараты «Прогноз» уходят из более низких слоев атмосферы в более высокие, и ученые лишаются одновременных сравнительных наблюдений за состоянием всех слоев земной атмосферы, проводимых одним аппаратом. Поэтому для восполнения появляющегося пробела приходится привлекать результаты подобных исследований, проводимых на «низколетящих» спутниках серии «Космос». В то же время комплексное использование различных космических аппаратов помогает разработать методику сравнения научных измерений, проводимых разновысотными объектами, и осуществить выбор наиболее качественных приборов для использования их в дальнейших геофизических исследованиях.

С другой стороны, в результате изменения высоты перигея станции «Прогноз» получают возможность «по ступенькам» провести более детальное исследование параметров земной атмосферы на различных высотных уровнях.

Вторая особенность данного космического эксперимента состоит в том, что подбор состава бортовой научной аппаратуры позволяет осуществить широкую программу измерений параметров окружающей среды как в пределах земной атмосферы, так и вне ее.

Вполне естественно, что это наложило определенный отпечаток на конструкторское решение при создании спутников данной серии.

Автоматическая станция «Прогноз» представляет собой герметичный цилиндрический контейнер со сферическими днищами. Вес станции после отделения ее от последней ступени ракеты-носителя составил около 845 кг. Внутри контейнера размещены научные приборы, служебные системы, обеспечивающие нормальную работу всей станции в целом, аппаратура радиоконтакта и телеметрические системы. Снаружи располагаются датчики научной аппаратуры, оптические датчики, исполнительные органы системы ориентации спутника, баллоны с азотом, панели солнечных батарей и антенны. При этом датчики научной аппаратуры расположены в основном на верхнем днище автоматической станции, где для более удобного их размещения смонтирована специальная платформа.

Весь комплекс научной аппаратуры, установленной на автоматических станциях «Прогноз», в зависимости от характера изучаемых явлений можно условно разделить на четыре основные группы.

К приборам первой группы, предназначенным для наблюдения за электромагнитным излучением Солнца в коротковолновой части его спектра, относятся рентгеновский спектрометр и спектрометр гамма-лучей.

Приборы второй группы осуществляют измерение потоков, космических лучей и частиц высоких энергий как солнечного, так и галактического происхождения. Для этого используются спектрометры потоков протонов, альфа-частиц и тяжелых ядер в нескольких энергетических диапазонах.

В третью группу объединены приборы, предназначенные для регистрации характеристик солнечной плазмы на различных участках трассы полета станции и изучения переходной области между фронтом ударной волны и границей магнитосферы.

Приборы второй и третьей группы осуществляют комплексное наблюдение за корпускулярной составляющей излучения Солнца и за трансформацией солнечных корпускулярных потоков в пределах земной атмосферы. При этом проводится исследование зарядового и энергетического спектра космического излучения, энергетического спектра и углового распределения электронов и протонов, что позволяет выявить ряд существенных особенностей механизма солнечно-земных связей.

И, наконец, в четвертую группу включены все оставшиеся приборы, установленные на борту станции. Эти приборы осуществляют измерение интенсивности радиоизлучения в различных диапазонах, следят за изменением характеристик магнитного поля и ведут измерения поглощенных доз ионизирующих излучений.

Как видно из перечня бортовой аппаратуры, программа полета автоматических станций весьма насыщена.

Для обеспечения высококачественных научных измерений корпус станции «Прогноз» стабилизирован в пространстве, причем продольная ось спутника постоянно ориентирована на Солнце. Эту задачу выполняет система солнечной ориентации космических аппаратов, состоящая из системы оптических датчиков и газореактивной системы. Система солнечной ориентации осуществляет приведение продольной оси спутника в направлении на Солнце с последующей закруткой его вокруг своей оси. Такая гироскопическая стабилизация космического аппарата позволяет весьма длительное время продольной оси спутника удерживаться в заданном направлении, что существенно увеличивает срок активного существования автоматической станции. С другой стороны, постоянная ориентация спутника на Солнце позволяет осуществить непрерывное обеспечение станции электроэнергией.

В качестве генератора электрической энергии на борту станций используются четыре панели солнечных батарей, а в качестве буферной батареи применен химический источник тока. Как свидетельствуют данные телеметрической информации, система электропитания с успехом выполняет свои задачи, в достаточной степени обеспечивая бортовые системы спутников электроэнергией.

Для поддержания в герметическом контейнере заданного теплового режима, спутники серии «Прогноз» оборудованы активными и пассивными средствами терморегулирования.

