

## ПЛАНЕТНЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ XX ВЕКА

© 2002 г. В. И. Мороз<sup>1</sup>, В. Т. Хантресс<sup>2</sup>, И. Л. Шевалев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН, г. Москва

<sup>2</sup>Лаборатория геофизики Института Карнеги,

Вашингтон, округ Колумбия, США

<sup>3</sup>Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина, г. Химки

Поступила в редакцию 27.11.2001 г.

Развертывание исследований тел Солнечной системы при помощи космических аппаратов относится к числу самых впечатляющих итогов прошедшего столетия. В статье представлена краткая история планетных экспедиций, проведенных в XX веке. Пять таблиц содержат ключевую информацию о них: названия, даты, что было получено в случае успеха, что произошло при неудаче. Таблицы сопровождаются текстом, в котором комментируются основные вехи развития планетных программ. Показывается, как постепенно происходил переход от соревнования, обусловленного, в значительной мере, политическими мотивами, к глубокому научным исследованиям и международному сотрудничеству. Долгое время только США и СССР посылали космические аппараты к Луне и планетам. Позднее к ним присоединились Европа и Япония. Советский Союз вплоть до конца 80-х гг. вносил большой вклад в планетные исследования. Сейчас Российская федерация не может продолжать эту линию по экономическим причинам. Между тем в России имеется бесценный опыт, потерять который было бы неразумно. Возможное решение вопроса могло бы быть найдено на основе сотрудничества между космическими агентствами России и других стран.

### ВВЕДЕНИЕ

Пионеры космонавтики – Циолковский, Годдард, Оберт, Цандер – верили, что прокладывают человечеству путь за пределы Земли, к другим телам Солнечной системы. Они работали в первой половине XX столетия. А во второй его половине их мечты сбылись. Люди побывали на Луне. Космические аппараты летали ко всем большим планетам, кроме Плутона, начались полеты к малым телам.

Задача нашей статьи – подвести в краткой форме итоги этой деятельности за минувшее столетие. Ее основой являются пять таблиц, в которых перечислены в хронологическом порядке все запуски космических аппаратов до декабря 2000 г. Каждой экспедиции посвящено несколько строк, достаточных, чтобы обозначить ее основные цели и результаты. Литературные ссылки есть, но не являются исчерпывающими. Несколько слов о том, как родилась эта статья. Один из авторов (Хантресс) предложил главную идею: представить в едином формате таблицы, в которых перечислены все планетные экспедиции независимо от государственной принадлежности и степени реализации (успех или неудача); он же составил исходный вариант этих таблиц. Двое других (Мороз и Шевалев) внесли дополнения и исправления в части советских и российских проектов. Такие таблицы никогда ранее не публиковались, и мы думаем, что они будут полезны многим – профессионалам, студентам, популяризаторам науки.

Даже опытные люди стали путаться, когда заходит речь о том, что, где и когда было сделано в исследованиях Солнечной системы космическими средствами.

Напомним их главные научные цели:

- Происхождение и эволюция Солнечной системы в целом.
- Происхождение и эволюция Земли – с использованием подхода, который называется сравнительной планетологией.
- Эволюция климата и атмосфер планет земной группы.
- Поиск жизни на других телах Солнечной системы.

Полеты космических аппаратов позволили значительно продвинуться к достижению этих целей. Их научное значение огромно, однако само по себе оно было бы недостаточно для тех вложений, которые были сделаны. Помогли иные факторы – военно-технические и политические.

### ЛУНА

В тридцатых годах небольшие группы энтузиастов ракетной техники работали в СССР, США, Германии и других странах. Прогресс был медленным, ресурсы копеечными. В те времена никакие правительства не дали бы денег для мирного изучения и освоения космоса. Получить их можно было только для возможных военных

применений. Вначале это произошло в Германии во время второй мировой войны. А когда война закончилась, уже СССР и США развернули широко работы по ракетной технике, выделяя на них огромные средства. Конечной целью было создание межконтинентальных баллистических ракет (МБР), способных доставить ядерные заряды в любую точку земного шара.

От МБР всего один шаг оставался до искусственного спутника Земли и полетов к другим телам солнечной системы. Создатели ракетной техники в обеих странах изначально стремились к этому и сделали его без промедления. Запуски первых советских лунников использовались одновременно для отработки ракеты Р7, которая стала базовой и для МБР, и для многих мирных проектов.

Переплетение военной и мирной космической техники привело к тому, что в СССР полеты к Луне и планетам готовились в обстановке секретности. Работами руководил Главный конструктор С.П. Королев (1907–1966), его имя было известно многим специалистам, но широкая публика узнала о нем только из некролога. Лишь недавно участники событий того времени получили возможность о ней рассказать в печати [1–5].

В США атмосфера была иной [6]. Мирный и военный космос очень быстро разделились. Работы по изучению и освоению космического пространства в научных целях проводились открыто, хотя военно-технические организации на первых порах и принимали в них участие (см. табл. 1 – первые попытки полетов к Луне). Американским “аналогом” С.П. Королева был Вернер фон Браун (1912–1977). В отличие от Сергея Павловича его не прятали от народа. С 50-х годов он завоевал американскую публику мечтами о ракетных полетах, лунных станциях, путешествиях на Марс, обращаясь к ней в прессе и по телевидению. Под его руководством была построена ракета, которая вывела на орбиту первый американский спутник, а позднее гигантский носитель Сатурн-5, доставивший американских астронавтов на Луну. С самого начала развертывания американской космической программы он сконцентрировался на пилотируемых полетах, и его справедливо считают Главным конструктором проекта “Аполлон”.

Те годы и многие последующие были эпохой соревнования между СССР и США за превосходство в космосе. Первый искусственный спутник Земли был запущен в СССР 4.X.1957 г. Первый полет человека в космос также был осуществлен в СССР. Эти события вызвали в США большой общественный резонанс. Работы были активизированы, приняты необходимые решения, и через некоторое время (1961) президентом Кеннеди была намечена цель национального масштаба:

американские астронавты первыми должны быть на Луне. Это была политическая задача, но в ходе ее выполнения были получены важные технические и научные результаты. В СССР аналогичную программу осуществить не удалось, изучение Луны проводилось только при помощи автоматов. Об этой поистине драматической “лунной гонке” подробно рассказали Черток [4] и Сиддики [7].

Проследим при помощи табл. 1, как развивались события. Не прошло и года после первого спутника, как в обеих странах делаются попытки запустить КА к Луне. Обе неудачны, носители разрушились после запуска. В том же 1958 г. три КА типа Пионер выходят на траекторию к Луне, но прекращают работу, не долетев до цели. Еще два крушения в Байконуре с разрушением носителя. Однако причина найдена и исправлена. В январе 1959 *Луна-1* совершает первый пролет вблизи Луны, в сентябре *Луна-2* первое в истории “прилунение”, в октябре *Луна-3* фотографирует обратную сторону Луны.

Между тем первая полностью успешная американская экспедиция к Луне (Рейнджер-7) была осуществлена на целых 5 лет позднее.

Не надо удивляться большому количеству неудачных запусков – и американских и советских – в эти первые годы. Шла отработка новой техники. По истечении некоторого времени пропорция неудачных запусков стала заметно изменяться, в США это происходило быстрее. Там переместили центр тяжести при отработке КА с летных испытаний на наземные.

В США большую роль сыграло создание НАСА (1958) и нескольких крупных космических центров, подчиненных этой организации. НАСА отвечает за научную и техническую стратегию космических исследований, через НАСА идет их правительственное финансирование. Среди космических центров НАСА были выделены два, несущих основную ответственность за проекты по исследованию тел Солнечной системы: Хьюстонский центр (Луна) и Лаборатория реактивного движения – JPL (планеты).

Организации, эквивалентной НАСА, в СССР не было. Стратегия номинально определялась МНТС – Междудементственным Научно-Техническим Советом, которым руководил М.В. Келдыш (1911–1978), но была еще более высокая инстанция – Военно-промышленная комиссия (ВПК) при ЦК КПСС. На самом деле воля и личная позиция генеральных конструкторов имели максимальное значение при определении планов, особенно в первые годы. Координацию на техническом уровне осуществляло Министерство Общего Машиностроения (МОМ), через него шло финансирование – почти неограниченное по советским масштабам.

Таблица 1. Космические экспедиции к Луне

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Пионер 0</b>	ИСЛ	США	17.VIII.1958	<i>Тор-Эйбл</i>
Совместный проект АРПА и ВВС <sup>(1)</sup> . На КА были ТВ-камера, магнитометр и детектор микрометеоритов. Носитель взорвался на 77 с.				
<b>[Луна] E-1 № 1</b>	КА для попадания в Луну	СССР	23.IX.1958	<i>Восток-Е</i>
Первый космический аппарат для исследования тел солнечной системы, созданный ОКБ-1 <sup>(2)</sup> . Неудачный запуск: разрушение пакета на конечном участке полета первой ступени. На КА был вымпел с гербом СССР. Научные приборы-ионные ловушки, магнитометр, датчики космических лучей и микрометеоритов. [3].				
<b>Пионер 1</b>	КА для пролета	США	11.X.1958	<i>Тор-Эйбл</i>
АРПА и ВВС <sup>(1)</sup> . Научная аппаратура дополнена ионизационной камерой Ван Аллена. Преждевременное включение 2-й ступени из-за ошибки управления. КА достиг расстояния 115000 км и затем упал на Землю. Были получены данные о радиационных поясах Земли.				
<b>[Луна] E-1 № 2</b>	КА для попадания	СССР	12.X.1958	<i>Восток-Е</i>
Разрушение 1-й ступени в полете. На КА были научные приборы и вымпел с гербом СССР [3].				
<b>Пионер 2</b>	КА для пролета	США	8.XI.1958	<i>Тор-Эйбл</i>
АРПА и ВВС <sup>(1)</sup> . Научная аппаратура дополнена пропорциональным счетчиком. Отказ зажигания 3-ей ступени. КА достиг высоты 1550 км и затем упал на Землю. Научных данных не получено.				
<b>[Луна] E-1 № 3</b>	КА для попадания	СССР	4.XII.1958	<i>Восток-Е</i>
Преждевременное выключение главного двигателя первой ступени на 4 мин. На КА были научные приборы и вымпел с гербом СССР [3].				
<b>Пионер 3</b>	КА для пролета	США	6.XII.1958	<i>Джуно-2</i>
АРПА и ВС <sup>(1)</sup> . На КА были 2 счетчика Гейгера-Мюллера, ТВ-камеры не было. Преждевременное выключение 1-й ступени. КА достиг высоты 107500 км и затем упал на Землю. Получены данные о радиационных поясах Земли.				
<b>Луна-1/E-1 № 4/</b>	КА для попадания	СССР	2.I.1959	<i>Восток-Е (8K72)</i>
КА прошел вблизи Луны на высоте 5965 км 4.I.1959. На КА были ионные ловушки, магнитометр, приборы для измерения потоков космических лучей и микрометеоритов, вымпел с гербом СССР. Впервые достигнута вторая космическая скорость, совершен первый пролет вблизи Луны, КА стал первой искусственной планетой. Выпустил по пути облако натрия, наблюдавшееся с Земли ("искусственная комета"). Впервые проведены прямые измерения солнечного ветра [3].				
<b>Пионер 4</b>	КА для пролета	США	3.III.1959	<i>Джуно-2</i>
АРПА и ВС <sup>(1)</sup> . Почти идентичен Пионеру 3. Не достигнута расчетная скорость вывода на орбиту. Прошел на расстоянии от Луны 60000 км, стал искусственной планетой. Связь поддерживалась до расстояния 650000 км.				
<b>[Луна] E-1A No. 5</b>	КА для попадания	СССР	18.VI.1959	<i>Восток-Е</i>
Разрушение 1-й ступени на 3-й минуте полета из-за отказа системы ориентации. На КА были научные приборы и вымпел с гербом СССР [3].				
<b>Луна-2</b>	КА для попадания	СССР	12.IX.1959	<i>Восток-Е</i>
Первый КА попавший на Луну, на другое тело Солнечной системы. "Прилунение" совершено 14.IX. в 23.02.23 UT в области Palus Putredinis. На КА были научные приборы – ионные ловушки, магнитометр, датчики космических лучей и микрометеоритов и вымпел СССР. Было установлено, что у Луны нет магнитного поля [3].				
<b>Атлас-Эйбл 4</b>	КА для создания ИСЛ	США	24.IX.1959	<i>Атлас-Эйбл</i>
Первый лунный проект НАСА, выполнен в кооперации с ВВС. <sup>(3)</sup> КА класса Пионер. Взорвался на пусковой установке.				
<b>Луна-3/E-2/</b>	КА для облета Луны	СССР	4.X.1959	<i>Восток-Е</i>
"Автоматическая межпланетная станция." Первый КА, облетевший Луну и передавший на Землю изображения ее обратной стороны. Сфотографировано около 70% поверхности обратной стороны Луны, передано 17 изображений. Вошел в земную атмосферу 29.IV.1960 [3, 32, 33].				
<b>[Пионер] P-3</b>	ИСЛ	США	26.XI.1959	<i>Атлас-Эйбл</i>
Миссия НАСА класса "Пионер". Обтекатель сорвался на 45 с. и разрушил КА.				
<b>[Луна] E-3 № 1</b>	КА для облета Луны	СССР	15.IV.1960	<i>Восток-Е</i>
Отказ 3-й ступени. Планировалась съемка обратной стороны Луны [3, 4].				

Таблица 1. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
[Луна] E-3 № 2	КА для облета Луны	СССР	19.IV.1960	Восток-Е
Разрушение 1-й ступени через 10 с после старта. Планировалась съемка обратной стороны Луны [3, 4].				
[Пионер] P-30	ИСЛ	США	25.IX.1960	Атлас-Эйбл
Миссия НАСА класса "Пионер". Отказ 2-й ступени.				
[Пионер] Атлас-Эйбл (P-31)	ИСЛ	США	15.XII.1960	Атлас-Эйбл
Миссия НАСА класса "Пионер". НАСА. Ракета взорвалась на 70 с.				
Рейнджер-1	Пролетный КА	США	23.VIII.1961	Атлас-Агена Б
Первая миссия части I проекта "Рейнджер". КА этой группы предназначались для исследований межпланетного пространства в полетах вокруг Луны на высоко эллиптической орбите; задач по исследованию самой Луны не ставилось. Отказ зажигания верхней ступени Агены. Вошел в земную атмосферу 30.VIII.1961 [34].				
Рейнджер-2	Пролетный КА	США	18.XI.1961	Атлас-Агена Б
Остался на околоземной орбите из-за отказа верхней ступени Агены. Вошел в земную атмосферу 19.XI.1961 [34].				
Рейнджер-3	КА для жесткой посадки	США	26.I.1962	Атлас-Агена Б
Первая миссия части II проекта "Рейнджер". КА этой группы предназначались для фотографирования поверхности Луны в процессе сближения и сейсмометрии. Из-за избыточной скорости прошел мимо Луны на расстоянии 37745 км (28.I.1962), изображения не получены из-за отказа бортового компьютера [34].				
Рейнджер-4	КА для жесткой посадки	США	23.IV.1962	Атлас-Агена Б
Отказ бортового компьютера и программного устройства на околоземной орбите. Разбился на обратной стороне Луны 26.IV.1962 [34].				
Рейнджер-5	КА для жесткой посадки	США	18.X.1962	Атлас-Агена Б
Отказ двигателя и системы управления на окололунной орбите. Прошел около Луны на высоте 724 км 21.X. [34].				
[Луна] E-6 № 2	КА для мягкой посадки	СССР	4.I.1963	Молния
4-я ступень (блок Л) осталась на промежуточной орбите. Авария из-за отказа системы управления. В США зарегистрирована как Спутник-33 [4].				
[Луна] E-6 № 3	КА для мягкой посадки	СССР	3.II.1963	Молния
4-я ступень не вышла на промежуточную орбиту. Ошибка по углу тангажа после 105.5 с в системе контроля траектории [4].				
Луна-4	КА для мягкой посадки	СССР	2.IV.1963	Молния
Отказ системы астронавигации. КА пролетел на расстоянии 8500 км от поверхности Луны 5.IV [4].				
Рейнджер-6	КА для жесткой посадки	США	30.I.1964	Атлас-Агена Б
Первый из группы III миссий "Рейнджер". Совершил посадку в Море Спокойствия. Сам КА работал без замечаний, но ТВ-камера отказала.				
[Луна] E-6 № 6	КА для мягкой посадки	СССР	21.III.1964	Молния
Отказ двигателя 3-й ступени носителя. КА не вышел на промежуточную орбиту [4].				
[Луна] E-6 № 5	КА для мягкой посадки	СССР	20.IV.1964	Молния
Не подано питание с 3-ей ступени на 4-ю. КА не вышел на промежуточную орбиту [4].				
Рейнджер-7	КА для жесткой посадки	США	28.VII.1964	Атлас-Агена Б
Первая полностью успешная американская миссия к Луне. КА передал 4316 изображений поверхности Луны, полученных в процессе сближения. Посадка совершена 31.VI. в Море Облаков (11°Ю, 21°З) [34].				
Рейнджер-8	КА для жесткой посадки	США	17.II.1965	Атлас-Агена Б
КА передал 7137 изображений поверхности Луны, полученных в Море Спокойствия 20.II [34].				
[Луна] Космос-60	КА для мягкой посадки	СССР	12.III.1965	Молния
Отказ системы управления 4-ей ступени. КА остался на промежуточной орбите [4].				
Рейнджер-9	КА для жесткой посадки	США	21.III.1965	Атлас-Агена Б
КА передал 5814 изображений поверхности Луны, полученных в кратере Альфонс 24.III [34].				
[Луна] E-6 № 8	КА для мягкой посадки	СССР	10.IV.1965	Молния
Отказ 3-ей ступени носителя [4].				

