

629.78

С 568

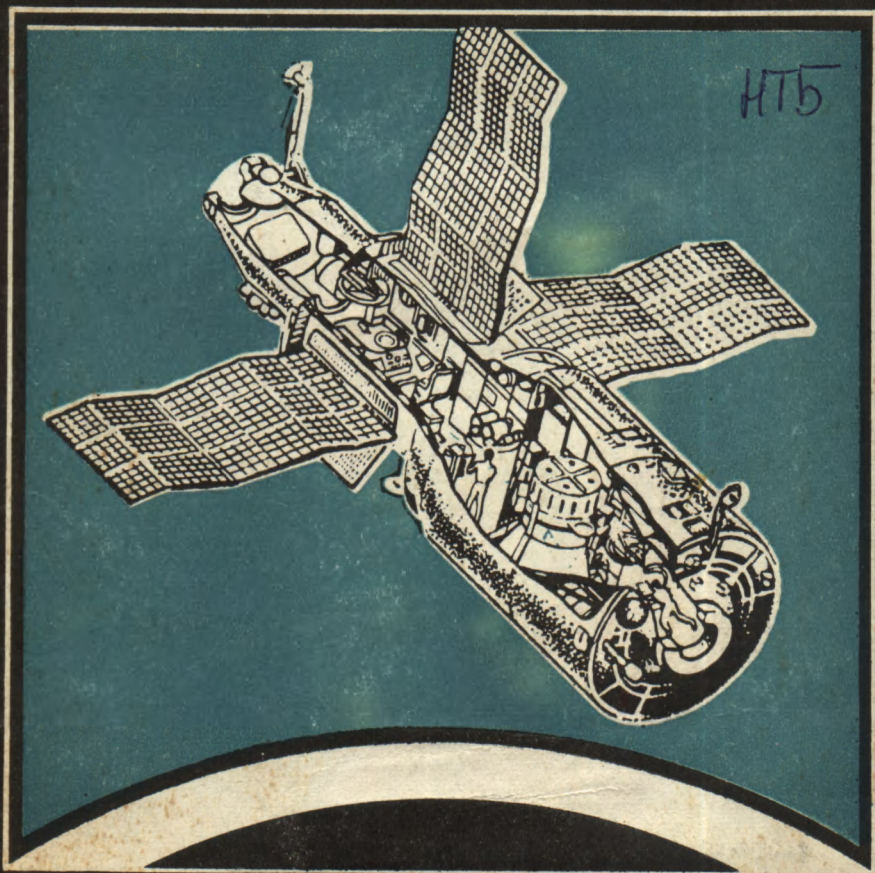
ИЕ

НОВОЕ  
В ЖИЗНИ,  
НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

СЕРИЯ  
КОСМОНАВТИКА,  
АСТРОНОМИЯ

# СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ

12'79



629.78  
С568

НОВОЕ  
В ЖИЗНИ,  
НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

# СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ

Серия  
«Космонавтика,  
астрономия»  
№ 12, 1979 г.

Издается  
ежемесячно  
с 1971 г.

## УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

После просмотра источника информации (книги, журналы и т. д.) зачеркните очередную цифру.

1 2 3 4 5 6 7 8 9  
10 11 12 13 14 15 16  
17 18 19 20 21 22 23  
24 25 26 27 28 29 30  
31 32 33 34 35 36 37  
38 39 40 41 42 43 44  
45 46 47 48 49 50

«Знание»  
Москва  
1979

НТБ п/я Г-4149

17872 SJ

От редакции . . . . .	3
В. А. ИВАНОВ. «Салют-6»: третья основная экспедиция (хроника полета) . . . . .	5
К. Я. КОНДРАТЬЕВ. «Вояжеры» исследуют Юпитер . . . . .	34

### СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ

Гл. отраслевой редактор В. П. Демьянов  
 Редактор Е. Ю. Ермаков  
 Мл. редактор О. А. Васильева  
 Обложка М. А. Гусева  
 Худож. редактор Л. П. Ромасенко  
 Техн. редактор А. М. Красавина  
 Корректор В. В. Каночкина

ИБ № 1715

Т 17994. Индекс заказа 94212. Сдано в набор 19.09.79. Подписано к печати 14.11.79. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Усл. печ. л. 3,36. Уч. изд. л. 3,50. Тираж 32 080 экз. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Заказ 1769. Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Цена 11 коп.

