

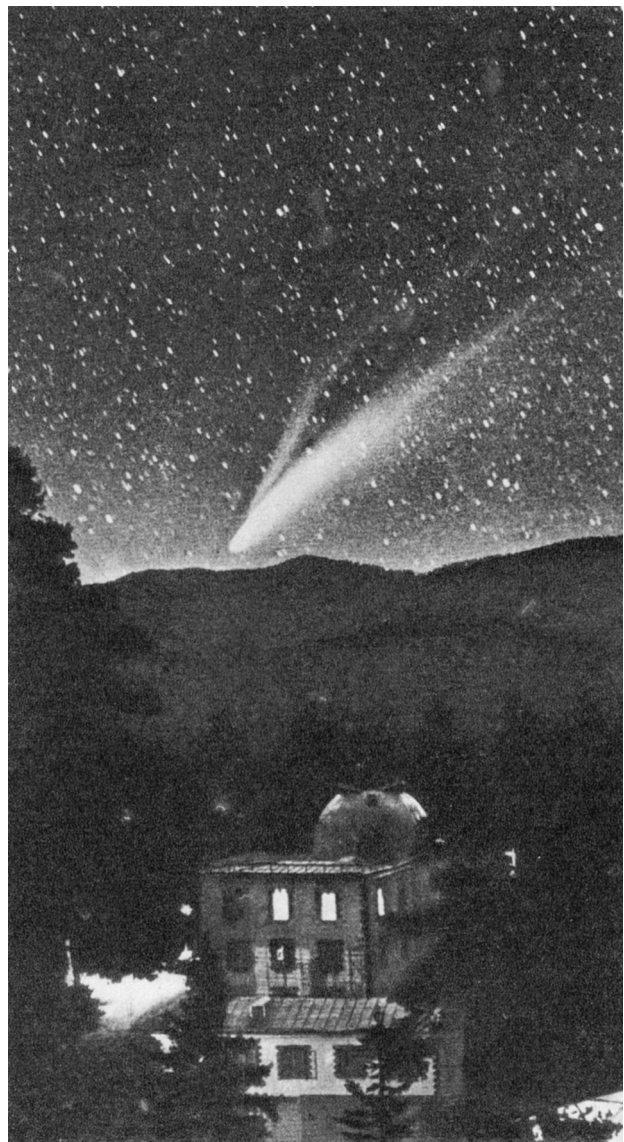
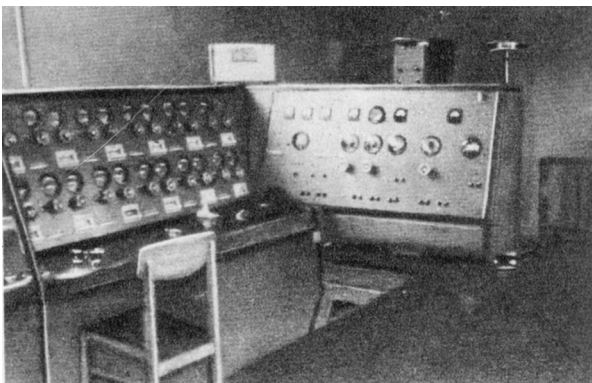
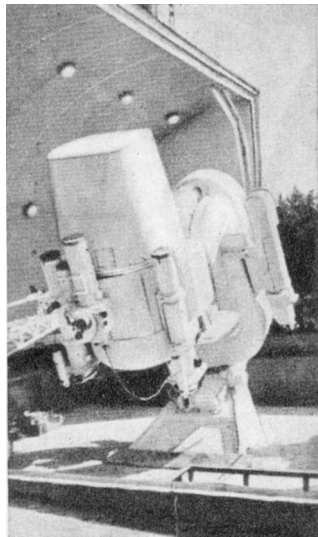
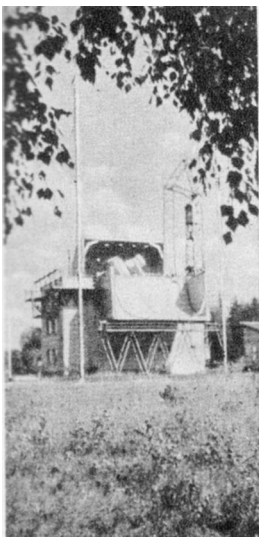
В 1971 г. вступила в строй высокоточная астрономическая установка (ВАУ) для наблюдения искусственных космических тел на Звенигородской экспериментальной станции Астрономического совета АН СССР.

Башня ВАУ с полностью раскрывающимся куполом, под которым смонтирована камера ВАУ.