Управление бортовыми системами объектов, измерение параметров орбиты и параметров движения и получения научной и служебной информации с борта станций обеспечивается бортовым радиотелеметрическим комплексом совместно с программно-временным устройством и с наземной аппаратурой.

Вследствие больших удалений станций от поверхности Земли на борту необходим сравнительно мощный передатчик. Но возможности бортовых источников тока не безграничны. Поэтому решено было сделать единый передающий тракт, а все системы, которые должны иметь на него выход, объединили в один комплекс. Такое совмещение позволило существенно облегчить радиоаппаратуру и повысить надежность передачи информации. Длительное же нахождение автоматических станций «Прогноз» в зонах радиовидимости наземных приемо-передающих станций способствует выбору более оптимальных режимов сеансов связи, а стало быть и режимов потребления электроэнергии.

В процессе полета автоматические станции «Прогноз» осуществляют непрерывное наблюдение за деятельностью Солнца и состоянием окружающей среды. При этом вся научная информация передается на Землю как в режиме «непосредственной

передачи» результатов наблюдений в реальном масштабе времени, так и предварительно записывается в запоминающем устройстве, а затем передается с борта в режиме «воспроизведения».

Указанные режимы работы телеметрической системы позволяют оперативно использовать результаты научных наблюдений при нахождении станций на различном удалении от Земли, своевременно «просматривать» любые высотные уровни газовой оболочки нашей планеты, а также собирают информацию об окружающей среде без каких-либо пропусков.

В настоящее время информация, полученная с автоматических станций «Прогноз», проходит стадию детальной обработки и анализа. О предварительных результатах уже сообщалось в печати. Данные, полученные учеными, подтверждают ряд уже известных закономерностей эволюции состояния верхней атмосферы и проявления механизма солнечно-земных связей и позволяют сделать ряд новых предположений.

По общему мнению специалистов, данный космический эксперимент является значительным качественным шагом вперед. Его научное значение трудно переоценить. Поэтому можно с уверенностью констатировать, что подобные автоматические станции в будущем несомненно будут вести постоянный контроль в космосе, оповещая наземные службы о поведении нашего светила и о состоянии верхних слоев атмосферы.

Б. ПЕТРОВ, академик

«СОЮЗ» И «АПОЛЛОН»: ПРОЕКТ СОВМЕСТНОГО ПОЛЕТА

Соглашение между правительствами СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, подписанное 24 мая 1972 года во время встречи на высшем уровне в Москве, предусматривает проведение в 1975 году совместного экспериментального полета советского и американского пилотируемых космических кораблей и их стыковку с взаимным переходом космонавтов.

Технические аспекты осуществления такого полета рассматривались во время предварительных переговоров представителей Академии наук СССР и Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА). В Центре пилотируемых полетов в Хьюстоне (США) состоялась встреча специалистов АН СССР и НАСА, на которой были всесторонне обсуждены технические и организационные вопросы, относящиеся к разработке совместимых средств сближения и стыковки советского космического корабля типа «Союз» и американского космического корабля типа «Аполлон», к подготовке и проведению их полета.

Во время этой встречи были согласованы основные технические требования ко всем системам, связанным с процессом сближения и стыковки, принципы построения совместимых стыковочных устройств, план разработки проекта и проведения полета.

Встреча проходила в деловой обстановке, позволившей обсудить многие трудные проблемы обеспечения этого сложного космического эксперимента и наметить приемлемые для обеих сторон решения. Некоторые вопросы подлежат обсуждению и согласованию во время последующих встреч рабочих групп советских и американских специалистов. Однако уже достигнутая договоренность открывает возможность дальнейшей разработки совместимых средств сближения и стыковки и подготовки совместного полета космических кораблей.

Каковы же задачи такого полета и в чем его особенности?

Оснащение пилотируемых космических кораблей и станций совместимыми средствами сближения и стыковки преследует гуманные цели повышения безопасности полетов человека в космос. Такие средства обеспечат возможность стыковки в случае необходимости любого космического корабля или орбитальной станции с любым другим находящимся поблизости кораблем, если он оборудован такими устройствами, какой бы стране они ни принадлежали.

Главной задачей экспериментального полета пилотируемых космических кораблей типа «Союз» и «Аполлон» является проверка принятых технических решений и испытание совместимых средств сближения и стыковки космических кораблей и их систем, обеспечивающих возможность взаимного перехода космонавтов из корабля в корабль. Создание совместимых средств не предусматривает разработки одинаковых конструкций. Каждая сторона будет конструировать и изготавливать их самостоятельно, но на основе общих принципов и согласованных требований.