Таблица 1. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Луна-5</b> КА выведен на траекторию к Луне. Большие ошибки в системах астронавигации и управления из-за неправильного теплового режима. Нештатная работа тормозных ракет. КА разбился в Море Облаков 12.V.1965 [4].	КА для мягкой посадки	СССР	9.V.1965	<i>Молния</i>
<b>Луна-6</b> КА выведен на траекторию к Луне. В результате ошибки при астрокоррекции КА прошел на расстоянии от Луны 160935 км (11.VI.65) [4].	КА для мягкой посадки	СССР	8.VI.1965	<i>Молния</i>
<b>Зонд-3</b> Испытания марсианского КА в полете к Луне с фотографированием ее обратной стороны. 20.VII.1965 прошел около Луны на расстоянии 9219 км. Получено 25 ее снимков. КА потерян через 7.5 месяцев полета [4].	Пролетный КА	СССР	18.VII.1965	<i>Молния</i>
<b>Луна-7</b> Запуск планировался на 4.IX, был отложен, и ракету сняли с пусковой установки для ремонта системы управления. КА выведен на траекторию к Луне. Авария в системе ориентации, происшедшая перед посадкой, привела к преждевременному выключению двигателя, и КА разбился в районе кратера Кеплер 7.X.1965 [4].	КА для мягкой посадки	СССР	4.X.1965	<i>Молния</i>
<b>Луна-8</b> Авария у поверхности в системе торможения. Совершил жесткую посадку в океане Бурь около кратера Галилей 8.XII.1965 [4].	КА для мягкой посадки	СССР	3.XII.1965	<i>Молния</i>
<b>Луна-9</b> Первая успешная мягкая посадка на Луну, передана панорама ее поверхности. Первый КА, совершивший мягкую посадку на другое тело Солнечной системы. "Прилунился" 3.II.18.44.54 UT в Океане Бурь (7.08°С; 295.63°В). Первый лунный проект, осуществленный НПОЛ <sup>(4)</sup> [35].	Мягкая посадка	СССР	31.I.1966	<i>Молния</i>
<b>[Луна] Космос-111</b> Аварийная попытка запуска ИСЛ. КА остался на околоземной орбите.	ИСЛ	СССР	1.III.1966	<i>Молния</i>
<b>Луна-10</b> КА для мягкой посадки модифицирован для работы в качестве ИСЛ. Первый в мире ИСЛ, первый КА ставший искусственным спутником другого тела Солнечной системы. Орбита 350 × 1000 км, наклонение 71.9°В течение 56 дней измерял гамма-излучение поверхности, магнитное и гравитационное поля.	Искусственный спутник Луны(ИСЛ)	СССР	31.III.1966	<i>Молния</i>
<b>Сервейор-1</b> Первая американская мягкая посадка на Луну, передано 11237 фотографий поверхности. Прилунение в океане Бурь (2.45°Ю; 316.79°В).	Мягкая посадка	США	30.V.1966	<i>Атлас-Центавр</i>
<b>Лунар Орбитер-1</b> Первый американский ИСЛ, вышел на орбиту 14.VIII. Исследовал 9 возможных мест посадки для экспедиций Аполлон. Упал на обратную сторону Луны 29.X.1966.	ИСЛ	США	10.VIII.1966	<i>Атлас-Агена Д</i>
<b>Луна-11/Е6/</b> Повторная экспедиция, аналогичная Луне-10. 28 августа КА вышел на орбиту 159 × 1192 км. Полезные изображения не были получены из-за нарушений ориентации. Выключен 1.X через 38 дней после старта.	ИСЛ	СССР	24.VIII.1966	<i>Молния</i>
<b>Сервейор-2</b> Отказ одного из трех верньерных двигателей. 22.IX. КА разбился в ЮЗ части кратера Коперник.	КА для мягкой посадки	США	20.IX.1966	<i>Атлас-Центавр</i>
<b>Луна-12</b> КА модернизирован для фотографирования Луны с орбиты и плазменных исследований. Выведен на орбиту 25.X. Передал изображения Моря Дождей и кратера Аристарх. На нем были испытаны электродвигатели для лунохода. Проработал 85 дней.	ИСЛ	СССР	22.X.1966	<i>Молния</i>
<b>Лунар Орбитер-2</b> Вышел на орбиту 9.XI. Исследовал возможные места посадки для экспедиций "Аполлон". КА передал 422 снимка, в том числе фотографии места прилунения Рейнджера-8 и его остатков. Получил команду на сход с орбиты и упал на обратную сторону Луны 11.X.1976.	ИСЛ	США	6.XI.1966	<i>Атлас-Агена Д</i>
<b>Луна-13</b> Вторая мягкая посадка советского КА на Луну – с более совершенной НА. Посадка совершена 24.XII в 18.01.00 UT в Океане Бурь (18.87°С; 297.95°В), переданы панорамы и результаты измерений плотности и радиоактивности, полученные при помощи выносных плотномеров.	Мягкая посадка	СССР	21.XII.1966	<i>Молния</i>
<b>Лунар Орбитер-3</b> КА вышел на орбиту 8.II.67. Исследовались возможные места посадки для экспедиций Аполлон. Передано 307 снимков, в том числе фотографию Сервейора 1. Получил команду на сход с орбиты и упал на обратную сторону Луны 11.X.1967.	ИСЛ	США	5.II.1967	<i>Атлас-Агена Д</i>

Таблица 1. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Сервейор-3</b>	Мягкая посадка	США	17.IV.1967	<i>Атлас-Центавр</i>
Вернерские двигатели своевременно не выключились, и КА дважды подпрыгнул при ударе о поверхность Луны. КА совершил посадку 20.IV в 00.04.53 UT в 370 км от кратера Коперник в Океане Бурь. Передал 6315 изображений, в том числе Земли во время лунного затмения.				
<b>Лунар Орбитер-4</b>	ИСЛ	США	4.V.1967	<i>Атлас-Агента Д</i>
КА вышел на орбиту 8 мая. Исследовались возможные места посадки для "Аполло". Передано 326 снимков, в том числе фотографии южного полюса Луны. Получил команду на сход с орбиты и упал на обратную сторону Луны 6.X.1967.				
<b>[Луна] Космос 159</b>	КА для создания ИСЛ	СССР	17.V.1967	<i>Молния</i>
КА идентичен "Луна-14". Вторая модификация ИСЛ для точных измерений гравитационного поля и испытаний системы связи для планировавшихся тогда пилотируемых полетов. Данная экспедиция предназначалась для проверки навигационных операций на высокой околоземной орбите, однако апогей получился ниже, чем было задано из-за преждевременного выключения 4-й ступени.				
<b>Сервейор-4</b>	КА для мягкой посадки	США	14.VII.1967	<i>Атлас-Центавр</i>
Связь потеряна за 2.5 мин перед посадкой в Среднем Заливе. Возможно, произошел взрыв в тормозной двигательной установке.				
<b>Лунар Орбитер-5</b>	ИСЛ	США	1.VIII.1967	<i>Атлас-Агента Д</i>
КА вышел на полярную орбиту 5 августа. Покрытие поверхности Луны фотосъемкой доведено до 99% Передано 212 снимков (в том числе 5 фотографий потенциальных мест посадки для экспедиций "Аполлон") и данные по микрометеоритам. Упал на обратную сторону Луны 31.I.1968.				
<b>Сервейор-5</b>	Мягкая посадка	США	8.IX.1967	<i>Атлас-Центавр</i>
КА совершил посадку 10.IX 01.01.06 UT в Море Спокойствия (1.4° С; 23.18° В), в 25 км от будущего места посадки КА Аполлон-11. Проведен первый прямой анализ элементного состава (альфа-рассеяние). Получены 19000 изображений, а также данные о радарной отражательной способности и тепловых свойствах поверхности.				
<b>[Зонд] 7К-Л1 № 4Л</b>	Полет вокруг Луны/возврат	СССР	27.IX.1967	<i>Протон-Д</i>
Непилотируемый испытательный полет лунного КК <i>Союз</i> . Отказ зажигания в одном из 4 двигателей [5].				
<b>Сервейор-6</b>	Мягкая посадка	США	7.XI.1967	<i>Атлас-Центавр</i>
КА совершил посадку 10.XI 01.01.06 UT в Sinus Medii (0.46°С; 358.63°В). 17.XI. при помощи двигателей совершил прыжок на 3 м вверх и 2.4 м в сторону, что позволило получить стереоскопические изображения. Переданы 30065 снимков.				
<b>[Зонд] 7К-Л1 № 5</b>	Полет вокруг Луны/возврат	СССР	22.XI.1967	<i>Протон-Д</i>
Непилотируемый испытательный полет лунного КК <i>Союз</i> . Отказ зажигания в одном из 4 двигателей [5].				
<b>Сервейор-7</b>	Мягкая посадка	США	7.I.1968	<i>Атлас-Центавр</i>
КА совершил посадку в 30 км к северу от кратера Тихо. (41.0°Ю; 348.59°В) на поле, покрытое выброшенным из него материалом. Прорыта траншея, проведен элементный анализ состава. Переданы 21274 снимков.				
<b>[Луна] Е-6</b>	КА для создания ИСЛ	СССР	7.II.1968	<i>Молния</i>
Аналог Луны-14. Преждевременное выключение 3-й ступени на 524 с, утечка горючего.				
<b>[Зонд-4] 7К-Л1 № 6Л</b>	КА для создания ИСЛ	СССР	2.III.1968	<i>Молния</i>
Непилотируемый испытательный полет. Отказ нескольких систем. КА разрушился при возвращении на Землю [5].				
<b>Луна-14/Е-6/</b>	ИСЛ	СССР	7.IV.1968	<i>Молния</i>
КА вышел на окололунную орбиту 10.IV.1968. Проводилось исследование гравитационного поля Луны, солнечного ветра, космических лучей, либрационных движений Луны, испытания дальней космической связи, электро-двигателей для лунохода. Два аналогичных КА пытались запустить ранее, но неудачно.				
<b>[Зонд] 7К-Л1 № 7Л</b>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	22.IV.1968	<i>Протон-Д</i>
Непилотируемый испытательный полет. Выключение 2-й ступени из-за ошибочной команды от программного устройства. Запланированный на 14.VII.1968 пуск 7К-Л1 № 8Л не состоялся из-за взрыва кислородного бака 4-й ступени на стартовой позиции [5].				
<b>Зонд-5</b>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	14.IX.1968	<i>Протон-Д</i>
Первый успешный облет Луны с возвратом на Землю. Непилотируемый испытательный полет лунного КК <i>Союз</i> . Получены фотографии Земли. Успешно возвращен биологический контейнер (в т.ч. черепахи). Приводился в Индийском океане [5].				

Таблица 1. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Зонд-6</b>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	10.XI.1968	<i>Протон-Д</i>
Непилотируемый испытательный полет лунного КК Союз. Получены фотографии обратной стороны Луны. Во время полета произошла разгерметизация, а при посадке отказали системы ее обеспечения. Разбился при посадке на территории СССР 17.XI [5].				
<b>Аполлон-8</b>	Пилотируемый ИСЛ	США	21.XII.1968	<i>Сатурн-5</i>
Первый пилотируемый полет к Луне. Вышел на орбиту 24.XII. После 10 оборотов вокруг Луны перешел на траекторию полета к Земле. Вернулся на Землю 27.XII [6].				
[Зонд] <b>7К-Л1 № 13Л</b>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	20.I.1969	<i>Протон-Д</i>
Непилотируемый испытательный полет. Отказ 2-й ступени [5].				
[Луна] <b>Е-8 № 201</b>	КА с луноходом	СССР	19.II.1969	<i>Протон-Д</i>
Аварийная попытка запуска КА с луноходом. Разрушение РН на 51 с, взрыв из-за отказа сброса обтекателя.				
[Зонд] <b>7К-Л1С № 3С</b>	Вывод ИСЛ/возврат	СССР	21.II.1969	<i>Н1-Л3</i>
Непилотируемый испытательный полет на новом носителе – Н1. КА модифицирован для вывода на лунную орбиту. Первые испытания носителя Н1. Аварийное выключение двигателей на 70 с [5].				
<b>Аполлон-10</b>	Пилотируемый ИСЛ	США	18.V.1969	<i>Сатурн-5</i>
Пилотируемый полет к Луне. Вышел на орбиту 22.V. Прошел на высоте 14.9 км над поверхностью Луны. Проведены испытания посадочного лунного модуля на орбите. КА вернулся на Землю 26.V.				
[Луна] <b>Е8-5 № 402</b>	КА для доставки лунного вещества на Землю	СССР	14.VI.1969	<i>Протон-Д</i>
Первая, аварийная попытка запуска КА для доставки лунного вещества на Землю. Причина аварии – отказ системы управления РБ Д.				
[Зонд] <b>7К-Л1С № 5Л</b>	Вывод ИСЛ/возврат	СССР	3.VII.1969	<i>Н1-Л3 [5]</i>
Непилотируемый испытательный полет на новом носителе – Н1. КА модифицирован для вывода на лунную орбиту. Вторые испытания Н1. Взрыв носителя [5].				
<b>Луна 15</b>	КА для доставки лунного вещества на Землю	СССР	13.VII.1969	<i>Протон-Д</i>
Попытка доставить образцы лунного вещества на Землю до экспедиции Аполлон-11. КА вышел на орбиту ИСЛ 17.VII, начал маневр для посадки 21.VII и разбился в Море Кризисов, 800 км восточнее места посадки КА <i>Аполлон-11</i> .				
<b>Аполлон-11</b>	Высадка астронавтов на Луну	США	16.VII.1969	<i>Сатурн-5</i>
Впервые человек на Луне. КА вышел на орбиту ИСЛ 19.VII. Астронавты высадились на поверхность Луны в Море Спокойствия (00.69°С, 23.43°В) 20 июля. Они установили научные приборы, собрали 21.7 кг образцов лунного вещества, вернулись на орбитальный модуль и 24.VII прибыли на Землю [6, 36].				
<b>Зонд-7</b>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	7.VIII.1969	<i>Протон-Д</i>
Успешный непилотируемый испытательный полет лунного КК Союз. Доставил на Землю цветные фотографии Земли и обратной стороны Луны, успешно вернул биологический контейнер [5].				
[Луна] <b>Космос 300</b>	КА для доставки лунного вещества	СССР	23.IX.1969	<i>Протон-Д</i>
Аварийный пуск. Причина аварии – отказ системы обеспечения запуска двигателя РБ “Д”.				
[Луна] <b>Космос-305</b>	КА для доставки лунного вещества	СССР	22.X.1969	<i>Протон-Д</i>
Аварийный пуск. Причина аварии – отказ системы стабилизации РБ Д.				
<b>Аполлон-12</b>	Высадка астронавтов на Луну	США	14.XI.1969	<i>Сатурн-5</i>
Точная посадка, 03.20°С; 23.38°З, в 156 м от <i>Сервейора-3</i> . Развернут научный комплекс Apollo Lunar Surface Experiment Package (ALSEP), аналогичные комплексы размещались на поверхности Луны при всех последующих ее посещениях. 34.4 кг лунного вещества и также части КА <i>Сервейор-3</i> доставлены на Землю 24.XI.				
[Луна] <b>Е8-5 № 405</b>	КА для доставки лунного вещества	СССР	6.II.1970	<i>Протон-Д</i>
Аварийный пуск. Причина аварии – преждевременное выключение двигателя 2-й ступени на 127 с и разрушение КА.				
<b>Аполлон-13</b>	Попытка высадки астронавтов на Луну	США	11.IV.1970	<i>Сатурн-5</i>
НАСА. Взрыв во вспомогательном модуле. Экспедиция прервана, астронавты вернулись на Землю 17.IV, используя лунный модуль как спасательное средство.				

Таблица 1. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<i>Луна 16</i>	Доставка лунного вещества на Землю	СССР	12.IX.1970	<i>Протон-Д</i>
Первая доставка образцов вещества другого небесного тела на Землю при помощи автоматических средств. КА совершил посадку 20.IX в Море Изобилия (00.68°Ю 56.3°В). Была развернута автоматическая буровая установка, произведен забор образцов, и 105 г. лунного грунта были доставлены на Землю 24.IX [37].				
<i>Зонд-8</i>	Облет Луны с возвратом на Землю	СССР	20.X.1970	<i>Протон-Д</i>
Успешный непилотируемый испытательный полет лунного КК Союз. Приводился в Индийском океане 27.X. Получены цветные фотографии Земли и обратной стороны Луны [5].				
<i>Луна 17</i>	<i>Луноход-1</i>	СССР	10.XI.1970	<i>Протон-Д</i>
КА совершил посадку 17.XI в Море Дождей (38.28°С, 325.00°В). Был выведен на поверхность первый самоходный исследовательский планетный аппарат. <i>Луноход-1</i> курсировал по поверхности около 300 земных сут. (11 лунных), прошел 10.5 км, передал на Землю 20000 снимков, проводил анализ состава грунта и исследования его механических свойств. Им управлял с Земли сменный экипаж из 5 человек [38].				
<i>Аполлон-14</i>	Высадка астронавтов на Луну	США	31.I.1971	<i>Сатурн-5</i>
Посадка совершена 5.II в области Фра Мауро (3.40°Ю; 325.00°В), вернулись на Землю 9.II.1971, доставив 42.9 кг лунного вещества.				
<i>Аполлон-15</i>	Высадка астронавтов с луноходом	США	26.VII.1971	<i>Сатурн-5</i>
Посадка совершена 30.VII в области Hadley-Apennines (26.6°С; 3.39°В). Первый пилотируемый луноход. Собрано 76.8 кг лунного вещества. 4.VIII с орбитального аппарата запущен суб-спутник. Возвращение на Землю 7.VIII.				
<i>Луна 18</i>	КА для доставки лунного вещества	СССР	2.IX.1971	<i>Протон-Д</i>
Попытка совершить посадку (3.5°С, 56.5°В) через 54 витка 11.IX. Связь прервана непосредственно перед касанием.				
<i>Луна 19</i>	ИСЛ	СССР	28.IX.1971	<i>Протон-Д</i>
Картографическая съемка Луны. КА совершил 4000 витков в течение года. Было исследовано гравитационное поле Луны, и на Землю были переданы фотоснимки.				
<i>Луна 20</i>	Доставка лунного вещества на Землю	СССР	14.II.1972	<i>Протон-Д</i>
КА совершил посадку 21.II (19:19:00 UT) в Море Изобилия (3.57°С, 56.5°В.) на расстоянии 1.8 км от места, где разбилась <i>Луна-18</i> . Передал с поверхности Луны ее изображения и доставил на Землю 55 г лунного грунта 25.II.				
<i>Аполлон-16</i>	Высадка астронавтов с луноходом	США	16.IV.1972	<i>Сатурн-5</i>
Посадка совершена 20.IV в области Декарт (9.00°С, 15.31°В). Пилотируемый луноход. Собрано 94.74 кг лунного вещества. 19 апреля с орбитального аппарата запущен суб-спутник. Возвращение на Землю 27.IV.1972.				
[Зонд] <i>7К-ЛОК № 6А</i>	Вывод ИСЛ/возврат	СССР	23.XI.1972	<i>Н1-Л3</i>
Непилотируемый испытательный полет <i>Союз Л3</i> . Четвертый и последний испытательный полет <i>Н1</i> . Взрыв носителя на 107 с. Третьи испытания проводились 28.VI.1971 с макетом КА, носитель разрушился на 48 с [5].				
<i>Аполлон-17</i>	Высадка астронавтов с луноходом	США	7.XII.1972	<i>Сатурн-5</i>
Последняя экспедиция программы "Аполлон". Посадка совершена 11.XII в области Таврус-Литтров. (20.10°С, 30.46°В). Впервые в составе экипажа на поверхности Луны работал астронавт-ученый. Пилотируемый луноход прошел 30.5 км за 75 часов. Возвращение на Землю 19.XII.				
<i>Луна 21</i>	<i>Луноход-2</i>	СССР	8.I.1973	<i>Протон-Д</i>
КА совершил посадку 15.I (23.35.00 UT) в Море Ясности (25.51°С; 30.38°В). На поверхность был выведен <i>Луноход-2</i> с усовершенствованным приборным оборудованием. Он проработал около 150 земных (5 лунных) сут.				
<i>Луна 22</i>	ИСЛ	СССР	29.I.1974	<i>Протон-Д</i>
КА выведен на орбиту 2.VI. Картографическая съемка Луны, топографическая съемка при помощи высотомера, измерения химического состава при помощи гамма-спектрометра.				
<i>Луна 23</i>	КА для доставки лунного вещества	СССР	28.X.1974	<i>Протон-Д</i>
КА совершил посадку в Море Кризисов. При посадке было повреждено устройство для забора образцов грунта. В течение последующих 3-х суток не удалось осуществить старт возвратной ракеты.				
[Луна] <i>Е8-5</i>	КА для доставки лунного вещества	СССР	16.X.1975	<i>Протон-Д</i>
Аварийный пуск. КА не вышел на околоземную орбиту. Причина аварии – отказ РБ Д.				