### С56 Современные достижения космонавтики, М., «Знание», 1979.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 12. Издается ежемесячно с 1971 г.)

Минувший год ознаменовался выдающимся достижением советской космонавтики — самым продолжительным в истории человечества пилотируемым полетом космонавтов Владимира Ляхова и Валерия Рюмина на научном комплексе «Салют-6» — «Союз». Об этом полете, имеющем огромное значение для дальнейшего развития космонавтики, рассказывается в данной брошюре. В ней также освещаются новости зарубежной космонавтики, касающиеся исследований Юпитера американскими аппаратами «Вояджер».

Брошюра рассчитана на широкий круг читателей.

31901

39.6

## От редакции

Не прошло и года после успешного завершения 140-суточного полета второй основной экспедиции научной станции «Салют-6», а советская наука и техника достигли новых выдающихся свершений в исследовании и освоении космического пространства. Успешно завершён самый длительный в истории пилотируемый полёт третьей основной экспедиции, продолжавшийся 175 суток.

После благополучного возвращения на Землю космонавтов В. А. Ляхова и В. В. Рюмина Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР отметили, что «...длительный полет советских космонавтов, их героический труд на околоземной орбите вызвали огромный интерес и неослабное внимание миллионов людей во всем мире. На борту научно-исследовательского комплекса «Салют-6»—«Союз» выполнена широкая программа научно-технических и медико-биологических исследований, включающая астрофизические наблюдения, эксперименты по космическому материаловедению, изучение развития биологических объектов в условиях невесомости, исследование природных ресурсов Земли, испытание новых приборов и систем космических аппаратов... Успешным осуществлением длительной экспедиции советских космонавтов внесен крупный вклад в решение намеченных XXV съездом КПСС важных задач исследования космического пространства в интересах развития науки и народного хозяйства страны...»

О ходе полета и выполнении программы третьей основной экспедиции советской научной станции «Салют-6» рассказывается в данной брошюре. В ней также освещается и другой крупный вклад в изучение космического пространства — исследование Юпитера и его спутниковой системы с помощью американских автоматических станций «Вояджер».

Минувший год был богат и другими космическими свершениями, но нашей задачей не являлось освещение всех последних достижений космонавтики. Это было бы и невозможно в рамках одной лишь брошюры. Однако все эти достижения, несомненно, будут должным

образом рассмотрены в последующих брошюрах данной серии.

В заключение отметим значительно расширившееся в последние годы международное сотрудничество в области изучения и освоения космоса, а также весомый вклад в это сотрудничество со стороны Советского Союза. Так, например, ряд экспериментов, осуществленных на научно-исследовательском комплексе «Салют-6» — «Союз», был подготовлен совместно учеными Советского Союза и социалистических стран — участниц программы «Интеркосмос», а также учеными Франции. По программе «Интеркосмос» вместе с советскими космонавтами совершали полеты космонавты ЧССР, ПНР, ГДР и НРБ. При помощи советской ракетно-космической техники были выведены на орбиту чехословацкий, индийские и французские искусственные спутники Земли. Запущены очередные спутники «Интеркосмос». Проведены серии советско-шведских аэростатных экспериментов по проекту «САМБО». Расширенная программа проведенной в начале 1979 г. серии экспериментов по проекту «САМБО-2» предусматривала участие в них Франции и Австрии, а также использование искусственных спутников Земли, в том числе спутников «Интеркосмос-18 и -19».

Советско-американское сотрудничество в области космических исследований уже имеет долгую историю. Существенным вкладом в развитие космонавтики было успешное осуществление совместной программы «Союз» — «Аполлон». Важной вехой в развитии советско-американского сотрудничества стала историческая встреча в Вене Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнева и президента США Дж. Картера. Среди рассмотренных на этой встрече вопросов были и непосредственно касающиеся будущей программы советско-американского сотрудничества в космосе.