Камера ВАУ, имеющая специальную трехосную монтировку для облегчения слежения за космическими телами с различными орбитами.

Пульт управления ВАУ.

Одна из наиболее ярких комет, открытых в последние годы (комета Беннетта), над Абастуманской астрофизической обсерваторией АН Грузинской ССР.



Был выработан список возможных конкретных направлений исследований. Среди них изучение нескольких сот избранных ближайших звезд и других объектов в интервале от видимой области до дециметрового диапазона на существующих астрономических инструментах, поиск сильных импульсных сигналов от мощных галактических источников, измерения в области субмиллиметрового диапазона для исследования его пригодности для сверхдальной космической связи. Особое внимание было уделено вопросам проектирования новых крупнейших радиоастрономических инструментов, которые не только бы позволяли осуществлять поиск цивилизации, но могли бы одновременно служить для получения важных данных и в других областях космических исследований. Предложено было также разработать систему постоянного контроля излучений всего неба, что могло бы послужить прообразом постоянной «Радиослужбы обнаружения цивилизаций».

Самый большой в мире телескоп

В ближайшие годы на Северном Кавказе войдет в строй самый большой в мире телескоп-рефлектор. Диаметр зеркала этого гиганта — 6 м (до сих пор самым большим был телескоп с диаметром зеркала 5 м, установленный в США). Телескоп монтируется под куполом специально выстроенной для него огромной башни (высота телескопа — 42 м) на высоте 2200 м над уровнем моря вблизи станции Зеленчукской. Телескоп обладает в основном благодаря своим размерам рядом особенностей. В частности, если практически все телескопы в мире имеют экваториальную монтировку, т. е.

одна из осей, вокруг которой движется телескоп, направлена в полюс мира (параллельна земной оси), а вторая — перпендикулярна ей, то для 6-метрового телескопа была избрана альтазимутальная монтировка (с вертикальной и горизонтальной осями вращения). Но, поскольку для слежения за звездами необходимо вращение по обеим осям с неравномерной скоростью, для этой цели используется специальная электронно-вычислительная машина, осуществляющая переход от экваториальной системы координат к горизонтальной и управляющая как движением телескопа, так и синхронным движением купола башни. Несмотря на то, что общий вес движущихся частей — 700 т, телескоп можно вращать от руки благодаря тому, что вертикальная ось покоится на гидравлическом масляном подшипнике. Подшипник имеет сферическую поверхность с центром в центре масс-телескопа. Толщина слоя масла — 0,05 мм.

Наиболее важная и сложная в изготовлении деталь — главное зеркало телескопа параболической формы. Для того чтобы иметь минимальные дефекты при изменении температуры, оно изготовлено из особого материала — пирекса. Вес его 42 т.

Телескоп оснащен специальным оборудованием для проведения фотометрических, фотографических, спектральных и других исследований.

Обширна программа научных исследований, которые предполагается проводить на большом телескопе. Естественно, что с его помощью астрономы предполагают изучать самые различные по своим характеристикам космические объекты: галактики, звезды и туманности, большие и малые планеты, спутники

Путешествие по Морю Дождей

Удивительное путешествие советского «Лунохода-1» по лунному Морю Дождей продолжалось почти год. Все это время приборы первой в мире передвижной лунной лаборатории передавали на Землю ценнейшую научную информацию, которая позволит ученым продвинуться вперед в понимании природы нашего естественного спутника, при решении важных космогонических проблем.

В предыдущем томе ежегодника рассказывалось о полете станции «Луна-17», конструкции «Лунохода-1» и экспериментах, выполненных в первые два лунных дня (лунный день, как известно, продолжается примерно 14 земных суток). Ниже — рассказ о продолжении путешествия, немного о приборах и результатах работы передвижной лаборатории.

На «Луноходе-1», помимо телевизионной аппаратуры, предназначенной для топографического изучения местности, было установлено 5 научных приборов.

Химический состав лунного грунта определялся прибором, получившим название РИФМА (рентгеновский изотопный флуоресцентный метод анализа). Функционирование прибора основано на следующем принципе. Специальный изотопный источник облучает исследуемый участок поверхности Луны рентгеновскими лучами, ионизируя атомы различных элементов, входящих в состав лунного грунта.