Таблица 1. Окончание

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<i>Луна 24</i>	Доставка лунного вещества на Землю	СССР	9.VIII.1976	Протон-Д
КА был выведен на окололунную орбиту 14.VIII и совершил посадку в Море Кризисов (12.25°С, 62.2°В.). Забор образца грунта был проведен в увеличенном количестве (170.1 г.) и осуществлен с бурением на глубину около 2 м. В анализе доставленного материала принимали участие ученые других стран.				
<i>Галилео</i>	Пролет	США	18.X.1989	<i>Шаттл-IUS</i>
Прошел дважды через систему Земля/Луна по пути к Юпитеру. Передал изображения обратной стороны Луны 20.XII.1990 и полярной области 8.XII.1992.				
<i>Хайтен</i>	Пролет/ИСЛ	Япония	24.I.1990	<i>MS-32</i>
ИСАС. КА прошел около Луны и вывел на орбиту ИСЛ <i>Халгормо</i> . Связь с <i>Халгормо</i> не удалось установить.				
<i>Клементайн</i>	ИСЛ	США	25.I.1994	<i>Титан-2</i>
Совместный проект Мин.обороны США/НАСА для испытаний новой техники. Первоначально назывался "Deep Space Probe Technology Science Experiment". Выведен на орбиту 19.II. Имел 4 камеры (УФ/Виз и ИК) с разрешением 125–250 м/пиксель для глобальной съемки и минералогического картирования и другие приборы для дистанционных исследований, в т.ч. лазерный альтиметр для реконструкции топографии Луны. КА покинул орбиту 3.V для встречи с околоземным астероидом Географос, однако 7.V прекратил работу из-за ошибки в программе, которая привела к потере горючего для двигателей ориентации [39].				
<i>Кассини</i>	Пролет	США	15.X.1997	<i>Титан 4Б</i>
Прошел через систему Земля/Луна 17.VIII.1999 по пути к Юпитеру и Сатурну. Передал изображения Луны, полученные, в основном, для калибровки аппаратуры.				
<i>Лунар Проспектор</i>	ИСЛ	США	7.I.1998	<i>Титан-2</i>
НАСА. Выведен на полярную орбиту 11.I. Глобальные дистанционные исследования – геология, топография, минералогия. Найден связанный водород в полярных областях, предположительно свидетельствующий о присутствии там захороненного льда. КА покинул орбиту 31.VII.1999 и упал на поверхность в специально выбранное место – затененный кратер вблизи Южного полюса. Предполагалось, что с Земли можно будет наблюдать выброс водяного пара при его падении, однако его не было видно [40].				

Примечания:

(<sup>1</sup>) АРПА(ARPA) – Агентство перспективных проектов вооруженных сил США (Advanced Research Project Agency), действовало под этим названием в 50–60 гг. ВВС – военно-воздушные силы США (Air Force), ВС – сухопутные силы (Army).

(<sup>2</sup>) ОКБ-1 – Особое Конструкторское Бюро № 1, основанное Главным Конструктором С.П.Королевым (1907–1966), и работавшее под его руководством. ОКБ-1 было головной организацией, ответственной за разработку, изготовление, и испытания (включая управление в полете) всех космических аппаратов Луна, Венера и Марс до 1966 г. и всех космических аппаратов Зонд. Структура и название этой организации изменялись [1], сейчас она называется РКК (Ракетно-космическая корпорация) "Энергия".

(<sup>3</sup>) Все последующие экспедиции к Луне (кроме Клементайн, 1994) выполнялись под полной ответственностью НАСА.

(<sup>4</sup>) НПОЛ – Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина – головная организация, ответственная за разработку, изготовление, и испытания (включая управление в полете) всех космических аппаратов Луна, Венера и Марс, начиная с 1966 г. Первые из этих проектов – до 1971 – были выполнены под руководством Главного Конструктора Г.Н. Бабакина (1914–1971). До 1974 г эта организация имела другое название (см. текст).

Научные эксперименты на планетных КА в США ставились, главным образом, лабораториями космических центров и университетов, а в СССР академическими институтами, среди которых лидировал вначале Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕО-ХИ), а позднее, начиная с 70-х гг., стал играть большую роль Институт космических исследований (ИКИ).

До 1965 г. ведущей промышленной организацией по автоматическим лунным и планетным аппаратам было возглавляемое С.П. Королевым Особое конструкторское бюро № 1 – ОКБ-1. Там велось проектирование космических аппаратов,

их сборка, испытания и т.д. – вплоть до управления в полете. Одновременно, ОКБ-1 вело обширную программу по пилотируемым космическим кораблям. Совмещать это становилось все труднее, и в 1965 г. С. П. Королев передал все работы по лунным и планетным проектам в другую организацию: КБ и завод им. С.А. Лавочкина. Главным конструктором КБ был тогда Г.Н. Бабакин (1914–1971). За ОКБ-1 остались, однако, работы, связанные с подготовкой неудавшейся пилотируемой экспедиции к Луне (космический корабль Зонд и носитель Н-1).

Позднее (1974) КБ и завод были переименованы в Научно-производственное объединение им.

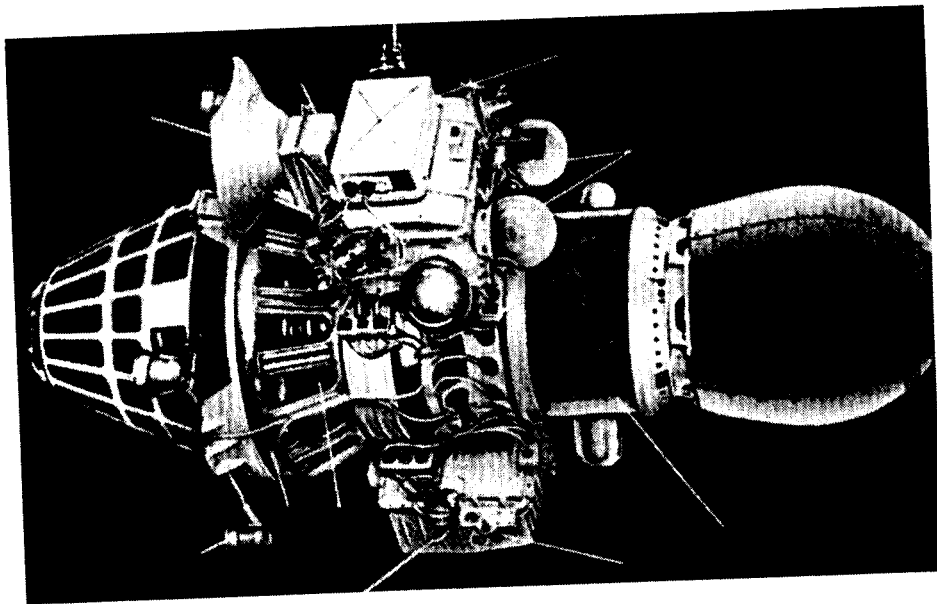


Рис. 1. *Луна-9* – первый КА, совершивший мягкую посадку на другое тело Солнечной системы (3.II.1966 г.).

С.А. Лавочкина, сокращенно НПОЛ. Ниже мы будем (условно) использовать это обозначение для всех периодов его истории. Путь НПОЛ к Луне начался с двух успешных экспедиций 1966 г.: *Луна-9* – первая в истории мягкая посадка (рис. 1) – и *Луна-10* – первый искусственный спутник Луны. Техническая документация на КА *Луна-9* была разработана, в основном, в ОКБ-1, так что этот успех был плодом совместного труда. Позднее НПОЛ готовил лунные экспедиции уже самостоятельно. Блестяще были решены две сложные

задачи: автоматическая доставка на Землю образца лунного грунта (*Луна-16*, рис. 2) и создание движущегося аппарата – *Луноход-1* (*Луна-17*), то и другое в 1970 г. В НПОЛ хранились традиции и культура производства высококачественной авиационной продукции, и это, возможно, был один из факторов, обеспечивших успех. История НПОЛ подробно описана в книге [8].

С научной и технической точки зрения *Луна-16* и *Луна-17* были проектами высочайшего класса. Такие миссии и сейчас, в начале XXI века было бы не стыдно осуществить. Но с точки зрения пропаганды и политики они не имели большого значения, так как американские астронавты уже высадились на поверхность Луны (*Аполлон-11*). Поразительно, что НАСА потребовалось всего несколько лет, чтобы пройти труднейший путь от первой жесткой посадки на Луну до высадки на нее астронавтов. Насколько силен был политический ажиотаж вокруг “лунной гонки” свидетельствует тот факт, что за 4 дня до старта КА *Аполлон-11* в СССР была запущена *Луна-15* с задачей взять образец лунного грунта раньше американцев. Сделать это не удалось.

Программа “Аполлон” с шестью успешными посещениями Луны завершилась в 1972 г. На рис. 3 показан один из ее ярких эпизодов: лунный модуль *Аполлон-11* сел рядом с автоматом *Сервейор-3*, пролежавшим там более 2 лет. Всего астронавты привезли на Землю 381 кг лунного вещества. После завершения программы “Аполлон” в США полеты к Луне прекратились. В СССР были проведены еще три успешные экспедиции лунных автоматов – две по доставке вещества, в том числе с глубины 2 м, третья с *Лунодом-2*.

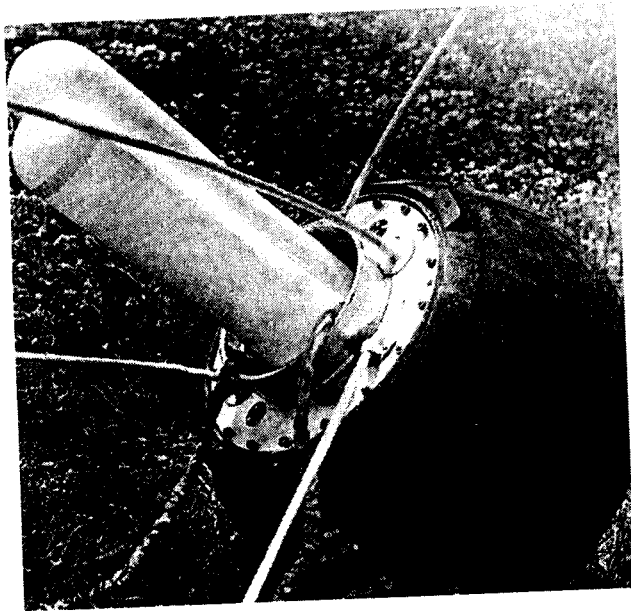


Рис. 2. Первая автоматическая доставка лунного вещества на Землю. *Луна-16* совершила операцию забора вещества 20.IX.1970 г.

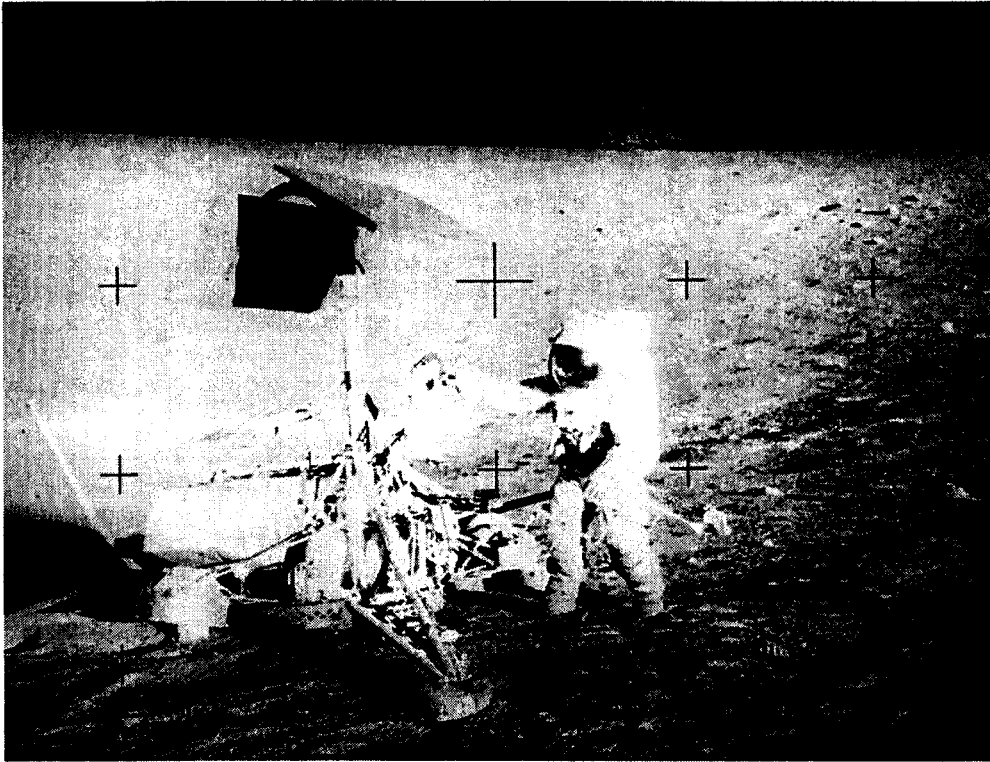


Рис. 3. Посадочный модуль КК *Аполлон-12* (виден на заднем плане), совершивший 19.XI.1969 г. посадку в 156 м от КА *Сервейор-3*. Около *Сервейор-3* астронавт Конрад.

НАСА тоже посылала к Луне автоматические аппараты, хотя и с более скромными задачами: “импакторы” типа Рейнджер, ИСЛ Лунар орбитер, посадочные аппараты Сервейор (см. табл. 1). Американские ИСЛ собрали материал для глобальной карты Луны с высоким разрешением, которая служит ученым уже более 30 лет.

Предварительные итоги научных исследований Луны при помощи космических аппаратов, проведенных в ту эпоху, были представлены на Советско-американской конференции в Москве [9]. Одно из важных заключений состоит в том, что Луна имеет толстую кору, вещество которой прошло через стадию расплавления. Это наводит на мысль о том, что не только Луна, но также Земля и другие планеты земной группы прошли через стадию океана магмы. Абсолютные возрасты древнейших ударных кратеров составляют около 4 млрд. лет – меньше, чем возраст древнейшего метеоритного вещества. Следовательно, эти кратеры не являются следами аккреционной бомбардировки, они появились позднее.

Последний вывод означает, что данные о самом процессе аккреции не были получены, и вопрос о происхождении Луны остался не решенным. Одна из возможностей состоит в том, что вещество Луны было выброшено из Земли в результате мега-импакта – столкновения с другим

крупным телом. Нужны были дальнейшие исследования, но полеты к Луне прекратились до конца столетия, когда были запущены два небольших американских спутника – Клементайн (1994) и Лунар Проспектор (1998).

Идут разговоры о лунных базах, использовании лунных ресурсов и т.д., но к таким проектам не приступали, и неизвестно, когда это произойдет. Причина понятна: стоимость их будет большой, а достаточно сильной политической мотивации (как это было во времена “лунной гонки”) не ожидается.

## ВЕНЕРА И МЕРКУРИЙ

Венера – сестра Земли. Они близки по размерам, массе, количеству тепла, получаемому от Солнца. Еще в середине 50-х считалось, что поверхность Венеры, скрытая непроницаемым облачным слоем, должна быть похожа на земную, и, возможно, покрыта океаном, полностью или частично. На первых советских космических аппаратах Венера ставили датчик фазового состояния – простой прибор, похожий на плотницкий уровень, который должен был показать, сел КА на твердую поверхность или покачивается на морских волнах. Однако в последнем варианте многие уже тогда сомневались. Дело в том, что в



Рис. 4. Спускаемый аппарат АМС *Венера-4*. Вошел в атмосферу Венеры 18.X.1967 г. Впервые космический аппарат провел измерения в атмосфере другой планеты.

1956 г. было открыто сильное радиоизлучение Венеры – с яркостной температурой  $T_B$  около 600 К на волнах 3 и 10 см. Независимость  $T_B$  от длины волны означает, что это излучение тепловое. Было выдвинуто две основных гипотезы о природе его источника: (1) излучает горячая поверхность планеты, (2) излучает горячая ионосфера. Радиолокация Венеры показывала, что первый вариант более вероятен. Еще одно косвенное свидетельство в его пользу дали измерения радиоизлучения Венеры с борта КА *Маринер-2* в 1962 г. (см. табл.2). Это была первая удачная планетная экспедиция.

В СССР запуски космических аппаратов к Венере начались с 1961 г. Один из них – *Венера-1* вышел на траекторию полета к планете, но связь была потеряна. Всего в период с февраля 1961 по ноябрь 1965 г. ОКБ-1 было осуществлено 11 запусков, но все с отрицательным результатом: либо авария при выводе, либо КА остался на низкой околоземной орбите, либо авария на пути к планете.

Удача пришла в 1967 г.: спускаемый аппарат (СА) *Венера-4* (рис. 4) отделился от перелетного модуля, на второй космической скорости вошел в атмосферу планеты, затормозился, раскрыл парашют и провел измерения атмосферных параметров на высотах 55–25 км. Температура атмосферы на высоте 25 км составила 535 К, это означало, что поверхность еще горячее [10]. *Венера-4* была первым космическим аппаратом, который провел измерения на другой планете.

По этой схеме орбитальный аппарат (перелетный модуль), от которого отделяется СА, входит в атмосферу и сгорает. Разделение производится за несколько суток до входа. Передача информации, получаемой на СА, идет прямо на Землю при помощи антенны малой направленности, с низкой скоростью – 1 бит/с.

Случайно или нет, но перелом (снова, как в случае с КА *Луна-9*) совпал с передачей тематики от ОКБ-1 в НПО им. С.А.Лавочкина. И так же техническая документация была, в основном разработана в ОКБ-1, хотя инженеры НПОЛ сделали некоторые доработки. Последующие планетные аппараты в НПОЛ разрабатывались совершенно самостоятельно.

Все планетные экспедиции НПОЛ (кроме последней – “*Марс-96*”) были дублированными, запускались по два идентичных космических аппарата. В СССР это обходилось на 15–20% дороже, но повышение надежности этого стоило. НАСА до 1980 г. во многих случаях поступала так же. Последующий отказ от этой тактики впоследствии стоил жизни нескольким проектам.

Американский пролетный аппарат *Маринер-5* прошел около Венеры через день после *Венеры-4* и провел дистанционные измерения характеристик атмосферы. В течение последующего десятилетия активность НАСА в области исследований Венеры была нулевой, если не считать пролета КА *Маринер-10* на пути к Меркурию в 1973 г.