Встающие здесь технические трудности связаны как с тем, что до сих пор каждая страна разрабатывала системы сближения и стыковки применительно к своим программам, так и с тем, что для будущего необходимо искать новые конструктивные принципы, пригодные для стыковки любых двух кораблей, нуждающихся в этом.

В итоге совместной работы советских и американских специалистов уже найдены такие принципы и намечены пути преодоления имеющихся сложностей, хотя предстоит еще многое сделать по реализации принятых технических решений.

Так, разработан принцип периферийной конструкции стыковочного устройства так называемого «андрогинного» типа. Он совершенно нов, еще не реализован ни в одной стране и позволит каждому из оборудованных им кораблей выполнять как активную, так и пассивную роль. Переход космонавтов из одного корабля в другой осуществляется при этом через внутренние люки без выхода в открытое космическое пространство.

Дело в том, что сейчас для проведения стыковки необходимо иметь две различные конструкции стыковочных устройств - активную и пассивную. Новая конструкция отличается от существующих главным образом тем, что вместо центрального штыря у активного стыковочного устройства и приемного конуса у пассивного каждое из них имеет расположенные по периферии направляющие «лепестки», стягивающие устройства и замки и расположенные в центральной части люки для перехода космонавтов.

Другое новшество - специальный стыковочный отсек, который является составной частью корабля «Аполлон» и на свободной торцевой стороне имеет стыковочный механизм, совместимый с соответствующим механизмом корабля «Союз». Этот отсек будет служить шлюзом для атмосферной адаптации при переходе космонавтов. Нужда в нем вызвана тем, что атмосфера корабля «Союз» состоит из обычного воздуха при давлении 760 мм рт. ст., а атмосфера в «Аполлоне» - из чистого кислорода при давлении

260 мм рт. ст. В будущем, вероятно, атмосфера всех космических кораблей будет близка к обычной земной, и тогда нужда в специальном шлюзовом отсеке отпадет, но для готовящегося полета он необходим.

Большое внимание уделяется также совместимости средств сближения кораблей, радиоустройствам для обеспечения связи между кораблями и наземными центрами управления, в том числе системами непосредственной передачи голосовых (радиотелефонных) сообщений одного экипажа другому в процессе сближения и стыковки. Согласовано, что летные экипажи должны быть обучены языку другой стороны, чтобы понимать голосовые сообщения и Предпринимать правильные ответные действия. Предусматриваются ознакомление космонавтов с космическим кораблем другой стороны, совместные тренировки экипажей, а также совместные испытания вновь разработанных для целей сближения и стыковки систем.

Согласована последовательность выполнения полета. Он намечен на вторую половину 1975 года. Первым будет стартовать космический корабль типа «Союз» с советского космодрома. Примерно через 7,5 часа в США будет запущен корабль типа «Аполлон». Существует возможность старта «Аполлона» и на вторые, и на третьи сутки после запуска «Союза». Около суток «Аполлон» будет совершать самостоятельный полет, а затем намечается осуществить сближение и стыковку космических кораблей. В состыкованном состоянии они образуют пилотируемую космическую систему, которая будет управляться и стабилизироваться как единое целое. Ее орбитальный полет продлится примерно двое суток. За это время намечается осуществить взаимные переходы космонавтов и провести научно-технические эксперименты. Будут вестись телевизионные передачи на Землю. Затем космонавты возвратятся в свои корабли и произведут расстыковку. Совершив полет по самостоятельной программе, они осуществят посадку - «Союз» на территории СССР, а «Аполлон» - в акватории Тихого океана.

Для подготовки намеченного полета обеим сторонам предстоит провести большую и напряженную работу, преодолеть немало трудностей.

Реализация этого совместного проекта явится крупным шагом вперед в развитии международного сотрудничества в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Нет сомнения, что сотрудничество в этой области технического прогресса позволит внести существенный вклад в освоение космического пространства в интересах науки, техники и всех народов.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ. СБОРНИК

Редактор *Р. Базурин*
Обложка *В. Пантелеева*
Худ. редактор *В. Конюхов*
Техн. редактор *Д. Красавина*
Корректор *В. Каночкина*

А 01887. Сдано в набор 2/Х 1972 г. Подписано к печати 22/ХІ 1972 г. Формат бумаги 60Х90 1/16. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3. Уч.-изд. л. 2,67. Тираж 48 230 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 2378. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Цена 9 коп