При этом возникает ответное рентгеновское излучение, энергия которого строго соответствует тому или иному химическому элементу. Регистрируя ответное излучение и измеряя его энергию, можно определить, какие элементы подвергались облучению и каково их содержание в грунте. Для регистрации ответных рентгеновских квантов использовались специально разработанные пропорциональные счетчики, снабженные так называемыми характеристическими фильтрами. Зная концентрацию элементов и особенно их сочетание в лунном грунте, нетрудно установить, какие именно типы горных пород имеются в том или ином месте поверхности Луны,

Прибор для исследования механических свойств лунного грунта — пенетрометр представляет собой штамп, выполненный в виде конуса с крестообразными лопастями. Под действием специального привода конусно-лопастной штамп вдавливался в грунт и затем поворачивался вокруг продольной оси. Усилия, действовавшие на конус в процессе его погружения в грунт и поворота, непрерывно регистрировались. Измерялась также глубина погружения конуса и угол поворота его лопастей. В результате получалась совокупность характеристик лунного грунта, в частности его сопротивление сжатию и сдвигу.

Физико-механические свойства лунного грунта изучались и другими методами. Во-первых, во время движения лунохода непрерывно ис-

**КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

следовался характер взаимодействия колес с грунтом. На самоходном шасси был установлен комплекс датчиков, которые позволяли измерять угол наклона поверхности, величину крутящего момента для каждого колеса, скорость его вращения, величину пробуксовывания. Во-вторых, исследовались также изображения следов колес лунохода на телевизионных панорамах. Анализируя глубину колеи, характер деформации грунта под колесами при прямолинейном движении и особенно при поворотах лунохода, специалисты определяли прочностные характеристики грунта и оценивали его структуру. Использование одновременно нескольких способов исследования позволило достаточно детально судить о свойствах лунного грунта по всей трассе движения лунохода

Радиометрическая аппаратура предназначалась для изучения космических лучей солнечного и галактического происхождения, контроля радиационной обстановки на траектории полета станции «Луна-17» и регистрации радиоактивности на поверхности Луны во время работы передвижной лаборатории. Аппаратура состояла из двух блоков: в одном, расположенном снаружи приборного отсека, находились газоразрядные счетчики и полупроводниковые детекторы заряженных частиц. Второй блок был смонтирован внутри приборочного отсека и включал газоразрядные счетчики и электронные схемы, преобразующие получаемую от детекторов информацию для передачи по телеметрическим каналам.

Для исследования рентгеновского излучения отдельных источников и диффузного «фона» космического пространства на «Луноходе-1» был установлен рентгеновский телескоп. Изучение рентгеновского излучения представляет исключительную ценность для астрофизики, поскольку, как показали исследования последних лет, в этом диапазоне электромагнитных волн сосредоточена огромная и очень важная информация как об отдельных небесных объектах — звездах, галактиках и т. п., так и о Вселенной в целом — об условиях ее возникновения и эволюции*.

Основные результаты подобных исследований получены главным образом с помощью ракетных экспериментов. Время нахождения аппаратуры за пределами атмосферы составляло при этом всего лишь две-три минуты в каждом случае, а общее время рентгено-астрономических наблюдений во всем мире, по-видимому, не превышало до последнего времени трех-четырёх часов. Поэтому настоящей задачей рентгеновской астрономии становятся длительные систематические внеатмосферные наблюдения. Луна — практически идеальное место размещения астрономических приборов. Прежде всего у Луны нет атмосферы, подобной земной. Затем медленное вращение Луны вокруг собственной оси позволяет очень точно навести приборы на изучаемый небесный объект и длительно удерживать его в поле зрения прибора. Таким путем можно исследовать очень слабые объекты, накапливая сигнал в течение больших интервалов времени. Становится доступным и очень точное определение координат изучаемых объектов на небесной

сфере. Наконец, на Луне нет радиационного пояса, который создает серьезные помехи при наблюдениях рентгеновского излучения на околоземных орбитах. Таким образом, доставку рентгеновского телескопа на Луну следует считать началом нового этапа в развитии внеатмосферной астрономии.

Основные элементы рентгеновского телескопа — два пропорциональных счетчика рентгеновских фотонов для области спектра 2—10 Å; перед счетчиками установлены коллиматоры, ограничивающие поле зрения каждого счетчика конусом с углом около 3°. Один счетчик — рабочий для регистрации рентгеновских квантов, другой — контрольный, нечувствительный к рентгеновскому излучению и позволяющий контролировать фон космической радиации (перед входным окном этого счетчика помещен фильтр, непрозрачный для исследуемой области рентгеновского излучения). Оси обоих счетчиков при горизонтальном расположении лунохода направлены в лунный зенит. При медленном вращении Луны вокруг своей оси (один оборот за 27,3 земных суток) поле зрения телескопа скользит по небесной сфере. Наблюдения рентгеновского излучения проводились во время стоянок лунохода; за 18—20 часов поле зрения поворачивалось на 9—10°.