В СССР, напротив, стали посылать КА к Венере систематически, используя вначале каждое астрономическое окно (интервал около 1.5 года), а потом “через раз”, с интервалом около 3 лет. За *Венерой-4* последовали другие похожие экспедиции с постепенно наращиваемой защитой спускаемого аппарата от высоких температур и давлений. *Венера-7* (1970) впервые осуществила мягкую посадку и передала сигналы с поверхности. Однако из-за отказа коммутатора в системе сбора информации были получены данные только о температуре – но зато более подробные, чем на предыдущих КА. Все аппараты от *Венеры-4* до *Венеры-7* садились на ночной стороне, этого требовали условия навигации в использовавшейся схеме полета. Между тем для понимания климата Венеры надо было узнать, доходит ли до поверхности хоть немного солнечного света. Поэтому *Венеру-8* (1972) намеренно посадили на освещенной стороне планеты, хотя и очень близко к терминатору. Было установлено, что некоторое количество солнечной энергии проникает вплоть до поверхности, и это было важным свидетельством в пользу парникового эффекта как основного механизма поддержания высокой температуры на Венере.

Первые полеты к Венере осуществлялись при помощи носителя *Молния* (P7 плюс разгонный

Таблица 2. Космические экспедиции к Венере и Меркурию

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>[Венера] ИВА № 1</b>	Посадочный аппарат	СССР	4.II.1961	<i>Молния</i>
КА идентичен <i>Венере-1</i> . Он представлял собой атмосферный зонд с возможностью выживания после посадки. Неудачный запуск. Отказ 4-й ступени. КА остался на околоземной орбите [3]. На КА были научные приборы и вымпел с гербом СССР. В США зарегистрирован как <i>Спутник-7</i> [4].				
<b>Венера-1</b>	Посадочный аппарат	СССР	12.II.1961	<i>Молния</i>
Связь была потеряна на перелете к Венере из-за отказа системы управления и радиосистемы [4].				
<b>Маринер-1</b>	Пролетный аппарат	США	22.VII.1962	<i>Атлас-Агена Б</i>
Авария РН.				
<b>[Венера] 2МВ-1 № 1</b>	Посадочный аппарат	СССР	25.VIII.1962	<i>Молния</i>
Новая конструкция КА для полета к Венере: перелетный модуль с отделяемым планетным зондом. Планировалось, что зонд совершит посадку и доставит вымпел. Отказ системы ориентации двигателя 4-й ступени. КА остался на околоземной орбите [4]. В США зарегистрирован как <i>Спутник-23</i> .				
<b>Маринер-2</b>	Пролетный аппарат	США	27.VIII.1962	<i>Атлас-Агена Б</i>
Первая удачная планетная экспедиция. 14.XII.1962 прошел около Венеры на расстоянии 34725 км и показал что распределение радиояркостной температуры по ее диску соответствует гипотезе о высокой температуре ее поверхности.				
<b>[Венера] 2МВ-1 № 2</b>	Посадочный аппарат	СССР	8.IX.1962	<i>Молния</i>
Планировалось, что зонд совершит посадку и доставит вымпел. Отказ 4-й ступени. КА остался на околоземной орбите [4]. В США зарегистрирован как <i>Спутник-24</i> .				
<b>[Венера] 2МВ-2 № 1</b>	Пролетный аппарат	СССР	12.IX.1962	<i>Молния</i>
Пролетный КА для фотографирования Венеры. Отказ 3-й ступени на 531 с. Остался на околоземной орбите [4]. В США зарегистрирован как <i>Спутник-25</i> .				
<b>[Венера] 3МВ-1А № 4А</b>	Испытательный КА	СССР	19.IX.1964	<i>Молния</i>
Неудачный испытательный запуск нового КА. Отказ 3-й ступени [4].				
<b>[Венера] Космос-27</b>	Посадочный аппарат	СССР	27.III.1964	<i>Молния</i>
Неудачный запуск. Отсутствие зажигания 4-й ступени из-за отказа системы питания. КА остался на низкой околоземной орбите [4].				
<b>[Венера] Зонд-1</b>	Посадочный аппарат	СССР	2.IV.1964	<i>Молния</i>
КА вышел на траекторию перелета к Венере, но связь прервалась через 2 месяца. Нарушилась герметичность приборного отсека перелетного аппарата, из-за чего отказал его передатчик; связь поддерживалась через посадочный аппарат [4].				
<b>Венера-2</b>	Пролетный аппарат	СССР	12.XI.1965	<i>Молния</i>
КА прошел около Венеры 27.II.1966 на расстоянии 23950км, однако связи с ним при этом не было из-за отказа системы теплового контроля. Передача научных данных не состоялась [4].				
<b>Венера-3</b>	Посадочный аппарат	СССР	16.XI.1965	<i>Молния</i>
КА вышел на попадающую траекторию полета к Венере и 1.III.1966 должен был войти в ее атмосферу. Нес научные приборы и вымпел с гербом СССР. Связь была потеряна за 17 дней до прибытия к Венере. Первый космический аппарат, попавший на другую планету [4].				
<b>[Венера] Космос-96</b>	Пролетный аппарат	СССР	23.XI.1965	<i>Молния</i>
КА остался на околоземной орбите из-за нештатного завершения работы 3-й ступени, отсутствия зажигания 4-й ступени и отделения КА в условиях больших возмущений [4].				
<b>Венера-4</b>	Посадочный аппарат	СССР	12.VI.1967	<i>Молния</i>
До <i>Венеры-4</i> разработка и изготовление космических аппаратов для планетных экспедиций и управление ими в полете проводились ОКБ-1. Начиная с <i>Венеры-4</i> эти работы были переданы НПО им. С.А. Лавочкина. <i>Венера-4</i> – первый космический аппарат, который провел прямые измерения на другой планете. Вошел в атмосферу Венеры 18.X.1967 на ночной стороне планеты в точке с координатами 19°С, 38°В, передавал данные 94 мин. Измерял температуру, давление, скорость ветра, содержание CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O в интервале высот 25–55 км. Измерения показали, что атмосфера состоит на 90–95% из CO <sub>2</sub> , азот найден не был. КА разрушился на высоте 25 км, показав, что температура атмосферы на ней достигает 535 К. На перелетном модуле проводились измерения космической плазмы и УФ-радиации. Открыта протяженная водородная корона Венеры [10].				

Таблица 2. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Маринер-5</b>	Пролетный аппарат	США	14.VI.1967	<i>Атлас-Агента-Д</i>
Прошел около Венеры на расстоянии 3990 км через сутки после прибытия <i>Венеры-4</i> . Провел дистанционные измерения, включая радиопросвечивание. На борту были установлены УФ-фотометр и приборы для измерения характеристик заряженных частиц и полей. Передал данные о магнитном поле, температуре атмосферы, составе и строении ее внешних слоев. Определил, что атмосфера состоит на 85–99% из CO <sub>2</sub> .				
<b>[Венера] Космос-167</b>	Пролетный аппарат	СССР	17.VI.1967	<i>Молния</i>
Идентичен <i>Венере-4</i> . Неудачный запуск, КА остался на низкой околоземной орбите.				
<b>Венера-5</b>	Посадочный аппарат	СССР	5.I.1969	<i>Молния</i>
КА успешно совершил вход в атмосферу 16.V.1969 на ночной стороне планеты в точке с координатами 3°Ю 18°В, передавал данные 53 мин. Измерял температуру, давление, скорость ветра, содержание CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O в интервале высот 25–55 км. КА разрушился на высоте 18 км. Научные измерения на перелетном модуле те же, что и на <i>Венере 4</i> [10].				
<b>Венера-6</b>	Посадочный аппарат	СССР	10.I.1969	<i>Молния</i>
Идентичен КА <i>Венера-5</i> . КА успешно совершил вход в атмосферу 17.V.1969 на ночной стороне планеты в точке с координатами 5° Ю 23° В, передавал данные 51 мин. Измерял температуру, давление, скорость ветра, содержание CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O. КА разрушился на высоте 18 км. Получены оценки содержания CO <sub>2</sub> (93–97%), N <sub>2</sub> (2–5%) и O <sub>2</sub> (<4%) [10].				
<b>Венера-7</b>	Посадочный аппарат	СССР	17.VIII.1970	<i>Молния</i>
Впервые совершена мягкая посадка на поверхность другой планеты – 15.XII.1970. Координаты места посадки 5°Ю 351°В, ночная сторона планеты. Прием телеметрии после посадки продолжался 23 мин. Температура атмосферы после посадки 747 К. Данные о давлении и другие результаты измерений не передавались из-за отказа бортовой системы сбора информации. <i>Венера-7</i> была первым аппаратом, выдержавшим высокие температуру и давление вблизи поверхности планеты Венера [10].				
<b>[Венера] Космос-359</b>	Посадочный аппарат	СССР	22.VIII.1970	<i>Молния</i>
Идентичен КА <i>Венера-7</i> . КА остался на низкой околоземной орбите.				
<b>Венера-8</b>	Посадочный аппарат	СССР	27.III.1972	<i>Молния</i>
КА совершил мягкую посадку на дневной стороне планеты (вблизи терминатора) – 22.VII.1972. Координаты места посадки 10°Ю, 335°В. Во время снижения получались и передавались данные о температуре и давлении, скорости ветра, составе атмосферы и уровне освещенности. Прием телеметрии после посадки продолжался 50 мин. Температура атмосферы после посадки – 743 К, давление 93 бар. Проведены измерения состава пород по гамма-излучению К, U и Th [10].				
<b>[Венера] Космос-482</b>	Посадочный аппарат	СССР	31.III.1972	<i>Молния</i>
Идентичен КА <i>Венера-8</i> . Отказ 4-й ступени. КА остался на низкой околоземной орбите.				
<b>Маринер 10</b>	Пролетный аппарат	США	3.XI.1973	<i>Атлас-Центавр</i>
Впервые использовано гравитационное поле одной планеты для полета к другой. По пути к Меркурию аппарат прошел 5.II.1974 около Венеры на расстоянии 5310 км. При этом были проведены ее дистанционные исследования в ИК и УФ диапазонах, фотографировались облака, измерялась околопланетная плазма. Впервые были получены УФ-изображения облаков Венеры с высоким разрешением. Трижды совершил близкий пролет около Меркурия – 29.III.1974, 21.IX.1974 и 16.III.1975. Сфотографировал одно из его полушарий, всего около 57% поверхности. Была измерена температура поверхности – 450 К на дневной стороне и 90 К на ночной. Обнаружено слабое собственное магнитное поле, свидетельствующее, возможно, о большом жидком ядре.				
<b>Венера-9</b>	ИСВ + посадочный аппарат	СССР	8.VI.1975	<i>Протон-Д</i>
Новый, более тяжелый космический аппарат для исследований Венеры, предназначенный для запуска на РН <i>Протон</i> . 22.X.1975 посадочный аппарат совершил посадку на дневной стороне планеты, а ИСВ был выведен на орбиту. Первый искусственный спутник Венеры, первое изображение ее поверхности, впервые искусственный спутник планеты использован для ретрансляции телеметрии с посадочного аппарата. Координаты места посадки 32°С, 291°В. Связь поддерживалась 53 мин после посадки. На посадочном аппарате во время его снижения проводились измерения строения и состава атмосферы, строения облачного слоя и освещенности, а после посадки получена Ч/Б панорама и проведены гамма-спектрометрические измерения состава пород по содержанию К-U-Th. На ИСВ проводилось фотографирование в УФ-диапазоне, ИК-радиометрия, фотополяриметрия, спектрометрия, радиопросвечивание, исследование околопланетной плазмы [43].				
<b>Венера-10</b>	ИСВ + посадочный аппарат	СССР	14.VI.1975	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА <i>Венера-9</i> . 25.X.1975 посадочный аппарат совершил посадку на дневной стороне планеты, а ИСВ был выведен на орбиту. Координаты точки посадки 16°С, 291°В. Измерения, проведенные во время снижения посадочных аппаратов показали, что нижняя граница облаков Венеры расположена на 49 км, в них имеются 3 основных слоя на высотах 57–70 км, 52–57 км и 49–52 км. Работа со спутниками прекратилась в марте 1976 г. [43].				

Таблица 2. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Пионер-12</b>	ИСВ	США	20.V.1978	<i>Атлас-Центавр</i>
<i>Пионер-Венера-1.</i> Выведен на орбиту 4.XII.1978. Проводились дистанционные исследования нижней и средней и прямые исследования верхней атмосферы. Проведено первое радарное картирование поверхности другой планеты с космического аппарата. Обнаружены свидетельства грозových явлений, показано, что у Венеры нет собственного магнитного поля. Связь с аппаратом поддерживалась 8.X.1992, вскоре после этой даты он вошел в атмосферу [44].				
<b>Пионер-13</b>	Перелетный + 4 посадочных аппарата	США	8.VIII.1978	<i>Атлас-Центавр</i>
<i>Пионер-Венера-2.</i> Перелетный модуль доставил и ввел в атмосферу Венеры один большой и три малых посадочных аппарата и сам вошел в атмосферу 9.XII.1978. Перелетный модуль провел измерения в ионосфере, а посадочные аппараты провели измерения структуры нижней атмосферы, химического и изотопного состава, потоков коротковолнового и длинноволнового излучения, характеристик аэрозольной среды во время снижения. Результаты показали, что в нижней атмосфере имеется две конвективных зоны на высотах 49–60 км и ниже 15 км, а между ними конвекции нет. Найдено аномально высокое содержание реликтовых инертных газов. Посадочные аппараты не были предназначены для работы после контакта с поверхностью, но один из них продолжал передавать данные и после посадки [44].				
✓ <b>Венера-11</b>	Пролетный и посадочный аппараты	СССР	9.IX.1978	<i>Протон-Д</i>
Посадка совершена 25.XII.1978 на дневной стороне. Координаты места посадки 14°Ю, 299°В. Ретрансляция производилась через пролетный аппарат. При снижении в атмосфере измерялись температура, давление, химический и изотопный состав, спектр коротковолнового излучения, аэрозоли, гроззовая активность. Отказ систем получения изображения и забора грунта. Связь продолжалась 95 мин после посадки. На пролетном аппарате были УФ спектрометр и приборы для измерения межпланетной плазмы [45].				
✓ <b>Венера-12</b>	Пролетный и посадочный аппараты	СССР	14.IX.1978	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА Венера-11. Посадка совершена 27.XII.1978 на дневной стороне. Координаты места посадки 7°Ю, 294°В. Отказ систем получения изображения и забора грунта. Связь продолжалась 110 минут после посадки до ухода пролетного аппарата за горизонт [45].				
✓ <b>Венера-13</b>	Пролетный и посадочный аппараты	СССР	30.X.1981	<i>Протон-Д</i>
Посадка совершена 1.III.1982 на дневной стороне. Координаты места посадки 7.5°Ю 303°В. Проводились измерения характеристик атмосферы во время снижения. После посадки получены Ч/Б и цветные панорамы поверхности. Проведен анализ состава пород при помощи РФС, они оказались близки к лейцитовым базальтам, редко встречающимся на Земле. Связь продолжалась 127 мин после посадки [46].				
✓ <b>Венера-14</b>	Пролетный и посадочный аппараты	СССР	4.XI.1981	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА Венера-13. Посадка совершена 5.III.1982 на дневной стороне. Координаты места посадки 13.4°Ю 310.2°В. Те же научные измерения, что и на Венера-13, Ч/Б и цветные панорамы, анализ состава пород при помощи РФС, показал, что они подобны базальтам срединных океанических хребтов на Земле. Связь продолжалась 57 мин после посадки [46].				
✓ <b>Венера-15</b>	ИСВ	СССР	2.VI.1983	<i>Протон-Д</i>
КА выведен на орбиту 10.X.1983. Основная задача – радиолокационное картирование. Охвачена северная часть планеты от 30°С до полюса, разрешение 1–2 км. Проводились исследования средней атмосферы при помощи ИК-спектрометра [47].				
✓ <b>Венера-16</b>	ИСВ	СССР	7.VI.1983	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА Венера-15. КА выведен на орбиту 14.X.1983. Радиолокационное картирование той же части Венеры и с тем же разрешением. ИК-спектрометр не сработал [47].				
<b>Вега-1</b>	Пролетный и посадочный аппараты и аэростат	СССР	15.XII.1984	<i>Протон-Д</i>
Пролет вблизи Венеры использовался для гравитационного маневра на пути КА к комете Галлея. 11.VI.1985 введены в атмосферу посадочный аппарат и аэростатный зонд – на ночной стороне планеты, в точке с координатами 8.1°С, 176.7°В. Проводились измерения характеристик атмосферы во время снижения посадочного аппарата и на аэростате. Дрейф аэростата наблюдался 48 часов при помощи сети наземных радиотелескопов. За это время он прошел около 10000 км, оставаясь на высоте 54 км. Его средняя горизонтальная скорость была 69 м/с. Были измерены вертикальные скорости атмосферных движений около 1 м/с. Проведен анализ состава грунта при помощи гамма-спектрометра. РФС не работал. Пролетный аппарат продолжил полет к комете Галлея, встретившись с ней 6.III.1986 г. и пролетев на расстоянии 8890 км от ее ядра [48–50].				



Таблица 2. Окончание

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<i>Вега-2</i>	Пролетный и посадочный аппараты и аэростат	СССР	21.XII.1984	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА <i>Вега-1</i> . 15.VI.1985 введен в атмосферу аэростат и совершена посадка – на ночной стороне планеты, в точке с координатами 7.2°Ю 179.4°В. Такие же измерения характеристик атмосферы, как и на <i>Вега-1</i> . Анализ состава грунта при помощи РФС и гамма-спектрометра показал, что они близки к лунным анортозитам-троктолитам, редко встречающимся на Земле. Пролетный аппарат продолжил полет к комете Галлея, встретившись с ней 9.III.1986 г. и пролетев на расстоянии 8030 км от ее ядра [48–50].				
<i>Магеллан</i>	ИСВ	США	4.V.1989	<i>Шаттл-ПВС</i>
КА для радиолокационного картирования Венеры. Совершил 1.5 оборота вокруг Солнца перед встречей с Венерой. Выведен на орбиту 10.VIII.1990 г. Провел радиолокационное картирование 98% поверхности планеты с высоким разрешением (до 300 м/пиксель), измерения высот, радиоизлучения, гравитационного поля. Впервые для вывода на орбиту искусственного спутника планеты было использовано аэродинамическое торможение. 11.X.1994 г. прекратил работу, сгорев в атмосфере в результате предусмотренного программой понижения орбиты [51].				
<i>Галилео</i>	Пролет	США	18.X.1989	<i>Шаттл-ПВС</i> <sup>(1)</sup>
КА для исследования Юпитера. Сблизился с Венерой 10.II.1990 в процессе гравитационного маневра на пути к Юпитеру. Впервые из космоса были переданы изображения и спектры ночной стороны Венеры в ближнем ИК диапазоне, где наблюдается излучение подоблачной атмосферы.				
<i>Кассини-Гюйгенс</i>	Пролет	США	15.X.1997	<i>Шаттл-ПВС</i>
КА для исследования Сатурна и Титана. Дважды сблизился с Венерой – 26.IV.1998 и 24.VI.1999 в процессе гравитационного маневра на пути к Сатурну. Передал изображения и спектры ночной стороны Венеры в ближнем ИК диапазоне.				