Активная позиция, которую занимает Советский Союз в расширении международного сотрудничества в исследовании и освоении космического пространства, наглядно показывает миролюбивую политику нашей партии и Советского правительства в области международных отношений, служит ярким свидетельством мирной инициативы нашего государства в развитии международного сотрудничества на благо всего человечества.

# «САЛЮТ-6»: ТРЕТЬЯ ОСНОВНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

(хроника полета)

В. А. ИВАНОВ,  
кандидат технических наук

Станция «Салют-6» совершала уже 8121-й оборот вокруг Земли, когда стартовал космический корабль «Союз-32» с «Протонами» на борту — командиром корабля Владимиром Ляховым и бортинженером Валерием Рюминым. Так, в воскресенье 25 февраля 1979 г. в 14 ч 54 мин по московскому времени начался многомесячный космический рейс советских космонавтов.

К встрече станцию предварительно подготовили. За пять суток до старта «Союза-32» была скорректирована ее орбита. Кроме того, в беспилотном режиме температура отсеков станции составляла всего 14°С, что было «удобно» для работы аппаратуры и эксплуатации бортовых систем и сэкономило потребление энергии. Перед стыковкой с космическим кораблем температуру подняли до значения 21°С, необходимого для работы экипажа.

С целью сохранения ресурса ряд приборов станции был выключен, когда она находилась в автоматическом режиме полета, и поэтому их следовало ввести в строй. И наконец, с помощью бортовых анализаторов тщательно обследовалась станционная атмосфера — изменений в ее составе не обнаружилось.

Сближение пилотируемого корабля со станцией заняло более суток. Уже на первых витках «Протоны» проверили систему сближения, а поздним вечером, перед сном, провели два маневра формирования монтажной орбиты. Утром следующего дня космонавты проснулись уже на полпути к «Салюту-6». На 17-м витке были выполнены еще два маневра сближения.

Стыковка космических аппаратов состоялась над Алтаем 26 февраля в 16 ч 29 мин 55 с по московскому времени. Перед касанием Земля порекомендовала космонавтам включить корабельную фару, так как и «Союз-32» и станция входили в земную тень. Эта стыковка была двенадцатой для «Салюта-6», а его стыковоч-

ные агрегаты приняли седьмой пилотируемый корабль.

«Станция в хорошем состоянии, — доложили «Протоны» по прибытии, — кругом порядок». «Фотоны» — Владимир Коваленок и Александр Иванченков — тщательно подготовили «Салют-6» к приему третьего основного экипажа. Перед тем как покинуть станцию, они обтерли ее помещение салфетками, составили подробную опись где что лежит. Последняя как бы служила путеводителем для «Протонов», хотя многое из внесенного в нее вряд ли могло потребоваться новоселам в первые дни пребывания на станции. Составленная опись позволяла не тратить время на поиски той или иной вещи, и «Протоны» руководствовались ею при ознакомлении с каждым станционным «уголком». Один из первых дней на станции так и назывался «Днем инвентаризации», причем Владимир Ляхов и Валерий Рюмин составили собственную опись размещения привезенных ими грузов.

Первые дни стали ознакомлением и с новым «образом жизни». «Все уплывает, — жаловались космонавты. — Теперь, вроде, поняли, где «склад потерянных вещей». Они собираются в переходной камере, у вентилятора. Сегодня одну инструкцию еле нашли». — «Как себя чувствуете?» — «Самочувствие у меня отличное», — ответил бортинженер. Валерий Рюмин, летавший до этого на «Союзе-25», на сей раз без всяких «усилий» переступил порог невесомости, и тем самым подтвердился любопытный феномен, о котором рассказывали дважды летавшие космонавты. Человеческий организм, уже перенесший однажды невесомость, как бы запоминает ее и вторично к ней приспосабливается легче.

Невесомость не только снимает нагрузку на мышцы и кости и перераспределяет в организме кровь. Она меняет работу многих анализаторов, нервных окончаний, их взаимное согласование. Не менее существенна перемена работы и быта, резкое изменение навыков и привычек.

Однако в эти дни обращать на себя внимание было некогда, необходимо ввести в строй первоочередные системы станции, наладить прочную связь с Землей, провести «поголовный» контроль бортовых систем и аппаратуры.