Электрические импульсы от обоих счетчиков после усиления их специальными электронными устройствами поступали на счетные схемы, а затем в запоминающее устройство; во время сеансов связи накопленная информация считывалась и по телеметрическим каналам передавалась на Землю.

Пятый научный прибор, установленный на «Луноходе-1», — углоковый лазерный отражатель, разработанный и изготовленный во Франции. Об экспериментах по лазерной локации Луны рассказывалось в предыдущем томе ежегодника; отметим только, что использовалось два комплекта наземной лазерно-локационной аппаратуры. Один комплект был создан советскими учеными и инженерами и установлен на крупнейшем в Европе оптическом телескопе диаметром 2,6 м в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Другой комплект был разработан и изготовлен французскими учеными и инженерами и установлен на телескопе диаметром 1,05 м, расположенном в обсерватории Пик дю Миди в Пиренеях. В состав каждого комплекта входили: оптический передатчик на рубиновом лазере, фотоприемник с системой регистрации отраженного сигнала, измеритель времени распространения лазерного импульса до отражателя и обратно с точностью измерения порядка стомиллионной доли секунды и блок автоматики и управления.

Свое путешествие по Морю Дождей «Луноход-1» начал на внутреннем склоне кратерообразной котловины поперечником 150—200 м, на котором совершила посадку станция «Луна-17». В течение двух первых лунных дней аппарат двигался почти строго на юг, с небольшим отклонением траектории движения к востоку. В период третьего лунного дня он двигался в обратном направлении, имея задачей выйти к исходной точке своего маршрута — месту посадки станции «Луна-17». Эта сложная навигационная задача была успешно решена, и к концу третьего лунного дня, пройдя в общей сложности 3655 м, передвижная лаборатория достигла местонахождения посадочной ступени станции «Луна-17».

* См. статью В. Л. Гинзбурга и С. И. Сыроватского «Гамма- и рентгеновская астрономия» в ежегоднике «Наука и человечество. 1966». — Ред.

Запланированная трехмесячная программа работы «Лунохода-1» была полностью выполнена к 17 февраля 1971 г. В результате проведенных в этот период экспериментов было получено огромное количество научно-технической информации, обработка которой позволяла продвинуться вперед в понимании характера и особенностей топографии и морфологии лунной поверхности, физико-химических условий на Луне. Однако анализ состояния и работы бортовых систем показал, что передвижная лаборатория могла функционировать и дальше; с этой целью была составлена дополнительная программа работы «Лунохода-1».

После стоянки в период лунной ночи рядом с посадочной ступенью «Луноход-1» двинулся на север в направлении на мыс Гераклида, который виднелся на ранее полученных панорамах. В конце четвертого лунного дня аппарат вышел к трем смежным крупным кратерам, которые были подвергнуты детальным комплексным исследованиям в течение 5-го, 6-го и 7-го лунных дней. Результаты этих исследований представляют большой интерес для селенологии.

Условия передвижения при изучении системы трех кратеров были значительно более сложными, чем в первые три месяца работы аппарата. Многочисленные вторичные кратеры с диаметром от 5 до 30 м, россыпи камней с размерами до 3 м, сыпучий грунт на крутых склонах кратеров создавали значительные трудности для передвижения. При форсировании отдельных кратеров, когда топографическая ситуация не позволяла совершить обходные маневры, луноход преодолевал спуски и подъемы с углами наклона 25—30°.

Изучение системы кратеров началось с объезда полукилометрового кратера по северо-восточной части его кромки. Затем луноход спустился по склону большого кратера и выполнил стереоскопическую съемку его дна, склонов и внешних склонов двухсотметрового кратера. Аппарат пересек полукилометровый кратер по северному склону, вышел на его западную границу и далее углубился в зону выброса лунного грунта.

При движении лунохода выполнялась панорамная съемка склонов кратера и вторичных кратеров внутри него. В северо-западной части самого большого кратера был обнаружен очень свежий кратер диаметром 30 м; вал его сложен из камней размером 20—40 см, а их выбросы прослеживались на расстоянии до трех радиусов от кромки кратера. Исследование выбросов свежих кратеров представляет большой интерес для понимания ударно-взрывного механизма их образования.

Во второй половине пятого лунного дня проводилось детальное обследование нижних склонов большого кратера. Обработка телевизионной и телеметрической информации показала, что диаметр большого кратера равен 540 ± 20 м, меньшего кратера — 240 ± 10 м; склоны большого кратера имеют наибольший уклон 15°, меньшего кратера — 20°. Большой кратер имеет не ярко выраженный вал высотой 3—4 м, вал более молодого — двухсотметрового кратера выражен более отчетливо и имеет высоту 5—6 м.