(<sup>1</sup>) ПВС – промежуточная верхняя ступень для вывода КА на орбиту межпланетного перелета при запуске его с Шаттла.

блок Л в качестве 4-й ступени – разгонного блока). Начиная с 1975 г., экспедиции к Венере стали запускать на носителе *Протон* с разгонным блоком *Д*. В расчете на этот носитель были разрабо-

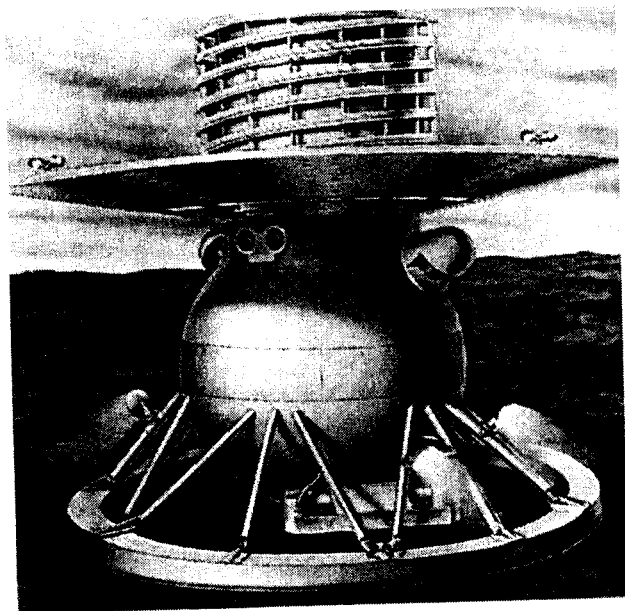


Рис. 5. Посадочный аппарат АМС *Венера-9*. Впервые было передано панорамное изображение поверхности другой планеты (22.X.1975 г.).

таны аппараты нового поколения: более тяжелые, с использованием перелетного модуля в качестве ретранслятора и возможностью вывода его на орбиту ИСВ. Все это в полном масштабе было реализовано в экспедиции *Венера-9, 10*. Были созданы первые искусственные спутники Венеры и гораздо более совершенные посадочные аппараты (рис. 5). Эти аппараты впервые передали на Землю панорамы поверхности планеты. Затем последовали еще три парных экспедиции с доставкой посадочных аппаратов (но без спутников) и одна с выводом на орбиту радиолокационных спутников – *Венера-15, 16* (1983) – но без посадочных аппаратов. Последняя экспедиция на Венеру – *Вега-1, 2* (1984) – была особым событием: кроме классических СА на Венеру были доставлены аэростаты, а перелетные модули ушли к комете Галлея, для ее исследований на них был установлен специальный комплекс научной аппаратуры [11]. Мы вернемся к этой экспедиции ниже, в разделе о малых телах Солнечной системы.

Экспедиции к Венере были своего рода советской экологической нишей в мировом комплексе научных космических исследований. Здесь систематически получались уникальные научные результаты: панорамы поверхности, измерения состава грунта и атмосферы, атмосферные движения, спектральные потоки рассеянного солнечного излучения. В СССР по экономическим причинам не было возможности соревно-



ваться с американцами по широкому фронту. М.В. Келдыш справедливо считал, что разумно выбрать одно относительно узкое направление и на нем сконцентрировать усилия. Изучение Венеры и было таким направлением. Вряд ли правильно, что от него после 1985 г. отказались.

НАСА меньше занималась Венерой, но тоже участвовала в ее исследованиях. Миссии *Пионер-12, 13* (1978) внесли большой вклад в изучение атмосферы и взаимодействия ее с солнечным ветром. ИСВ *Пионер-12* измерял ИК и УФ-излучение планеты, поля и частицы в ее ближайших окрестностях. Перигентр его орбиты первоначально был очень низким (около 150 км), и это позволяло проводить прямые измерения в верхней атмосфере. Затем его орбита повысилась, но он продолжал работать до октября 1992 г.; в течение этого долгого времени проводилось зондирование средней и верхней атмосферы при помощи радиопросвечивания. Перелетный модуль *КА Пионер-13* доставил на Венеру четыре атмосферных зонда, введенных одновременно на разных широтах и солнечных долготах. Измерялись химический и изотопный состав, вертикальная структура атмосферы, характеристики облаков. Сам перелетный модуль был использован для прямых измерений в верхней и средней атмосфере.

Следующая американская миссия к Венере была запущена только через 11 лет. Это был радарный спутник *Магеллан* (1989), который получил лучшее разрешение и покрытие, чем *Венера-15* и *Венера-16*, уже через 6 лет после них.

Общие итоги изучения Венеры подведены в нескольких монографиях [12–14]. На ее раскаленной (735 К) поверхности преобладают равнины с разнообразной морфологией, включающей ударные кратеры, молодые вулканические детали, причудливые следы лавовых потоков. Имеются горные районы высотой, примерно, до 10 км. Возраст поверхности оценивается, примерно, в 500 миллионов лет. По составу венерианские породы, как правило, близки к базальтам.

Основным атмосферным газом является  $\text{CO}_2$ , его, примерно, столько же, сколько на Земле связано в карбонатах. Но воды на Венере очень мало. Имеются интересные особенности в содержании других летучих, в том числе инертных газов. На высотах 0–60 км градиент температуры близок к адиабатическому, но в интервале от, примерно, 30 до 49 км, несколько ниже и, в результате имеется две конвективные зоны, разделенные областью, где конвекции нет. Главной особенностью общей циркуляции атмосферы является суперротация с характерными скоростями 60–120 м/с. Слои облаков, расположенные на высотах 49–70 км, окутывают всю планету. Небольшая часть потока солнечного излучения, падаю-

щего на планету, проникает глубоко вниз, вплоть до поверхности и разогревает ее благодаря парниковому эффекту.

Планета не имеет собственного магнитного поля, солнечный ветер взаимодействует непосредственно с ионосферой. Верхняя атмосфера сильно охлаждается в ночное время.

Один из уроков, преподанных нам Венерой, состоит в том, что климат планеты земного типа может быть гораздо более жарким, чем на Земле, даже при более скромной энергетике (эффективная температура Венеры ниже земной).

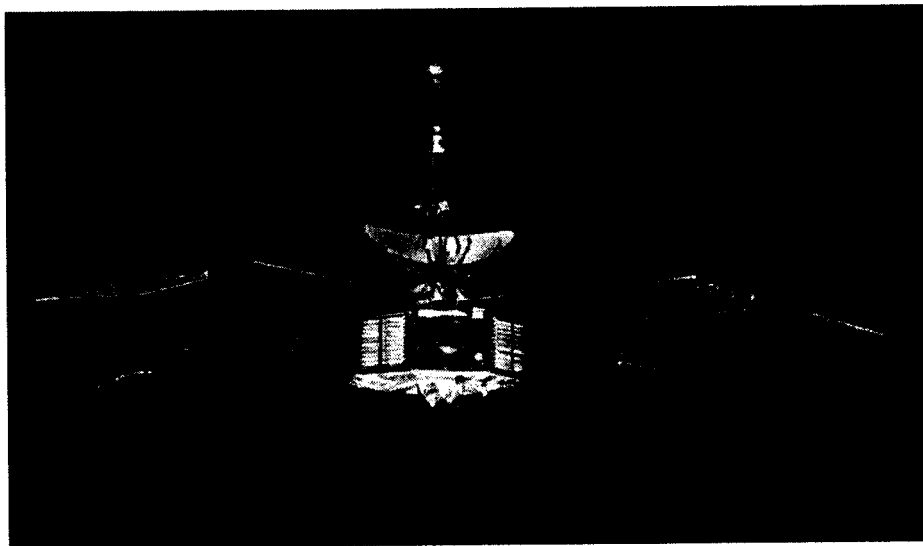
Еще многое осталось выяснить в природе Венеры, но внимание к ней со стороны космических агентств потеряно, она стала забытой планетой. Ученые выдвигают предложения, пытаются сформировать и “пробить” перспективные проекты по ее дальнейшему исследованию, и, возможно, в течение ближайших десяти лет это удастся.

Особое место среди планетных экспедиций занял *Маринер-10* (1973). Целью его был Меркурий. Пролет вблизи Венеры был использован для гравитационного маневра, без которого до Меркурия было бы невозможно добраться. Итальянский ученый Джузеппе Коломбо, работавший тогда в JPL, нашел такую траекторию, что *КА* вышел на околосолнечную орбиту, позволившую многократно встречаться с Меркурием. Три таких встречи были использованы для картирования планеты. С тех пор принцип гравитационного маневра много раз использовался в планетных экспедициях, иногда с использованием многих тел (Кассини). В XX веке других полетов к Меркурию не было. Одна из будущих миссий есть в планах ЕКА, она получила название “Бепи Коломбо” в честь ученого, нашедшего замечательную траекторию для первого полета к Меркурию. НАСА готовит космический аппарат (Мессенджер) для запуска к Меркурию в 2004 г.

## МАРС

Марс среди планет Солнечной системы представляет, вероятно, наибольший интерес с точки зрения сравнительной планетологии. По характеристикам поверхности, атмосферы и климата он ближе к Земле, чем все остальные планеты, включая ее “сестру” Венеру. Возможно, что в далеком прошлом на Марсе были более плотная атмосфера, более теплый климат, чем сейчас, и открытые водоемы. Там могла зародиться жизнь. Не исключено, хотя и маловероятно, что жизнь есть и на современном Марсе.

Гипотеза о жизни на Марсе впервые была высказана еще в XIX столетии для объяснения сезонных изменений темных областей на его поверхности. Позднее была предложена иная ин-



**Рис. 6.** *Маринер 4* – первый космический аппарат, который успешно провел исследования Марса. 14.VII.1965 г. он прошел над поверхностью планеты на высоте 9846 км и передал на Землю ее изображения.

терпретация. Однако мечта найти следы биосферы на этой планете остается одной из руководящих идей при разработке долговременных программ исследований Марса. Все понимают при этом, что начинать надо с другого – побольше узнать о самой планете.

ОКБ-1 в 1960–1965 гг. сделало восемь попыток запустить космический аппарат к Марсу. Только четвертый – *Марс-1* (1962) прошел вблизи планеты, но связь с ним была к этому времени потеряна. JPL сделала две попытки (1964) и одна из них увенчалась успехом: *Маринер-4* (рис. 6) прошел около Марса и передал 22 его изображения. Марс выглядел на них очень похожим на Луну: много ударных кратеров, ничего другого в поле зрения тогда не попало.

Дальнейшее развитие советских марсианских проектов проводилось НПОЛ. Об их технической стороне рассказано в книге Перминова [15], о научных результатах в [16, 17]. Несмотря на все усилия, выполнение советской марсианской программы и после передачи ее в НПОЛ проходило неудачно. Из 9 запусков с 1969 по 1973 гг. только 5 дали научные результаты, причем на фоне американских – второстепенные. Всего в этот период к Марсу были отправлены 6 советских аппаратов: два в 1971 г и четыре в 1973 г. *Марс-2* впервые доставил на планету Марс объект, сделанный на Земле, *СА Марс-3* впервые совершил мягкую посадку на Марс, но научных данных при этом вообще не было получено. *Марс-6* впервые провел прямые измерения в марсианской атмосфере. Тем не менее почти все новые знания о Марсе, добытые к восьмидесятым годам, были получены в миссиях НАСА, советский вклад оказался незна-

чительным. Исключение составляют вопросы взаимодействия планеты с солнечным ветром: такие исследования были только на советских КА – *Марс-3* и *Марс-5*.

Наиболее результативными были миссии *Маринер-9* и *Викинг-1, 2*.

Первый искусственный спутник Марса *Маринер-9* (1971) сфотографировал всю планету с разрешением около 1 км и около 1% с разрешением 100 м. Оказалось, что на ней есть молодые гигантские горы вулканического происхождения, высокие плоскогорья, глубокие впадины, тектонические разломы и разветвленные долины, напоминающие земные вадии – русла сухих рек. Есть и много ударных кратеров, как на Луне, но этим сходство и ограничивается. На поверхности нет жидкой воды, однако много карстовых образований, свидетельствующих о присутствии водного льда в форме вечной мерзлоты.

Искусственные спутники *Викинг-1* и *Викинг-2* (1976) детализировали эту картину, проведя фотографирование с более высоким разрешением. От них через несколько месяцев работы были отделены посадочные аппараты (рис. 7), которые проработали на поверхности много лет, проводя измерения метеорологических параметров. Вскоре после посадки были проведены измерения химического и изотопного состава атмосферы и элементного состава грунта.

Ключевой задачей посадочных аппаратов был поиск органических соединений и проявлений биологической активности на уровне простейших организмов. Ни того, ни другого не было найдено. Конечно, это не может рассматриваться как

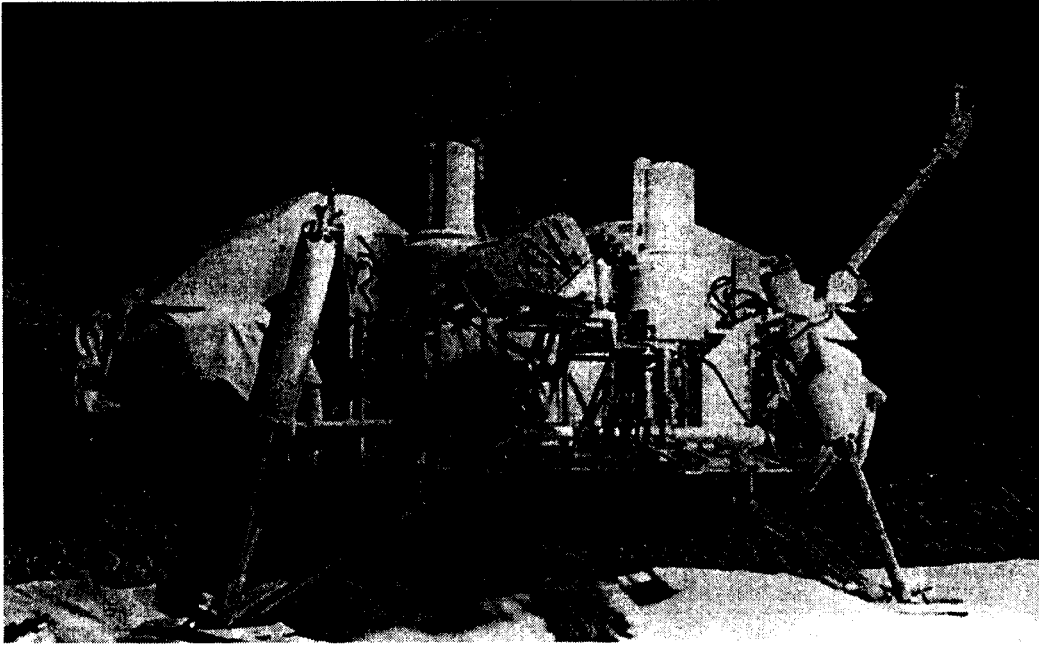


Рис. 7. Посадочный аппарат *Викинг-1*. Совершил посадку на равнине Хризе 20.VII.1976 г. и проработал до 13.XI.1982 г.

окончательное доказательство отсутствия биосферы на Марсе, но разочарование было велико.

Комплексная экспедиция *Викинг-1, 2* не ответила на вопрос “Есть ли жизнь на Марсе?”, но дала много сведений о самой планете. Поток статей, посвященный анализу данных, не ослабевал 20 лет. Опубликован объемистый том [18], который содержит серию обзоров, подводящих итоги этой работы.

Только через 12 лет был сделан следующий шаг – ушли к Марсу советские *Фобос-1* и *Фобос-2* [19], Их главной задачей, по замыслу, были исследования не самого Марса, а Фобоса. Но несколько интересных экспериментов было поставлено для дистанционных исследований Марса. Это – картирование в тепловом ИК-диапазоне, спектральное “минералогическое” картирование в диапазоне 1–3 мкм, спектральное зондирование атмосферы путем измерений спектра Солнца (в нескольких диапазонах) на разных высотах над лимбом. Кроме того, на этих КА был снова установлен развитый комплекс для измерений характеристик околопланетной плазмы. Большая часть приборов была разработана с участием международной кооперации. Конструкция аппаратов *Фобос-1, 2* была новой, предполагалась, что она будет использоваться в дальнейшем для других проектов.

*Фобос-1* был потерян на пути к Марсу, второй аппарат долетел до него, и был выведен на орбиту ИСМ, которая затем несколько раз корректировалась, и в результате стала очень близкой к

орбите *Фобоса*. С этой орбиты в течение двух месяцев успешно проводились наблюдения Марса. 27.III.1989 *Фобос-2* был потерян из-за отказа электроники БЦВМ. Многие считают что экспедиция *Фобос-1, 2* была неудачной. Это так, если соотносить результаты и намеченные цели. Но можно судить и по иному, если учесть, что полученные в ней научные данные по качеству и объему превосходят все, что было сделано всеми другими советскими экспедициями к Марсу вместе взятыми.

После потери *Фобосов* шли горячие споры: что делать – повторить ли экспедицию в том же виде, или готовить новую, с основной задачей исследовать саму планету Марс. Победила вторая точка зрения, и, возможно, это было ошибкой. Никто не понимал, что СССР вот-вот рухнет, что надо спешить, пока космическая промышленность все еще получает привычную поддержку и т.д.

В результате был принят очень сложный проект, состоящий из пяти элементов: искусственный спутник Марса, малые станции, пенетраторы, марсоход и аэростат. Научные эксперименты готовились, в основном, с участием международной кооперации – 20 стран. Запуск намечался на 1994 г, но потом был перенесен на 1996 г. Ситуация была драматической: работа над проектом началась в одном государстве – СССР, а продолжена и завершена в другом – Российской Федерации. В этот период было создано Российское космическое агентство (1992). “*Марс-96*” стал его

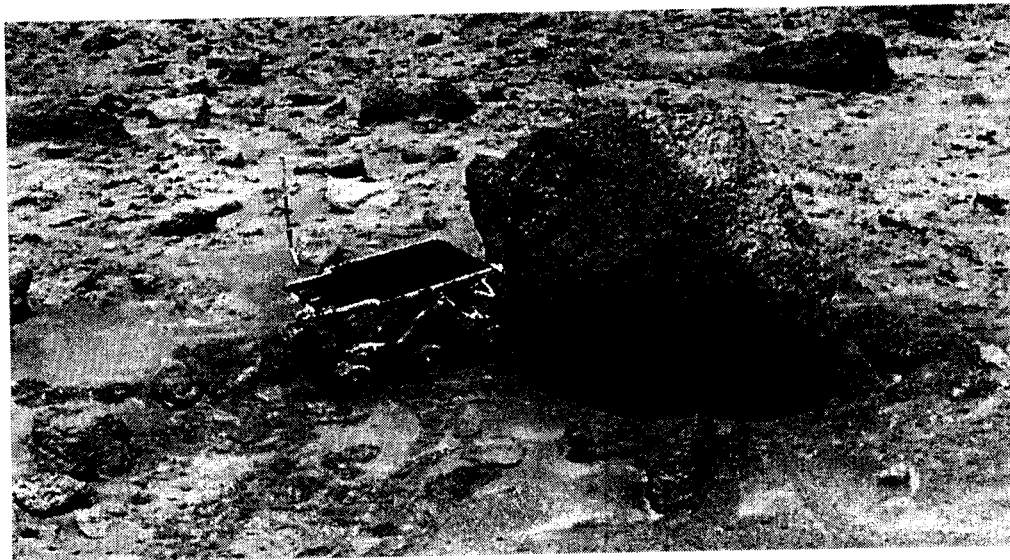


Рис. 8. Малый марсоход *Соджорнер* обследует поверхность Марса в месте посадки космического аппарата *Марс-Пасфайндер* (1997).