1 марта включение двигателя «Союза-32» обеспе-

чило перевод научного комплекса «Салют-6»—«Союз-32» на более высокую орбиту. Затем были проведены работы по консервации космического корабля. Попутно «Протоны» проводили «техосмотр» станции, составляли своего рода ремонтную ведомость и определяли объем профилактических работ. Тем самым была решена стратегическая задача — оценка работоспособности «Салюта-6», возможностей осуществления дальнейшей программы работы комплекса.

Дел было много, и «Протоны» даже шутили, что с расконсервацией станции им некогда и в «окошко» посмотреть. На четвертые станционные сутки космонавты опробовали беговую дорожку и бортовой велосипед — велоэргометр. С этого дня физкультурный тренаж сделался для них законом жизни.

4 марта «Протоны», как и все советские люди, приняли участие в выборах в Верховный Совет СССР. За кандидатов блока коммунистов и беспартийных они проголосовали в буквальном смысле этого слова — голосом.

С первых дней пребывания на станции космонавты начали ремонтно-профилактические работы и, в частности, заменили головки видеомэгнофона «Ватра». При этом впервые в практике космических полетов для бортовых работ использовался паяльник. Он действовал от станционной сети, без применения канифоли и олова. Бортинженер с удовольствием осуществил первую в невесомости пайку, сообщив, что космическая пайка значительно отличается от земной.

Одновременно с отладкой техники выполнялась и научная программа. Космонавты перенесли из корабля и разместили в термостатах биологические укладки. Вскоре они сообщили: «Вчера посадили лук, а сегодня уже корешки есть, примерно четыре миллиметра... Огурцы растут у нас в «Вазоне». Посадили перец и помидоры». Уход за растениями в космосе отличен от земного. Здесь их не только следует увлажнять и подкармливать, но и периодически... проветривать. Дело в том, что в космическом полете отсутствует естественная конвекция, и воздух способен застаиваться. Поэтому и вентиляторы в космосе служат не для комфорта, они жизненно необходимы: их непрерывная работа обеспечивает ликвидацию застойных зон.

Космонавты пустили в ход систему регенерации во-



ды, собирающую влагу из воздуха (около 0,85 л в день на человека). После очистки, серебрения и соответствующей обработки она приобретала вкус родниковой и включалась в бортовое водоснабжение.

Раз в 10 дней врачи центра управления полетом проводили широкое медицинское обследование экипажа. Они были довольны результатами и сообщали космонавтам: все в порядке, отклонений нет. Достаточно сказать, что пульс обоих «Протонов» не изменился ни перед стартом, ни во время выведения, ни в процессе стыковки.

Врачи-психологи следили за радиопереговорами экипажа, оценивая настроение и состояние космонавтов. «Как переносите отсутствие курения?» — интересовались врачи. «Спокойно, — отвечал Валерий Рюмин, — хотя перед этим 28 лет курил». — «Как аппетит?» — «Потрясающий. Хорошо идет сублимированный творог с орехами, картофельное пюре, хуже — вырезка, солянка по-деревенски...» — «После физкультуры устаете?» — «Все мышцы болят.словно с непривычки грузчиками поработали».

Каждый день 2,0—2,5 ч уходили на физические упражнения на бортовых физкультурных тренажерах. Врачи рекомендовали космонавтам бег с опущенными руками для сохранения мускулатуры, поддерживающей вертикальную позу. Выполнялось и подтягивание на перекладине. Только в отличие от Земли здесь космонавты подтягивали перекладину.

Тщательно и методично вместе с Землей экипаж работал по программе осмотра и проверки агрегатов станции. На борту более полутора тысяч устройств, блоков, приборов, около двух десятков пультов, семь постов управления. В системах станции сотня электродвигателей заставляет двигаться различные механизмы. При этом ряд систем комплекса «не имеет права» на остановку, отказ.

Если перестанет работать, например, система энергоснабжения станции, то оборвется радиосвязь, остановятся вентиляторы, не откроются управляющие электроклапаны реактивных двигателей, откажет автоматика. Вот почему эта система имеет повышенную надежность и приоритет в массе. Другие, менее ответственные узлы могут периодически заменяться.