В начале шестого лунного дня было завершено изучение двухсотметрового кратера, на валу которого аппарат провел предыдущую лунную ночь. Поднявшись из этого кратера,

луноход вышел на колею, проложенную им ранее в пятый лунный день, что позволило определить местоположение лунохода с высокой точностью. Еще более сложным был маршрут аппарата по склону третьего кратера системы, к которому он приблизился в середине шестого лунного дня. Этот кратер диаметром около 400 м, рыхлые склоны которого покрыты большими россыпями камней, очень заинтересовал селенологов. Маневрируя среди камней и вторичных кратеров, луноход вышел к месту, где угол склона достигал критической величины. После фотограмметрической обработки полученных до этого панорам и снимков был найден безопасный путь, и экипаж приступил к выводу лунохода из каменного лабиринта в межкратерное пространство.

В период седьмого лунного дня проводилось исследование межкратерной зоны, в частности, изучение в этой зоне микроструктуры лунной поверхности. В конце этого дня луноход был выведен в место совмещения валов трех смежных больших кратеров. Место совмещения валов имеет форму холма, возвышающегося над лунной поверхностью в районе работы лунохода на 10—15 м. Аппарат успешно преодолел подъем на плоскую вершину этой возвышенности и с вершины сделал стереоскопическую съемку кратеров и зоны их выбросов.

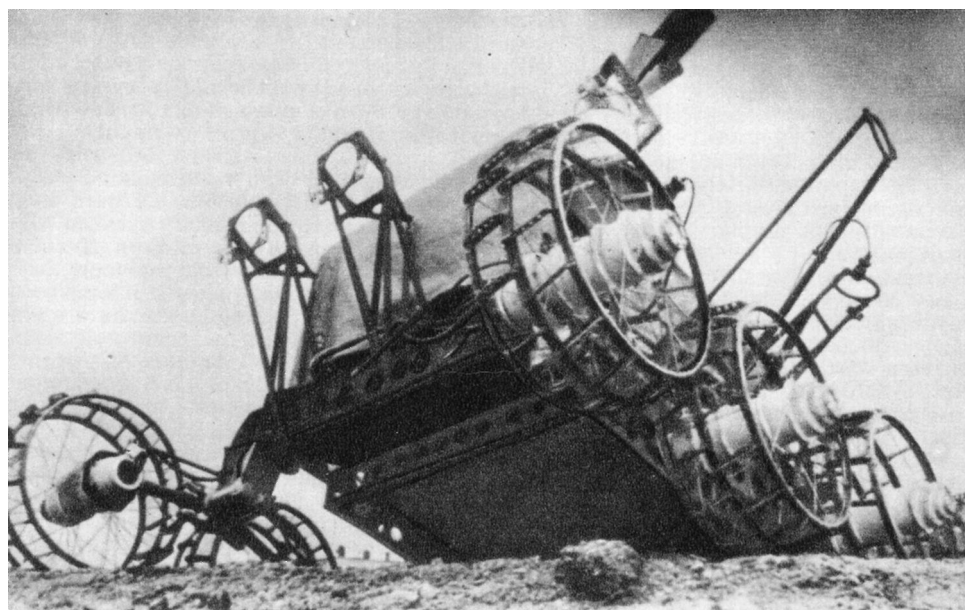
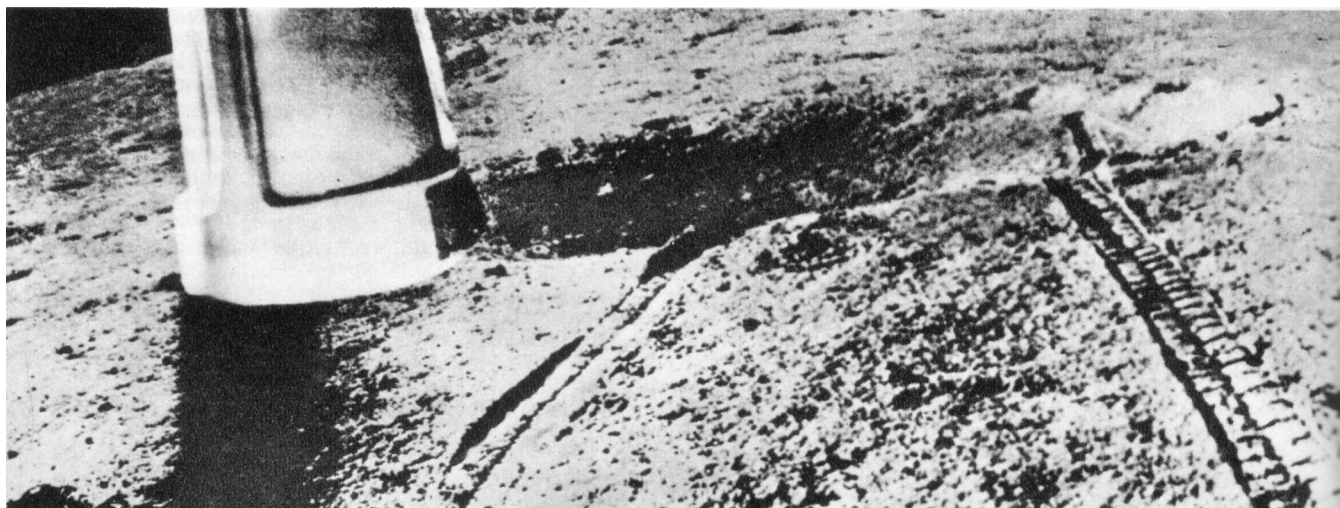
В период восьмого лунного дня перед самоходной лабораторией была поставлена задача выйти в новый район, представляющий интерес для изучения процесса формирования лунной поверхности. В поисках такого района «Луноход-1» прошел сначала в северо-западном, а затем в северо-восточном направлениях 1560 м. Трасса аппарата в это время пролегла по склону очень старого кратера диаметром около километра. К концу восьмого лунного дня аппарат вышел в район скопления относительно молодых кратеров, размеры которых достигали в диаметре 200 м. Изучению этого района была посвящена работа передвижной лаборатории в заключительных три лунных дня — 9-й, 10-й и 11-й.