первым и приоритетным проектом научного назначения. Вскоре стало ясно, что проект надо упрощать. Были исключены марсоход и аэростат. Но финансирования не хватало, оно систематически запаздывало, рушилась инфраструктура. Из-за недостатка денег впервые отказались от двухпусковой схемы.

*Марс-96* был запущен, но не смог выйти на траекторию полета к планете из-за аварии блока Д. Это была катастрофа совсем иного значения по сравнению с прежними. Многие убеждены, что она поставила точку на всей стратегии научных космических исследований, полученной в наследство от СССР с почти неограниченным финансированием, использованием дорогих носителей и т.д. Впрочем, вряд ли эту стратегию удалось бы сохранить и в случае успешного запуска КА *Марс 96*.

Как раз в период работы над проектом "*Марс-96*" была сделана попытка наладить двустороннее сотрудничество в научных космических исследованиях между США и Россией. Ее инициатором стал один из авторов этой статьи (Хантресс), в то время занимавший пост заместителя директора НАСА по научным проектам. Холодная война закончилась. Было логично объединиться как в исследованиях Марса, так и в некоторых других. Под условным названием "Вместе к Марсу" прорабатывались варианты совместной экспедиции к Марсу: российский носитель, американский спутник, российский десантный модуль. По разным причинам это не пошло дальше предварительных дискуссий. В дальнейшем сотрудничество свелось к участию российских ученых в трех американских миссиях к Марсу (две из них потерпели неудачу – см. ниже).

Решение возобновить программу полетов к Марсу было принято в НАСА в конце 80-х. Первой ласточкой должен был стать ИСМ *Марс-Обсервер*, с набором весьма совершенных приборов для дистанционных исследований Марса. Он был потерян за 3 дня до прибытия к планете, что вызвало немалый шок, ибо такого не случалось в Америке уже 20 лет, и вместе с тем миссия стоила дорого, готовилась долго и тщательно. Руководство НАСА заявило после этого о резкой смене стратегии: будущие проекты должны, разрабатываться быстрее, быть лучше и дешевле, чем раньше (концепция "FBC" = faster, better, cheaper). Все научные эксперименты КА *Марс-Обсервер* было решено в дальнейшем выполнить, но не на одном спутнике, а на трех, каждый из которых стоил в несколько раз дешевле. Более того, было решено расширить марсианскую программу, и каждое астрономическое окно использовать для запуска двух КА – одного спутника и одного посадочного аппарата. И, наконец, была поставлена амбициозная конечная цель: в 2005 г. послать аппарат для доставки образца марсианского вещества на Землю.

Реализация новой программы началась с двух успешных запусков в 1996 г.: совершил посадку *Марс-Пасфайндер* с марсоходом "*Соджорнер*" (рис. 8) и вышел на орбиту ИСМ *Марс-Глобал-Сервейер* (см. табл. 3).

Однако следующее астрономическое окно (1998 г.) вновь принесло большие разочарования. ИСМ *Марс-Клаймет-Орбитер* сгорел при выводе на орбиту из-за небольшой навигационной ошибки. *Марс-Полар-Лэндер* разбился при посадке. Снова пересмотрена стратегия. Было признано, что концепция FBC должна иметь свои пределы.

Таблица 3. Космические экспедиции к Марсу

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
[Марс] <i>IM № 1</i>	Пролетный аппарат	СССР	10.X.1960	<i>Молния</i>
Не вышел на околоземную орбиту. Отказ 3-й ступени на 309.9 с полета [4].				
[Марс] <i>IM № 2</i>	Пролетный аппарат	СССР	14.X.1960	<i>Молния</i>
Не вышел на околоземную орбиту. Отказ 3-й ступени из-за утечки окислителя [4].				
[Марс] <i>2MV-4 № 3</i>	Пролетный аппарат	СССР	24.X.1962	<i>Молния</i>
Остался на околоземной орбите. Отказ турбонасоса 4-й ступени при включении зажигания, взрыв 4-й ступени [4]. В США зарегистрирован как <i>Спутник 29</i> .				
<i>Марс-1</i>	Пролетный аппарат	СССР	1.XI.1962	<i>Молния</i>
Главная задача – фотографирование Марса при пролете. Первый космический аппарат, запущенный в сторону Марса. Связь прекратилась 21.III.1963 на расстоянии 106 млн. км – антенна потеряла наведение на Землю. КА пролетел около Марса 19.VII.1963 на расстоянии 195000 км [4].				
[Марс] <i>2MV-3 № 1</i>	Посадочный аппарат	СССР	4.XI.1962	<i>Молния</i>
Остался на околоземной орбите. Отказ 4-й ступени, разрушение КА [4]. В США зарегистрирован как <i>Спутник 31</i> .				
[Марс] <i>Космос-21</i>	Испытательный полет	СССР	11.XI.1963	<i>Молния</i>
Испытания нового КА в полете. Дата запуска не пригодна для полета к Марсу. Трудности на 1330 с. полета при отделении 4-й ступени. Неправильная ориентация 4-й ступени, отказ двигательной установки. КА найден позднее на низкой околоземной орбите.				
<i>Маринер-3</i>	Пролетный аппарат	США	5.XI.1964	<i>Атлас-Агента Д</i>
Трудности при сбросе обтекателя, солнечные батареи не раскрылись, солнечная ориентация не включилась. Связь потеряна через 9 час.				
<i>Маринер-4</i>	Пролетный аппарат	США	28.XI.1964	<i>Атлас-Агента Д</i>
Первая успешная экспедиция к Марсу. Прошел около Марса 14.VII.1965 на высоте 9846 км. Получены и переданы 22 изображения, покрывших около 1% поверхности Марса. В комплекс научной аппаратуры входили ТВ-камера, гелиевый векторный магнитометр, приборы для измерения характеристик солнечного ветра, космических лучей и космической пыли. Магнитное поле не обнаружено. Поверхность оказалась сильно кратерированной. Впервые использован метод радиопросвечивания для исследования планетной атмосферы. Было показано, что атмосфера у Марса тонкая, 5–10 мб CO <sub>2</sub> .				
[Марс] <i>Зонд-2</i>	Пролетный аппарат	США	28.XI.1964	<i>Атлас-Агента Д</i>
Главная задача – фотографирование Марса при пролете. Связь с КА потеряна через месяц после начала полета. Не раскрылись полностью солнечные панели. Отказ системы управления. КА прошел около Марса на расстоянии 650000 км и стал искусственной планетой [4].				
[Марс] <i>Зонд-3</i>	Испытательный полет	СССР	18.VII. 1965	<i>Молния</i>
Идентичен КА <i>Зонд-2</i> , запущен вне астрономического окна, подходящего для старта к Марсу. Связь поддерживалась 7.5 мес, незадолго до пересечения орбиты Марса. КА совершил пролет Луны 20.VII.1965 на расстоянии 9219 км и передал 28 изображений ее обратной стороны [4].				
<i>Маринер-6</i>	Пролетный аппарат	США	24.II.1969	<i>Атлас-Центавр</i>
Прошел над экваториальной областью Марса 30.VII.1969 на высоте 3437 км и передал 75 изображений. Проведены ИК-радиометрия, ИК и УФ спектрометрия, радиопросвечивание.				
<i>Маринер-7</i>	Пролетный аппарат	США	27.III.1969	<i>Атлас-Центавр</i>
Идентичен КА <i>Маринер-6</i> . Прошел над южной полярной областью Марса 4.VIII.1969 на высоте 3551 км и передал 126 изображений. Тот же комплекс НА, что и на <i>Маринере-6</i> .				
[Марс] <i>М-69А</i>	ИСМ	СССР	27.III.1969	<i>Протон-Д</i>
Не вышел на околоземную орбиту из-за взрыва 3-й ступени [15].				
[Марс] <i>М-69Б</i>	ИСМ	СССР	2.IV.1969	<i>Протон-Д</i>
Идентичен <i>М-69А</i> . Авария на 1-й ступени – взрыв одного из шести двигателей [15].				
<i>Маринер-8</i>	ИСМ	США	9.V.1971	<i>Атлас-Центавр</i>
Не вышел на околоземную орбиту. Отказ верхней ступени (Центавр).				

Таблица 3. Продолжение

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>[Марс] Космос-419</b>	ИСМ	СССР	10.V.1971	<i>Протон-Д</i>
Остался на низкой околоземной орбите. Отказ зажигания 4-й ступени на стадии выхода на межпланетную траекторию. Как следствие, <i>Марс-2</i> и <i>Марс-3</i> лишились радиомаяка, который планировался для повышения точности их навигации [15].				
<b>Марс-2</b>	ИСМ и посадочный аппарат	СССР	19.V.1971	<i>Протон-Д</i>
Доставил посадочный аппарат и вышел на орбиту ИСМ 27.XI.1971. Первая попытка посадки на Марс. На посадочном аппарате были вымпел с гербом СССР, камера и НА для исследования состава грунта. Впервые на Марсе – вещи сделанные на Земле. Посадочный аппарат разбился в точке с координатами 44.2°Ю, 313.2°З из-за неточного нацеливания, что привело к ошибке угла входа и контакту с поверхностью до раскрытия парашюта. Из-за плохого качества телеметрии почти все научные данные спутника потеряны. Изображений получено не было [15–17].				
<b>Марс-3</b>	ИСМ и посадочный аппарат	СССР	28.V.1971	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА <i>Марс-2</i> . Доставил посадочный аппарат и вышел на орбиту ИСМ 2.XII.1971. Первая удачная посадка на Марс. Координаты места посадки 45°Ю, 158°З. Посадочный аппарат начал передавать изображение поверхности через 90 с после посадки, передавал его 20 с, однако каких-либо деталей это изображение не содержало. Предполагается отказ передатчика. В течение 4 месяцев проводились ИК-радиометрия, фотометрия, измерения состава атмосферы, магнитного поля и плазмы. Не получено изображений, имеющих научное значение. Оба КА прекратили работу в августе 1972 [15–17].				
<b>Маринер-9</b>	ИСМ	США	30.V.1971	<i>Атлас-Центавр</i>
Первый искусственный спутник другой планеты Марса. Выведен на орбиту в ночь с 13/14.XI.1971 (выключение двигателя 00.15.40 14.XI.1971). Проводил ТВ картирование (главная задача), ИК и УФ-спектрометрию, ИК-радиометрию, альтиметрию, наблюдались радиозатмения. Из-за глобальной пылевой бури проведение части экспериментов началось с опозданием. Передано на Землю 7329 изображений, охвачено 100% поверхности Марса. Открыты русла высохших рек, долины, гигантские вулканические горы. Впервые получены изображения Фобоса и Деймоса, на которых различаются детали их поверхности. Рабочее тело исчерпано 27.X.1972 [55].				
<b>Марс-4</b>	ИСМ	СССР	21.VII.1973	<i>Протон-Д</i>
Вывод на орбиту не удался из-за отказа двигателя. 10.II.1974 прошел вблизи Марса на расстоянии 2200 км. Получены изображения и данные радиозатмений [15, 54, 55].				
<b>Марс-5</b>	ИСМ	СССР	25.VII.1973	<i>Протон-Д</i>
Выведен на орбиту 12.II.1974. Получены изображения поверхности в южном прлушарии и другие научные данные. Прекратил работу 28.II.1974, совершив 22 оборота вокруг Марса. Причина – разгерметизация передатчика [15, 54, 55].				
<b>Марс-6</b>	Пролетный и посадочный КА	СССР	5.VIII.1973	<i>Протон-Д</i>
Частичный отказ телеметрической системы через 2 месяца после запуска. КА работал автономно по программе, успешно выполнил навигационные операции и 12.III.1974 доставил посадочный аппарат на Марс. Координаты места посадки – 23.9°Ю 19.4°З. Посадочный аппарат передал результаты измерений характеристик атмосферы, полученные во время снижения. Связь прекратилась за 0.3 с перед посадкой. Первые прямые измерения на Марсе [15–17].				
<b>Марс-7</b>	Пролетный и посадочный КА	СССР	9.VIII.1973	<i>Протон-Д</i>
Посадочный аппарат пролетел мимо Марса на высоте 1300 км [15].				
<b>Викинг-1</b>	ИСМ и посадочный КА	США	20.VIII.1975	<i>Титан 3Е Центавр</i>
Выведен на орбиту ИСМ 19.VI.1976. Посадочный аппарат отделился от ИСМ и совершил посадку 20.VII.1976 в области Хризе (22.27°С, 47.97°З). ИСМ исчерпал рабочее тело 7.VIII.1980. Посадочный аппарат был выключен случайно 13.XI.1982. Посадочные аппараты <i>Викинг-1</i> , 2 передали детальные цветные панорамы и провели длительный метео-мониторинг. Был измерен состав атмосферы и грунта. Проводились поиск органического вещества и признаков присутствия микроорганизмов, результаты признаются, в целом, отрицательными [56, 57].				
<b>Викинг-2</b>	ИСМ и посадочный КА	США	9.IX.1975	<i>Титан 3Е Центавр</i>
Выведен на орбиту ИСМ 7.VIII.1976. Посадочный аппарат отделился от ИСМ и совершил посадку 3.IX.1976 в области Утопия (47.67°N, 225.74°W). ИСМ выключен 25.VII.1978. посадочный аппарат прекратил работу 12.IV.1980 из-за порчи батарей. Спутники передали более 52 000 изображений, съемка покрыла около 97% поверхности планеты. Проводились ИК-радиометрия и наблюдения радиозатмений. Посадочные аппараты передали более 4500 изображений и большие ряды метеорологических измерений [56, 57].				

Таблица 3. Окончание

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Фобос-1</b>	ИСМ	СССР	7.VII.1988	<i>Протон-Д</i>
КА <i>Фобос-1</i> и <i>Фобос-2</i> планировалось вывести на орбиту искусственных спутников Марса, близкую к орбите Фобоса. Программа их работы предусматривала многократные сближения с Фобосом, пассивные и активные дистанционные исследования его поверхности, посадку на нее малых станций. <i>Фобос-1</i> был потерян 2.IX.1988 на пути к Марсу из-за ошибки при выдаче команд с Земли.				
<b>Фобос-2</b>	ИСМ	СССР	12.VII.1988	<i>Протон-Д</i>
Выведен на орбиту ИСМ 30.I.1989. Проводил измерения плазменной среды, дистанционные исследования Марса и Фобоса с орбиты. Потерян 27.III.1989 из-за отказа электроники БЦВМ. Большая часть научных приборов была разработана и изготовлена на основе международной кооперации [58].				
<b>Марс-Обсервер</b>	ИСМ	США	25.IX.1992	<i>Титан 3Ц</i>
Отказ двигательной системы 21.VIII.1993, за 3 дня до вывода на орбиту.				
<b>Марс-Глобал-Сервейор</b>	ИСМ	США	7.XI.1996	<i>Дельта-2</i>
Выведен на исходную эллиптическую орбиту ИСМ 11.IX.1997, и затем в течение 18 месяцев при помощи аэродинамического торможения переводился на почти круговую рабочую орбиту. Систематическую съемку начал в марте 1999 г. Продолжает передавать данные о топографии, морфологии, составе грунта, строении атмосферы, гравитационном и магнитном полях [59].				
<b>Марс-96</b>	ИСМ + посадочные КА	Россия	16.XI.1996	<i>Протон-Д</i>
Экспедиция, состоящая из ИСМ, двух малых станций и двух пенетраторов. Из-за аварии в блоке Д аппарат не вышел на траекторию межпланетного полета, вернулся в атмосферу и сгорел в ней.				
<b>Марс-Пасфайндер</b>	Посадочный КА и марсоход	США	4.XII.1996	<i>Дельта-2</i>
Посадочный аппарат с надувными емкостями для смягчения удара. Совершил посадку в каменистой долине <i>Ages Vallis</i> 4.VII.1997 в 16.57 UT. Скорость перед первым контактом 18 м/с. Примерно 15 раз подпрыгнул, в первый раз на 15 м, затем катился (2.5 оборота) и остановился в 1 км от места первого контакта. Координаты 19.33°С, 33.55°З. От основного аппарата 6.VII.1997 в 05.40 UT отделился малый 6-колесный марсоход "Соджорнер". Связь с марсоходом поддерживалась через посадочный аппарат. На марсоходе были стерео-камера и прибор для измерений элементного состава пород. Последний сеанс связи был 27.IX.1997. На посадочном аппарате работали стерео-камера, прибор для измерений намагниченности пород, и метео-комплекс для измерений давления, температуры, скорости и направления ветра на трех уровнях. Получено 16 000 изображений на посадочном аппарате, 550 на марсоходе. Проведено 15 измерений состава грунта [60].				
<b>Нозоми/Надежда</b>	ИСМ	Япония (ИСАС)	3.VII.1998	<i>М5</i>
Оставался на промежуточной орбите до декабря 1998. Потерял часть горючего при уходе с нее, что привело к необходимости ряда повторных гравитационных маневров с пролетом около Земли. Прибудет к Марсу в декабре 2003.				
<b>Марс-Клаймет-Орбитер</b>	ИСМ	США	11.XII.1998	<i>Дельта-2</i>
Вывод на орбиту ИСМ планировался на 23.IX.1999, но не удался. В результате навигационной ошибки он вошел в атмосферу Марса и был потерян.				
<b>Марс-Поляр-Лэндер</b>	Посадочный аппарат и пенетраторы	США	3.I.1999	<i>Дельта-2</i>
Авария при посадочных операциях после отделения от перелетного модуля 3.XII.1999. От него отделились также два малых пенетратора <i>Deer Space 2 Probes</i> , которые также были потеряны. После отделения не было связи ни с посадочным аппаратом, ни с пенетраторами. Предполагаемая причина гибели посадочного аппарата – раннее выключение тормозного двигателя при развертывании опор из-за несовершенства программного обеспечения.				

В 2001 г. отменен посадочный аппарат (однако спутник запущен и вышел на орбиту). Что же касается экспедиции с доставкой вещества, то она отодвинута на много лет – не ранее 2010 г.

Эти драматические события последних лет не охладили интерес к этой планете. К ней уже летят

японский аппарат и новый американский, в 2003 г. будет запущен европейский *Марс Экспресс*. Программа исследований Марса стала, в значительной степени, международной, как это было с кометой Галлея. Разница в том, что тогда была "разовая" компания, а исследования Марса координируются на много лет вперед.