Выполнение программы научных и научно-технических исследований с помощью первой в мире передвижной лунной лаборатории «Луноход-1» завершилось 4 октября 1971 г. Прекращение активного функционирования аппарата было вызвано выработкой ресурсов его изотопного источника тепла, что привело к понижению температуры внутри аппарата в течение 11-й лунной ночи с 15 по 30 сентября 1971 г. Успешная работа передвижной лаборатории, начавшаяся 17 ноября 1970 г., продолжалась десять с половиной месяцев. За этот период времени на поверхности Луны в условиях космического вакуума, радиации, значительных перепадов температуры и сложного рельефа местности по трассе движения все системы и научные приборы передвижной лаборатории функционировали нормально, обеспечив выполнение как основной, так и дополнительной программ научных исследований Луны.

При выполнении этих исследований и испытаний «Луноход-1» прошел расстояние 10540 м. Была обследована лунная поверхность на площади 80 тыс. м²; для этого с помощью телевизионных систем аппарата было получено более 200 панорам и свыше 20 тысяч снимков лунной поверхности. Более чем в 500 точках по трассе движения лунохода изучались физи-

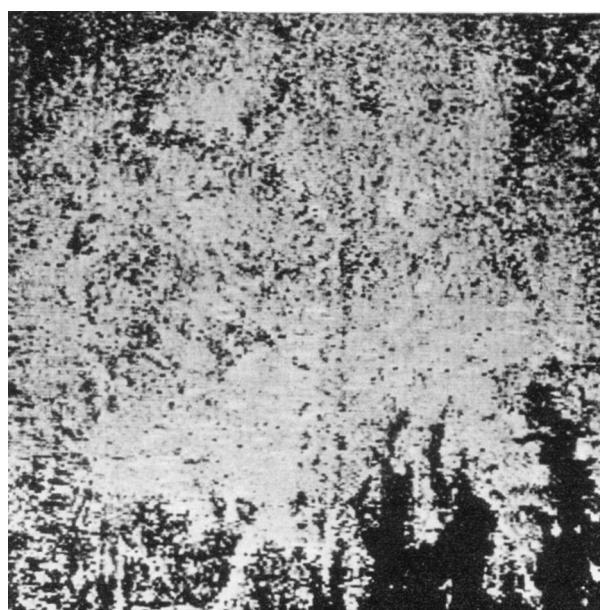
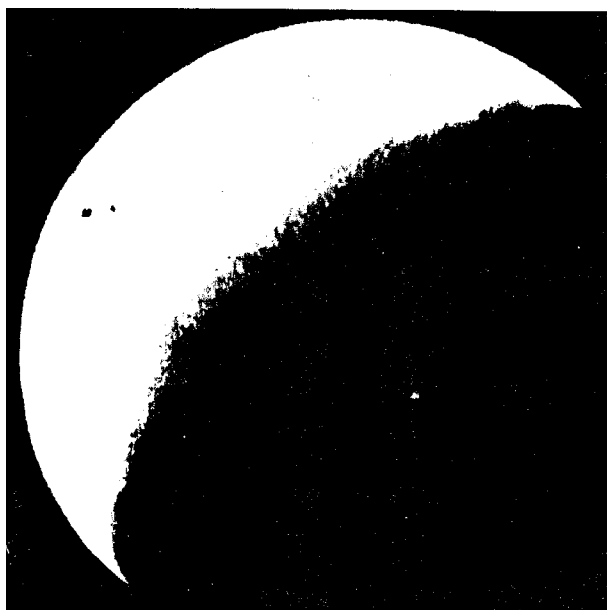
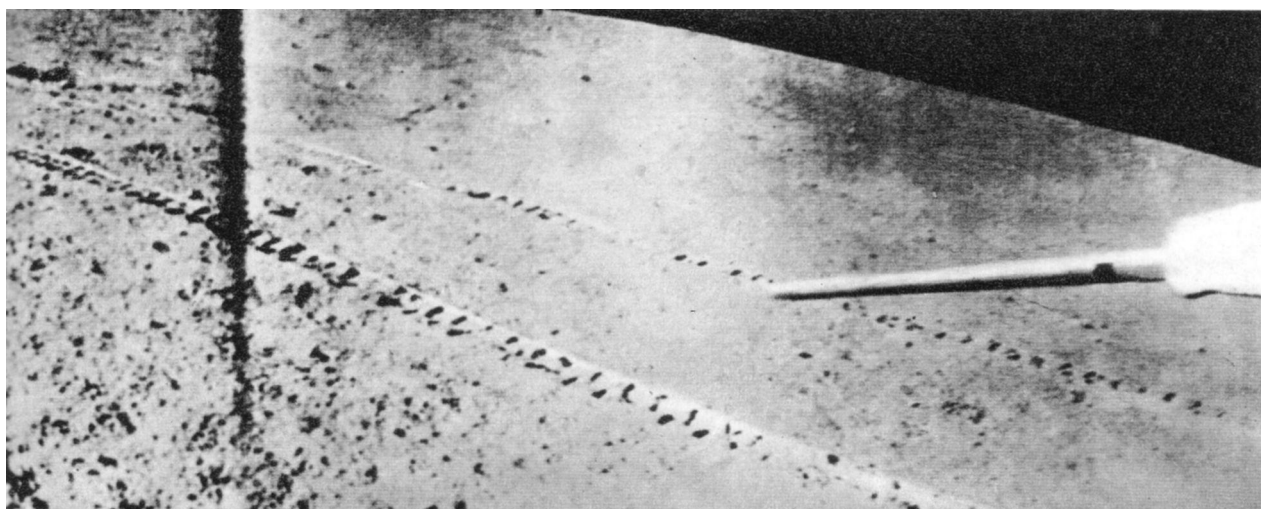
Фотография, сделанная с борта
«Лунохода-1».
В центре просматривается кратер
диаметром 5 м и глубиной 1 м. Видны
приборы «Лунохода-1»

Испытания «Лунохода-1»



Снимок планеты Марс, сделанный автоматической станцией «Марс-3» с расстояния 50 тыс. км