Таблица 4. Космические экспедиции к планетам-гигантам

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>Пионер-10</b>	Пролет вблизи Юпитера	США	2.III.1972	<i>Атлас-Центавр</i>
Первый полет к одной из планет-гигантов. КА успешно прошел пояс астероидов и пролетел около Юпитера 4.XII.1973 на расстоянии 132250 км. Были переданы 500 изображений Юпитера и его спутников, проведены измерения магнитного поля, захваченных заряженных частиц и солнечного ветра. Получил данные о характеристиках межпланетной среды в поясе астероидов и в системе Юпитера, необходимые для последующих экспедиций. Пересек орбиту Плутона 13.VI.1983 г. [61].				
<b>Пионер-11</b>	Пролет вблизи планет-гигантов	США	5.IV.1973	<i>Атлас-Центавр</i>
3.XII.1974 Пролет вблизи Юпитера. Следуя за КА <i>Пионер-10</i> успешно пролетел Юпитер 4.XII.1974 на значительно более близком расстоянии 42900 км. Повторил те же измерения на другой траектории, позволившей использовать тяготение Юпитера для гравитационного маневра на пути к Сатурну: 1.IX.1979 Пролет вблизи Сатурна. Первый космический аппарат, пролетевший вблизи Сатурна. Прошел у внешнего края кольца А на расстоянии 3500 км, пролетел под системой колец на расстоянии 20930 км от самой планеты. Были получены изображения, проведены измерения характеристик заряженных частиц и магнитного поля, такие же, что и при пролете Юпитера [61].				
<b>Вояджер-2</b>	Пролет вблизи планет-гигантов	США	20.VIII.1977	<i>Титан 3E-Центавр</i>
Была подобрана специальная траектория, более медленная, но обеспечившая последовательный пролет вблизи всех четырех планет-гигантов. Уйдя в полет первым <i>Вояджер-2</i> пролетел около Юпитера и Сатурна вторым, но после этого совершил первый пролет вблизи Урана и Нептуна 9.VII.1979 Пролет через систему Юпитера. Подтверждены открытия, сделанные при пролете КА <i>Вояджер-1</i> , получены дополнительные данные по атмосфере и по Галилеевым спутникам. 25.VIII.1981 Пролет через систему Сатурна. Подтверждены открытия, сделанные при пролете КА <i>Вояджер-1</i> 24.I.1986 Пролет через систему Урана. Получены новые данные о кольцах, изображения спутников. Обнаружено, что поверхность Миранды имеет нерегулярную структуру, как будто спутник был разрушен и собран заново. Сама планета Уран не показывает видимых проявлений атмосферной циркуляции, детали видны слабо. Нет проявлений присутствия внутреннего источника тепла – в отличие от трех других планет-гигантов. 25.VIII.1989 пролет через систему Нептуна. Найдено, что в его голубой атмосфере имеются быстрые циркуляционные движения, переменные белые облака, несколько больших овальных темных пятен. Близкий пролет вблизи Тритона показал, что его поверхность имеет необычное строение, имеется тонкая холодная атмосфера. На поверхности обнаружены гейзеры, демонстрирующие “ледяной вулканизм” с возможным участием азота и углеводородов. Кольца неоднородны по долготе [62].				
<b>Вояджер-1</b>	Пролет вблизи планет-гигантов	США	5.IX.1977	<i>Титан 3E-Центавр</i>
Был запущен вторым. С учетом успешного запуска КА <i>Вояджер-2</i> , посланного облететь все четыре планеты, <i>Вояджер</i> был выведен на более быструю траекторию, которая позволила провести быстрый пролет Сатурна и Титана, но исключала последующую встречу с двумя другими планетами. 5.III.1979 пролет через систему Юпитера. Открыто замечательное разнообразие в природе Галилеевых спутников: мощный вулканизм на Ио, изборожденная трещинами ледяная поверхность Европы, сложные структуры на Ганимеде, испещренная кратерами поверхность Каллисто. Найдено, что Европа, Ганимед и Каллисто – ледяные тела с относительно малой средней плотностью. Открыты кольцо Юпитера и небольшие внутренние спутники. Проведено фотографирование облаков, изучена динамика Красного пятна и полос. Наблюдались молнии на ночной стороне планеты. 12.XI.1980 пролет через систему Сатурна. Открыто сложное строение колец Сатурна, неустойчивые радиальные “спицы”, спутники-“пастухи”, пылевая материя в протяженной плоскости колец. Близкий пролет около Титана привел к открытию его плотной протяженной азотной атмосферы; в ней имеются метан, углеводороды, сложные органические молекулы, постоянная аэрозольная дымка [63].				



Таблица 4. Окончание

Название КА	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<i>Галилео</i>	ИСЮ/атмосферный зонд	США	18.X.1989	<i>Шаттл-ПВС</i>
Первый искусственный спутник Юпитера и первый зонд для исследования его атмосферы. Зонд был отделен от орбитального модуля 13.VII.1995. Он вошел в атмосферу 7.XII.1996 и передал данные на Землю через орбитальный аппарат, который в тот же день был выведен на орбиту. При помощи зонда были измерены вертикальная структура, оптические свойства и состав атмосферы. На спутнике проводились исследования четырех Галилеевых спутниках при многократных пролетах, динамики Красного пятна и других атмосферных образований на Юпитере. Найдены указания на возможное присутствие жидкой воды на Каллисто, Ганимеди и частично покрытой водным льдом Европе [64–65].				
<i>Кассини-Гюйгенс</i>	ИСС/зонд для Титана	США	15.X.1997	<i>Титан 4Б Центавр</i>
Совместный проект НАСА и ЕКА. Зонд для Титана создан ЕКА. Сближался с Землей и дважды с Венерой, выполняя гравитационные маневры на пути к Сатурну. Последний гравитационный маневр проведен при пролете вблизи Юпитера 31.XII.2000. В это время выполнялась научная программа, совместная с Галилео. Вывод на орбиту ИСС – искусственного спутника Сатурна – планируется на июль 2004. Орбита будет корректироваться с учетом результатов последовательных пролетов около Титана. Зонд будет отделен на первой орбите. Расчетная длительность снижения в атмосфере – 3 часа. Основные научные задачи миссии: исследования планеты, ее атмосферы, колец, магнитосферы, Титана, ледяных спутников .				

### ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТЫ

Космические экспедиции к планетам-гигантам осуществлялись только в США (см. табл. 4). Неудачных запусков не было. Аварий с прекращением работы в полете тоже не было, несмотря на большую продолжительность этих экспедиций. С технической точки зрения труднее всего было обеспечить работу электроники вблизи Юпитера по причине больших потоков энергичных частиц, захваченных в его магнитном поле. КА *Пионер-10* и *Пионер-11* впервые пересекли пояс астероидов и исследовали окрестности Юпитера и Сатурна.

Во второй половине 70-х гг. имела место особо благоприятная навигационная ситуация, когда при помощи одного аппарата можно было последовательно облететь все 4 планеты группы гигантов (“Большой тур”). Для этого подходили всего три последовательных окна запуска, одно из которых было в 1977 г. Повторения такой возможности пришлось бы ждать 166 лет. Поэтому НАСА приняла решение воспользоваться этой замечательной возможностью. КА *Вояджер-2* успешно осуществил этот “Большой тур”, завершив его в 1989 г. пролетом через систему Нептуна. *Вояджер-1* был выведен на другую траекторию, она обеспечила пролет вблизи Титана в системе Сатурна, однако Уран и Нептун при этом были недоступны. *Вояджер-1* и *Вояджер-2* впервые получили детальные изображения поверхности крупных спутников планет-гигантов. Каждый из них оказался удивительным, неожиданным миром. На Ио открыты действующие вулканы, на Тритоне гейзеры, на Европе ледяной панцирь, покрытый причудливой сетью трещин. Протяженная атмосфера, богатая органикой, найдена на Титане. Открыто множество малых спутников, исследованы системы колец.

Результаты интерпретации данных этих экспедиций изложены в шести обзорных монографиях [20–26].

Следующим шагом было создание искусственных спутников Юпитера (*Галилео*) и Сатурна (*Кассини*). Первый из них вышел на орбиту ИСЮ в 1995 г., второй находится на пути к Сатурну. В составе экспедиции *Галилео* был также зонд для прямых измерений характеристик атмосферы Юпитера. Он успешно выполнил свои задачи. Кассини тоже несет атмосферный зонд (*Гюйгенс*), но он будет сброшен не в атмосферу Сатурна, а на его спутник Титан. В обоих проектах имеется участие других стран. Двигательная установка для *Галилео* была разработана и изготовлена в Германии, за нее отвечало немецкое космическое агентство ДАРА. *Гюйгенс* находится под полной ответственностью Европейского космического агентства – ЕКА.

Таким образом, инженеры и ученые европейских стран глубоко вовлечены в проекты по исследованию планет-гигантов. Часто задавали вопрос, почему таких проектов не было в СССР. Можно назвать несколько причин; одна из них состоит в том, что в стране не было радиоэлементной базы с гарантированной высокой надежностью при очень длительной эксплуатации.

### МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Малые тела – астероиды, кометы, спутники планет – представляют максимальный интерес с точки зрения проблемы происхождения и ранней эволюции Солнечной системы. Именно их вещество имело шанс сохраниться в первозданном виде, не подвергаясь действию более поздних процессов.

Таблица 5. Космические экспедиции к малым телам Солнечной системы

Название КА и объект	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<b>ICE Комета Джакобини–Зиннера</b>	Пролет	США	12.VIII.1978	<i>Дельта</i>
<i>International Comet Explorer</i> . Первая экспедиция для кометных исследований. Первоначально задачей миссии было исследование межпланетной среды, и она имела другое название – <i>ISEE-3</i> . Позднее (1983) она была переименована, траектория КА была скорректирована, и 11.IX.1985 он прошел через хвост кометы Джакобини–Зиннера				
<b>Вега-1 Комета Галлея</b>	Пролет	СССР	15.XII.1984	<i>Протон-Д</i>
После завершения венерианской части миссии в июне 1985 аппарат был направлен к комете Галлея и прошел через ее кому на расстоянии 8890 км от ее ядра 6.III.1986. Получены изображения ядра и пылевых структур внутренней комы при разных углах фазы. Выполнены измерения плазменной среды, потоков пыли, состава пылевой и газовой среды [11, 29, 48, 49, 50].				
<b>Вега-2 Комета Галлея</b>	Пролет	СССР	21.XII.1984	<i>Протон-Д</i>
Идентичен КА <i>Вега-1</i> . КА прошел на расстоянии 8030 км от ядра кометы 6.III.1986. Благодаря пролету обоих советских аппаратов были уточнены эфемериды кометы, и это позволило <i>Джотто</i> с меньшим риском совершить гораздо более близкий пролет через несколько дней. Большая часть научных приборов <i>Веги-1</i> и <i>Веги-2</i> была разработана и изготовлена на основе международной кооперации [11, 29, 50, 66].				
<b>Сакигаке Комета Галлея</b>	Пролет	Япония (ИСАС)	7.I.1985	<i>M3S2</i>
Пролетел около кометы Галлея 11.III.1986 на очень далеком расстоянии – 6990000 км. Проводил измерения полей и заряженных частиц [29, 48].				
<b>Суисеи Комета Галлея</b>	Пролет	Япония (ИСАС)	18.VIII.1985	<i>M3S2</i>
Пролетел около кометы Галлея 8.III.1986 на далеком расстоянии – 151000 км. Получил изображения в линии Лайман-альфа, проводил измерения полей и заряженных частиц [29, 48].				
<b>Джотто Комета Галлея</b>	Пролет	Европа (ЕКА)	2.VII.1985	<i>Ариан-1</i>
Встреча с кометой Галлея 14.III.1986 Встреча с кометой Grigg-Skjellerup 10.VII.1992				
Первый Европейский планетный космический аппарат. 14.III.1986 совершил пролет через кому кометы Галлея на очень близком расстоянии от ядра – 596 км., Получены изображения ядра и пылевых структур внутренней комы – с более высоким разрешением по сравнению с <i>Вегой-1, 2</i> , но только при одном фазовом угле. Выполнены измерения околокометной плазмы, потоков пыли, состава пылевой и газовой среды. <i>Джотто</i> был сильно поврежден кометной пылью, но сохранил работоспособность до встречи с еще одной кометой – Grigg-Skjellerup. 10.VII.1992 прошел на близком расстоянии от нее. Изображений получено не было из-за повреждений, полученных во время встречи с кометой Галлея [29, 48, 66].				
<b>Фобос-1 Фобос</b>	ИСМ	СССР	7.VII.1988	<i>Протон-Д</i>
КА <i>Фобос-1</i> и <i>Фобос-2</i> планировалось вывести на орбиту искусственных спутников Марса, близкую к орбите Фобоса. Программа их работы предусматривала многократные сближения с Фобосом, пассивные и активные дистанционные исследования его поверхности, посадку на нее малых станций. <i>Фобос-1</i> был потерян 2.IX.1988 на пути к Марсу из-за ошибки при выдаче команд с Земли.				
<b>Фобос-2 Фобос</b>	ИСМ	СССР	12.VII.1988	<i>Протон-Д</i>
Идентичен <i>Фобос-1</i> , были некоторые отличия в составе НА. Выведен на орбиту ИСМ 30.I.1989. Проводил измерения плазменной среды, дистанционные исследования Марса и Фобоса с орбиты. Потерян 27.III.1989 из-за отказа электроники БЦВМ. Большая часть научных приборов КА <i>Фобос</i> была разработана и изготовлена на основе международной кооперации [58].				
<b>Галилео Астероиды</b>	Пролет на пути к Юпитеру	США	18.X.1989	<i>Шаттл-IUS</i>
Гаспра – пролет 29.X.1991 Ида – пролет 28.VIII.1993				

Первые исследования малых планет при прохождении через главный пояс астероидов. Получены изображения и ИК-спектры двух астероидов, проведены плазменные исследования. Открыт спутник астероида Ида.

Таблица 5. Окончание

Название КА и объект	Назначение КА	Страна	Дата	Носитель
<i>NEAR</i> 433 Эрос 253 Матильда – пролет 27.VI.1997 433 Эрос – спутник 14.II.2000 433 Эрос – посадка 12.II.2001	Искусственный спутник	США	17.II.1996	<i>Дельта-2</i>
<i>Deep Space 1</i> Брейль – пролет 29.VII.1999 Борелли – пролет 22.IX. 2001	Полет для испытания КА	США	24.X.1998	<i>Дельта-2</i>
<i>Stardust</i>	Доставка образцов вещества кометы	США	7.II.1999	<i>Дельта-2</i>

Основной задачей экспедиции *Near Earth Asteroid Rendezvous (NEAR)* были дистанционные исследования астероида 433 Эрос (тип S) при помощи его искусственного спутника. По пути к Эросу 27.II.1997 КА встретился с астероидом 253 Матильда (тип C) и провел во время пролета его дистанционные исследования. Было установлено, что средняя плотность его мала, а поверхность сильно кратерирована. Первая попытка вывода на орбиту вокруг Эроса (в январь 2000) была неудачной, двигатель не запустился из-за ошибки в программе. Однако затем КА вернулся к Эросу и 14.II.2000 был успешно выведен на орбиту. Были проведены фотографирование, альтиметрия, ИК и гамма-спектрометрия. Магнитное поле не обнаружено. 12.II.2001 КА совершил мягкую посадку на поверхность астероида, хотя его конструкция не была на это рассчитана. После этого проводились измерения состава грунта в месте посадки при помощи гамма спектрометра до завершения экспедиции 28.II.2001 [67].

Полет для испытаний новой техники. Впервые ионный двигатель использован для межпланетной экспедиции – встречи с околоземным астероидом Брейль (1999KD). 29.VII.1999 КА пролетел на расстоянии 15 км от него. Из-за ошибки в программе не удалось навести камеру на астероид во время пролета, и каких либо серьезных данных о нем не получено. Траектория затем была скорректирована при помощи ряда последовательных включений ионного двигателя, и 22.IX.2001 КА встретился с кометой Борелли. Он прошел около ядра кометы на расстоянии 2200 км и передал на землю его высококачественные изображения.

Задачей экспедиции является пролет через кому кометы Вильд 2, получение изображений ее ядра, анализ состава кометных пылевых частиц, сбор и доставка на Землю образцов кометного пылевого вещества. Встреча с кометой запланирована на январь 2004 г., возвращение к Земле в январе 2006.

Сложилось так, что начали с комет. Первым около кометы (Джакобини–Зиннер) прошел американский космический аппарат *ICE*. Первоначально не предполагалось использовать его для кометных исследований, состав научной аппаратуры не был на это нацелен, пролет был на большом расстоянии от ядра, и, как итог, полученные научные результаты оказались мало интересными.

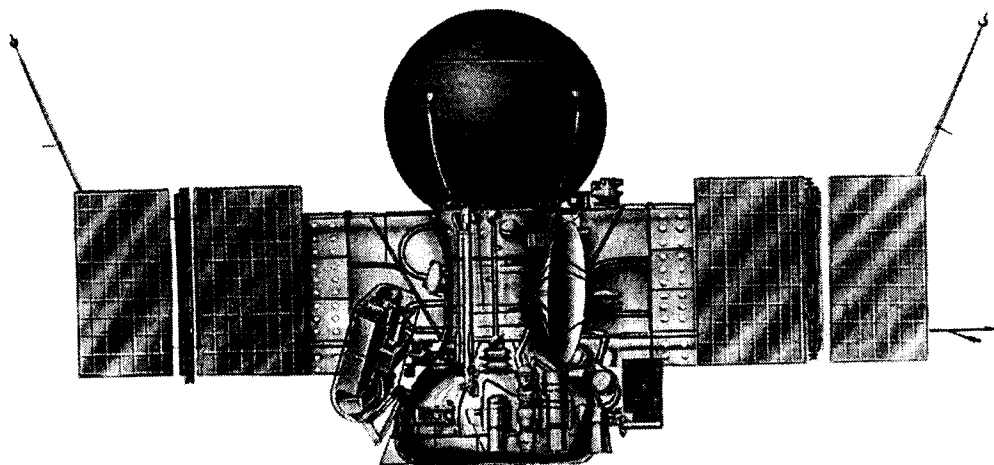
Гораздо более важными были исследования кометы Галлея в период ее прохождения через перигелий в 1986 г. В них участвовали пять космических аппаратов: два советских (*Vega-1* и *Vega-2*, рис. 10), европейский (*Джотто*) и два японских (*Суисей* и *Сакигаке*). Для Европы и Японии это был первый опыт полетов к телам Солнечной системы.