Горный район и предгорье в экваториальной области Марса, которые во время фотографирования автоматической станцией «Марс-3» были менее закрыты пылевой бурей. В вечернее время при низкой высоте Солнца отдельные участки поверхности покрыты глубокими тенями



ко-механические свойства поверхностного слоя грунта, а в 25 точках проведен анализ химического состава. Проводились длительные и планомерные измерения космического рентгеновского излучения и исследования радиационной обстановки на Луне.

С помощью «Лунохода-1» ученые исследовали характер и особенности поверхности типичного лунного «моря» — Моря Дождей. Анализ комплексной информации показывает, что по общей морфологии, характеру рыхлого поверхностного слоя и распространенности кратеров и камней обследованный район Моря Дождей близок к ранее изученным «морским» районам экваториальной зоны Луны. Это указывает на общность закономерностей формирования и эволюции лунной поверхности на значительном пространстве лунных «морей», а также на то, что процесс образования кратеров на поверхности Луны сильно растянут во времени и форма их меняется с возрастом — контуры их становятся более сглаженными, смягченными.

Результаты рентгеноспектрального анализа химического состава пород показали, что горные породы в районе исследований по составу близки к базальтам. Эти данные подтверждают концепцию интенсивного развития базальтового вулканизма на Луне в ранние этапы ее существования. Базальты широко распространены на Луне и Земле. Этот факт можно рассматривать как свидетельство универсальности процесса выплавления базальтовой магмы при дифференциации планетных тел земного типа.

Интересные данные были получены с помощью радиометрической аппаратуры. Радиометр неоднократно регистрировал значительное возрастание потоков протонов, электронов и альфа-частиц по сравнению с величинами фоновых потоков этих частиц в межпланетном пространстве.

Первая серия измерений была проведена, когда станция «Луна-17» находилась на траектории перелета к Луне. При сравнении с данными, полученными в тот же период аппаратурой станции «Венера-7», оказалось, что приборы «Луны-17» регистрировали солнечную вспышку, произошедшую 5—9 ноября 1970 г.

Интересным фактом явилось и то, что после посадки станции на поверхность Луны интенсивность галактических космических лучей уменьшилась примерно в 2 раза по сравнению с уровнем, регистрировавшимся во время полета. Это свидетельствует об экранировании радиометра от изотопного потока галактических космических лучей телом Луны и подтверждает выводы о низкой радиоактивности поверхностного слоя Луны, сделанные ранее в результате полетов станций серии «Луна».

Последующие данные, полученные радиометрической аппаратурой «Лунохода-1», хорошо согласуются с результатами одновременных измерений, выполнявшихся станциями «Венера-7», «Марс-2» и «Марс-3».

Полученная с помощью «Лунохода-1» уникальная по своему характеру и обширная по объему научная информация послужит дальнейшему расширению наших знаний о Луне, Солнце и космическом пространстве.

Первая долговременная орбитальная станция

19 апреля 1971 г. в Советском Союзе была запущена орбитальная научная станция «Салют». Ракета-носитель вывела станцию на

близкую к расчетной орбиту с начальными значениями параметров: высота в перигее 200 км, высота в апогее 222 км, наклонение 51,6°, период обращения 88,5 мин.

Орбитальная научная станция «Салют» состоит из трех основных отсеков: переходного, рабочего и агрегатного. Геометрическая форма станции цилиндрическая — три цилиндра различного диаметра (два соединены между собой конической частью). Цилиндры образуют герметизируемый объем орбитальной станции.

При переходе на борт станции космонавты сначала попадают в переходной отсек (цилиндр меньшего диаметра). В этом отсеке расположена часть научной астрофизической аппаратуры и несколько пультов управления. К корпусу переходного отсека крепятся две панели с солнечными элементами. Перегородка отделяет переходной отсек от рабочего цилиндра большего диаметра, в перегородке имеется люк, через который космонавты могут переходить из отсека в отсек.

На торцевой части корпуса рабочего отсека расположен негерметичный агрегатный отсек, в котором сконцентрировано оборудование, обеспечивающее управление движением станции, в частности корректирующая двигательная установка многофазового действия и баки с топливом. На корпусе агрегатного отсека размещены двигатели системы ориентации и стабилизации, с топливными баками и шаровыми баллонами для сжатого газа — рабочего тела исполнительных органов. На корпусе этого отсека также размещены две панели с солнечными элементами; вместе с такими же панелями на переходном отсеке они обеспечивают снабжение космического комплекса электроэнергией. В общую энергосеть была подключена энергия от панелей с солнечными элементами, установленных на корабле «Союз».

Корабль «Союз» выполняет функции транспортного средства, обеспечивающего доставку экипажа на борт станции и возвращение на Землю после выполнения программы экспериментов. В связи с этим некоторые системы и устройства корабля были модифицированы. В частности, была разработана новая конструкция стыковочного узла.

Общий объем станции около 100 куб. м, длина — около 20 м, вес орбитального комплекса свыше 25 т. Орбитальная научная станция «Салют» является аппаратом принципиально нового типа, способным решать широкий круг важнейших проблем науки, техники и народного хозяйства.

Спустя четверо суток после запуска станции «Салют», 23 апреля в 2 ч 54 мин по московскому времени был произведен старт ракеты-носителя с космическим кораблем «Союз-10», который в 3 ч 03 мин вышел на расчетную околоземную орбиту. На борту корабля «Союз-10» находился экипаж в составе В. А. Шаталова (командир корабля), А. С. Елисеева (бортинженер) и Н. Н. Рукавишника (инженер-испытатель).

После того как космонавты освоились с условиями невесомости, они приступили к выполнению намеченной программы полета, в которую входило: 1) проведение совместных экспериментов с орбитальной научной станцией «Салют», в частности, проверка принципов сближения и причаливания корабля к автоматической научной станции, отработка новых стыковочных узлов и комплекса радиотехни-