Комета Галлея имеет период обращения 76 лет. Ее предыдущее прохождение через перигелий было в 1910 г. Тогда оно было максимально удобным для наблюдений с Земли, так как Земля и перигелий кометы были по одну и ту же сторону от Солнца. В 1986 г. ситуация была обратной: Земля и комета в перигелии оказывались по разную сторону от Солнца. Поэтому для детального исследования кометы Галлея были особенно же-

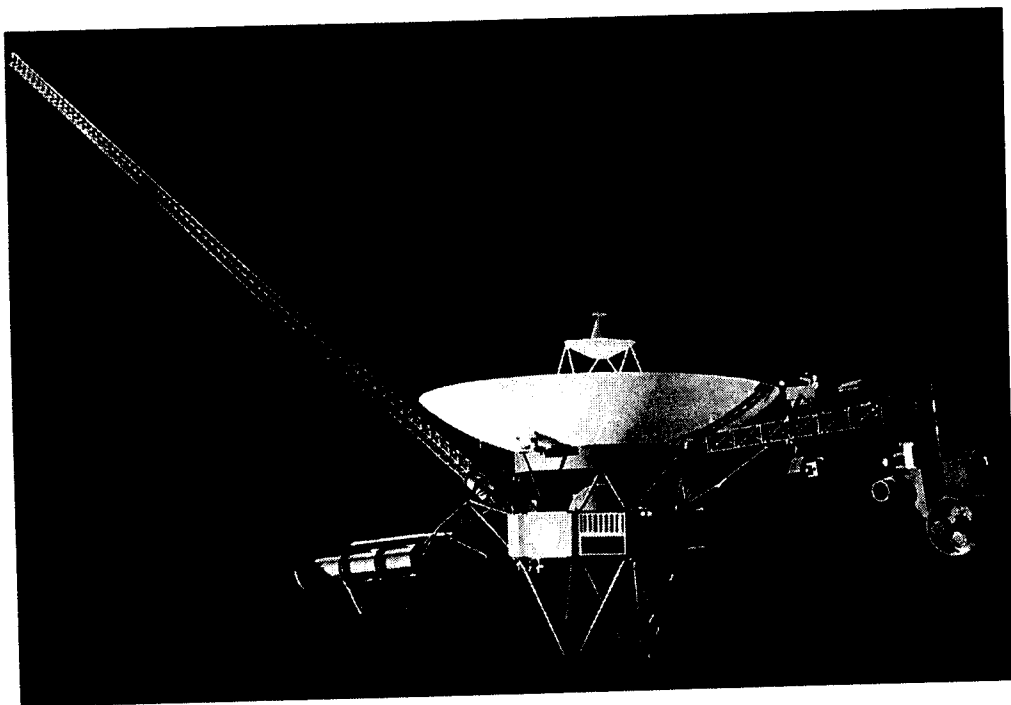
лательны космические аппараты. В любом случае их применение обещало существенно новые возможности, недоступные для обычных астрономических наблюдений.

Несмотря на большой научный интерес, НАСА не включила их в свои планы. Первоначально не предполагалось их проводить и в СССР, однако в некоторый момент произошли кардинальные изменения: был предложен и немедленно принят проект “*Vega*”, объединивший в одной экспедиции полеты к Венере (см. выше) и к комете Галлея. Он увлек многих, и работа над ним пошла быстро. Это был драматический и судьбоносный поворот событий [26, 27]. Инициатива принадлежала директору Института космических исследований Академии наук СССР (ИКИ) Р.З. Сагдееву. Он организовал вокруг проекта “*Vega*” мощную международную кооперацию. В СССР уже с 60-х гг. функционировал “Интеркосмос”, координировавший международное сотрудничество, так что опыт имелся, но такие масштабы оно приобрело впервые. ИКИ благодаря проекту “*Vega*” усилил свой международный авторитет.

Оказалось, что технические возможности космического аппарата, использовавшегося много раз для полетов к Марсу и Венере, значительно



**Рис. 9.** *Vega-2*, один из двух идентичных космических аппаратов проекта "Вега". В сферическом контейнере (верхняя часть КА) находится десантный модуль, который отделился при пролете около Венеры и вошел в ее атмосферу, доставив аэростатный зонд и посадочный аппарат (июнь 1985 г.). Космические аппараты *Vega-1* и *Vega-2* после пролета Венеры встретились с кометой Галлея в марте 1986 г.



**Рис. 10.** *Вояджер-2* – единственный в истории космический аппарат, посетивший последовательно четыре планеты: Юпитер (1979), Сатурн (1981), Уран (1986), и Нептун (1989).

шире, чем считалось ранее. Генеральный конструктор В.М. Ковтуненко дал ему новую жизнь. Он добавил к обычному посадочному аппарату аэростатный зонд, а орбитальный модуль приспособил для пролета вблизи ядра кометы с проведением обширной программы ее исследований при помощи различных приборов, включая автома-

тическую поворотную платформу с ТВ-камерами и спектрометрами.

Для координации миссий к комете Галлея был создан консультативный совет космических агентств (*IACG*), который впоследствии был сохранен и работал над другими темами, требующими аналогичной концентрации сил. Таким обра-

зом, исследования кометы Галлея весьма благоприятствовали интернационализации космических исследований в целом.

Через год после завершения этих экспедиций в Гейдельберге была проведена большая международная конференция, где были доложены первые результаты интерпретации новых данных, полученных как из космоса, так и с Земли [29].

При помощи ТВ-камер *Vega-1*, *Vega-2* и *Джотто* впервые ядро кометы наблюдалось как пространный разрешенный объект. Были определены его размеры, форма, топография, оценена плотность. Был показано, что эти характеристики соответствуют классической модели Уиппла — ядро кометы является консолидированным телом, в состав которого входят льды и раздробленный материал. Впервые были получены прямые наблюдательные данные о содержании “родительских” молекул в коме. Впервые было найдено кометное органическое вещество. Была получена детальная картина взаимодействия вещества комы с солнечным ветром.

После завершения экспедиции “Вега” усилия НПОЛ и ИКИ были сконцентрированы на проекте “Фобос” с задачей провести детальные исследования одной из двух маленьких марсианских лун. Работа над ним шла уже давно, но медленно, т.к. одновременно продвигать два крупных планетных проекта было бы невозможно.

Выше уже говорилось об исследованиях Марса при помощи КА *Фобос-2*, и о судьбе этой экспедиции в целом. Здесь мы добавим несколько слов о ее замысле и о результатах экспериментов по изучению Фобоса. Основной целью было определение элементного, химического и минералогического состава его поверхностного слоя. В первом варианте предполагалось причаливание к Фобосу всего аппарата. Но позднее решили делать по-другому: пройти над поверхностью на очень низкой высоте, испарить лазерной пушкой некоторое количество вещества и анализировать его при помощи масс-спектрометра. Кроме того, предполагалось десантировать на поверхность две малые станции: одну неподвижную и одну, способную по ней перемещаться. Также предусматривались дистанционные измерения — ТВ-съемка, фотометрия, спектрометрия, ИК-радиометрия. Только их и удалось осуществить.

ТВ-съемка поверхности Фобоса была ранее проведена американскими ИСМ *Маринер-9*, *Викинг-1* и *Викинг-2* новые изображения добавили ее цветовые характеристики. Важным результатом было получение спектра отражения Фобоса: оказалось, что он не соответствует углистым хондритам, вопреки принятым ранее представлениям. Во второй половине марта 1989 г. *Фобос-2* стал искусственным спутником Фобоса, и это

позволило с высокой точностью оценить его массу и среднюю плотность.

Следующий шаг в изучении малых тел сделал Галилео. Пересекая пояс астероидов, он прошел на близком расстоянии от Иды и Гаспры, были проведены их дистанционные исследования. При этом был открыт спутник Иды. Никто не ожидал, что небольшой астероид может обладать спутником.

В 1996 г. был запущен *NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous)* — первый аппарат, специально предназначенный для исследований астероидов, правда, тоже дистанционных. Он в течение года был искусственным спутником астероида Эрос. Эта экспедиция была эффектно завершена мягкой посадкой на Эрос, однако каких-либо прямых измерений не было. Программа экспедиции этого не предусматривала, и сам КА не был приспособлен для посадки.

Среди астероидов особый интерес представляют т.н. околоземные. Среди них есть такие, орбиты которых близко подходят к Земле. Столкновение с астероидом, если оно произойдет, может смести с нее все живое. Поэтому тщательные наблюдения за околоземными астероидами, измерения их орбит и физических характеристик являются одной из важнейших задач будущих исследований. Уже начинается использование для этой цели космических аппаратов.

## О ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКАХ И ОБОЗНАЧЕНИЯХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

К источникам, цитированным выше, мы добавили некоторые ссылки в Таблицы, имея в виду главным образом источники, где можно найти больше информации об отдельных миссиях или программах. Кроме того мы должны упомянуть о двух справочных источниках, в которых собраны краткие сведения о многих миссиях, а именно [30, 31]. Российский читатель хорошо знает Энциклопедию “Космонавтика” [30] как очень полезный и надежный справочный источник. Однако выпущена эта книга была давно, и там почти нет сведений о неудачных пусках в СССР. Книга [31] дает краткую информацию обо всех планетных миссиях, как успешных, так и неудачных, однако доступна она только западному читателю.

В разных источниках иногда приводятся несколько различные обозначения первых советских КА. Мы следовали, в основном [3–5], но ввели в нескольких случаях коррекции в соответствии с другими источниками, в частности со списком неудачных запусков РН *Молния* (8К78), опубликованным в журнале “Новости космонавтики” (1997, №1, С.32; автор не указан).

РН *Протон-К* использовался в более поздних советских экспедициях к Луне и планетам. При этом верхней ступенью служил блок Д, который переводил КА с низкой околоземной орбиты на траекторию межпланетного перелета. В таблицах мы для краткости используем нестандартное обозначение *Протон-Д*.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История планетных исследований средствами космической техники насчитывает менее 40 лет. До 31.XII. 2000 было сделано 183 запуска, 91 экспедиция принесла новые научные данные о Луне, планетах или малых телах. Две будут в завершены в XXI веке. В основном, эта работа была проделана в двух странах – США и СССР. Ситуация изменилась в последнем десятилетии, и сейчас все выглядит по иному. Отметим некоторые общие тенденции развития:

1. Расширяется круг стран, в которых запускаются космические аппараты к телам Солнечной системы.
2. Налажены широкий обмен информацией и координация исследований.
3. В научные эксперименты вовлекаются ученые многих стран, в том числе не имеющих своих национальных планетных космических проектов.
4. Космические агентства начали выполнять совместные проекты, такие как Кассини/Гюйгенс.
5. СССР вносил большой вклад в исследования планет и малых тел Солнечной системы до конца 80-х гг. Позднее Российская федерация пыталась, но оказалась не в состоянии продолжить эти работы на уровне национальных проектов. Между тем накоплен уникальный опыт, и необходимо его сохранить. Возможным решением была бы кооперация с другими космическими агентствами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С.П. Королева / Под ред. Семенова Ю.П. М.: РКК “Энергия”, 1996.
2. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди (2-е изд.). М.: Машиностроение, 1999.
3. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. Фили, Подлипки, Тюратам. М.: Машиностроение, 1999.
4. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. М.: Машиностроение, 1999.
5. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. Лунная гонка. М.: Машиностроение, 1999.
6. *Von Braun W., Ordway F.J. III.* History of rocketry and space travels. N.Y.: Thomas Y. Crowell Company, 1969.
7. *Siddiqi A.A.* Challenge to Apollo: the Soviet Union and the space race, 1945–1974, (NASA History Series). NASA SP2000-4408. Washington, D.C., 1999.
8. НПО им. С.А. Лавочкина. На Земле, в небе и в космосе / Под ред. Серебренникова В.А., Войтика В.Л., Шевалева И.Л. и др. М.: Военный парад, 1997.
9. Космохимия Луны и планет // Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Под ред. Виноградова А.П. М.: Наука, 1975.
10. *Кузьмин А.А., Маров М.Я.* Физика планеты Венера. М.: Наука, 1974.
11. *Sagdeev R.Z., Blamont J., Galeev A.A. et al.* Vega spacecraft encounters with comet Halley // *Nature*. 1986. V. 321. P. 259–262.
12. *Venus / Eds. Hunten D.M., Colin L., Donahue T.M., and Moroz V.I.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1983.
13. *Venus II / Eds. Bougher, S.W., D.M. Hunten, and Phillips, R.J.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1997.
14. *Ксанфомалити Л.В.* Планета Венера. М.: Наука, 1985.
15. *Perminov V.G.* The difficult road to Mars. A brief history of Mars exploration in the Soviet Union. NASA NP-1999-251-HQ, Washington. D.C. 1999.
16. *Мороз В.И.* Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978.
17. *Snyder C.W., Moroz V.I.* Spacecraft exploration of Mars // *Mars / Eds. Kieffer H.H., Jakosky B.M., Snyder C.W., and Mattheus M.S.* Tucson, Arizona: The University of Arizona Press, 1992.
18. *Mars / Eds. Kieffer H.H., Jakosky B.M., Snyder C.W., and Mattheus M. S.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1992.
19. *Sagdeev R.Z., Zakharov A.V.* Brief history of the Phobos mission // *Nature*. 1989, V. 341. 518–618.
20. *Jupiter / Ed. Gehrels T.* Tucson, Arizona: The University of Arizona Press, 1974.
21. *Satellites of Jupiter / Ed. Morrison D.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1982.
22. *Saturn / Eds. Gehrels T., and Mattheus M.S.* Tucson, Arizona: The University of Arizona Press, 1982.
23. *Planetary Rings / Eds. Greenberg R., and Brahic A.* Tucson, Arizona: The University of Arizona Press, 1984.
24. *Satellites / Eds. Burns J.A., and Mattheus M. S.* Tucson, Arizona: The University of Arizona Press, 1986.
25. *Uranus / Eds. Bergstrahl J.T., Miner E.D., and Mattheus M.S.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1991.
26. *Neptun and Triton / Ed. Cruikshank D.P.* Tucson. Arizona: The University of Arizona Press, 1995.
27. *Sagdeev R.Z.* The making of the Soviet scientist. N.Y., Chichester, Brisben, Toronto, Singapur: John Wiley, 1994.
28. *Moroz V.I.* Spectra and spacecraft // *Planetary and Space Science*. 2001. V. 49. P. 173–190.
29. *Exploration of Halley’s Comet / Eds. Grewing M., Praderie F., Reinhard R.* Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio: Springer-Verlag, 1987.
30. *Космонавтика.* Энциклопедия / Под ред. В.П. Глушко, М.: Советская энциклопедия, 1985.
31. *Siddiqi A.A.* Deep Space Chronicle: A Chronology of Deep Space and Planetary Probes, 1958–2000. (NASA History Series). Washington, D.C., 2001.
32. Первые фотографии обратной стороны Луны. М.: Изд. АН СССР, 1959.
33. Атлас обратной стороны Луны. М.: Изд. АН СССР, 1960.

34. *Hall R. C. Lunar Impact: A History of Project Ranger. NASA SP-4210, Washington. D.C. 1977.*
35. Первые панорамы лунной поверхности. М.: Наука, 1966
36. *Wilford J.N. We reach the Moon. N.Y., Toronto-London: Bantam Books, 1969.*
37. Лунный грунт из Моря Изобилия / Под ред. Виноградова А.П. М.: Наука, 1974.
38. Передвижная лаборатория на Луне "Луноход-1" / Под ред. Виноградова А.П. М.: Наука, 1971.
39. *Клементайн\* // Science. 1994. V. 266. № 5192. P. 1835-1862.*
40. *Лунар Проспектор\* // Science. 1998. V. 281. № 5382. P. 1475-1500.*
41. *Маринер-5\* // Science. 1974. V. 183. № 4131. P. 1289-1320.*
42. *Dunne J.A., Burgess E. The Voyage of Mariner 10: Mission to Venus and Mercury. NASA SP-424. Washington. D.C., 1978.*
43. *Венера-9, 10\* / Космич. исслед. 1976. Т. 14. № 5 и 6. С. 651-877.*
44. *Викинг-1, 2\* // J. Geophys. Res. 1980. V. 85. № A13. P. 7575-8337.*
45. *Венера-11, 12\* // Космич. исслед. 1979. Т. 17. № 5. С. 643-831.*
46. *Венера-13, 14\* // Космич. исслед. 1983. Т. 21. №2. С. 147-319.*
47. *Венера-15, 16 \* // Космич. исслед. 1985. Т. 23. № 2. С. 179-267.*
48. *Space missions to Halley Comet / Ed. R. Reinhardt / ESA SP-1066, 1986.*
49. *Аэростатные зонды Вега-1, 2\* // Science. 1986. V. 231. P. 1349-1425.*
50. *Вега-1, 2\* // Космич.исслед. 1987. Т. 25. № 5 и № 6. С. 643-958.*
51. *Магеллан\* // J. Geophys. Res. 1992. V. 97. № E8. P. 13063-13689.*
52. *Маринер-9\* // Icarus. 1972. V. 17. № 2. 289-569.*
53. *Hartmann W.K., Raper O. The New Mars. NASA SP-337. Washington. D.C., 1974.*
54. *Марс-5\* // Космич. исслед. 1975. Т. 13.*
55. *Поверхность Марса / Под ред. Сидоренко А.В. / М.: Наука, 1980.*
56. *Викинг-1 и Викинг-2\* // J. Geophys. Res. 1977. V. 82. № 28; 1979; V. 84. № B14.*
57. *Viking Orbiter Views of Mars / Ed. Spitzer C.R. NASA SP-441. Washington. D.C. 1980.*
58. *Фобос\* / Nature. 1989. V. 341. № 6243. P. 581-618; Planetary Sp. Sci. 1991. V. 39. №1/2. P. 1-399.*
59. *Марс Глобал Сервейор\* // Science. 1998. V. 279. № 5357. P. 1671-1698.*
60. *Mars Pathfinder\* // Science. 1997. V. 278, № 5344. P. 1734-1774.*
61. *Fimmel R.O. et al. Pioneer Odyssey. NASA SP-396. Washington D.C., 1977.*
62. *Вояджер-2\* Юпитер // Science. 1980. V. 206. № 4420. P. 925-996; Сатурн // Science. 1982. V. 215. № 4532. P. 499-594; Уран // Science 1986. V. 233. P. 39-109; Нептун // Science. 1989. V. 246. P. 1417-1501.*
63. *Вояджер-1\* Юпитер // Science. 1979. V. 204. 945-1008; Сатурн // Science. 1981. V. 212. №4491. P. 159-423.*
64. *Галилео, атмосферный зонд // Science. 1996. V. 272. № 5263. P. 837-860.*
65. *Галилео, орбитальный аппарат\* // Science. 1996. V. 274. P. 377-401.*
66. *Вега и Джотто\* // Nature. 1986. V. 321. P. 259-366.*
67. *NEAR\* // Science. 2000. V. 289. P. 2085-2101; Science. 2001; V. 292. P. 484-491.*

\*Номер журнала, или серия публикаций в одном номере, посвященные данной миссии.

## Planetary Missions of the 20th Century

V. I. Moroz<sup>1</sup>, W. T. Huntress<sup>2</sup>, and I. L. Shevlev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Space Research of Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, Washington, DC, USA*

<sup>3</sup> *Lavochkin Association, Khimki, Moscow Region, Russia*

Among of the highlights of the 20th century were flights of spacecraft to other bodies of the Solar System. This paper describes briefly the missions attempted, their goals, and fate. Information is presented in five tables on the missions launched, their goals, mission designations, dates, discoveries when successful, and what happened if they failed. More detailed explanations are given in the accompanying text. It is shown how this enterprise developed and evolved step by step from a politically driven competition to intense scientific investigations and international cooperation. Initially, only the USA and USSR sent missions to the Moon and planets. Europe and Japan joined later. The USSR carried out significant research in Solar System exploration until the end of the 1980s. The Russian Federation no longer supports robotic planetary exploration for economic reasons, and it remains to be seen whether the invaluable Russian experience in planetary space flight will be lost. Collaboration between Russian and other national space agencies may be a solution.