Космонавты привели в порядок видеоконтрольное

устройство, позволяющее им следить за телевизионным изображением, передающимся с борта станции, проверили шлюзовые камеры (на «Салюте-6» две шлюзовые камеры). Во время беспилотного полета станции несколько упало давление в одной из камер. Возникло сомнение — нет ли утечки? Экипаж сначала проверил сигнализацию, затем стравил газ, продул и вновь наполнил шлюз, поставив его на 10-суточную выдержку. Как показала проверка, шлюзовая камера была вполне работоспособной.

12 марта Земля отправила комплексу очередной грузовой транспортный корабль «Прогресс-5», который через двое суток состыковался со станцией. С каждым грузовым кораблем на орбитальную станцию доставляется обязательный «товарный» ассортимент: регенераторы и поглотители, продукты питания, вода, воздух, топливо. В числе особых грузов на этот раз прибыли специальная сушильная установка для сушки влажного белья в душевой кабине, система беспроводной внутристанционной связи «Кольцо», модернизированная печь «Кристалл», новые костюмы «Пингвин», около пуда бортдокументации и личные посылки.

Однако на сей раз «Прогресс» не был загружен до конца: пятый грузовой транспортный корабль подошел к станции с двумя пустыми топливными баками. Дело в том, что один из топливных баков станции находился «под подозрением»: телеметрическая информация указывала на неисправность сильфонного вытеснительного устройства, разделяющего топливо и подавливающий газ. Таким образом, часть газа (вытеснителя) могла проникнуть в топливо, а химически агрессивное горючее (диметилгидразин), в свою очередь, могло повлиять на уплотнения разделительных клапанов.

Центр управления полетом начал готовить операцию «Сепарация»: станцию раскрутили вокруг поперечной оси и топливо, сепарированное от газа, поступило в баки станции, а остатки парогазовой смеси перекачали в пустые баки «Прогресса-5». После этого открыли клапан в космическое пространство, чтобы окончательно освободить поврежденный бак и трубопроводы от остатков топлива.

Попутно специалисты центра попросили космонавтов оценить воздействие на них слабой искусственной тяжести, вызванной вращением «Салюта-6». «Никаких

ощущений, — ответили «Протоны», — только предметы поплыли в разные концы комплекса».

Операция восстановления двигательной установки продолжалась. Поврежденный бак оставили открытым в космос, и первоначальное давление после стравливания паров горючего составило в нем сотые доли миллиметра ртутного столба. Когда через три дня оно упало до тысячных долей, бак прополоскали сжатым азотом и исключили его из рабочего контура двигательной установки.

Проведенная операция, во-первых, позволила сохранить для комплекса несколько сот килограммов топлива. Во-вторых, она ограничила объем слива топлива в космос и соответственно уменьшила воздействие топлива на обшивку и иллюминаторы. Операция тщательно подготавливалась, проверялась на физическом аналоге двигательной установки и на математической модели станции.

Профилактические работы и разгрузка «Прогресса-5» проводились Владимиром Ляховым и Валерием Рюминым в таком ошеломляющем темпе, что Земля даже сдерживала космонавтов. «Нам иногда за ними трудно угнаться, — сказал руководитель полета А. С. Елисеев. — Выполнив суточную работу, они порой самостоятельно приступают к следующему пункту программы. И получается, что на другой день в очередном сеансе радиосвязи мы «встречаем» станцию не в том состоянии, в котором ожидали. А ведь все, что сделал экипаж, нужно оценить, проанализировать на Земле, убедиться, что все безупречно, выдать рекомендации. Мы объяснились по этому поводу с космонавтами, и они обещали, что опережать график больше не будут».

Выполняя регламентно-восстановительные работы, космонавты установили и подключили командно-сигнальное устройство, заменили блок питания многозонального космического фотоаппарата «МКФ-6М». Они оценили и сообщили на Землю состояние всех иллюминаторов станции.

В числе грузов, доставленных «Прогрессом-5» (всего около 300 наименований), был малогабаритный гамма-телескоп «Елена», предназначенный для выполнения эксперимента «Гамма-фон». Гамма-кванты, представляющие крайнюю наиболее жесткую составляющую электромагнитного спектра, обладая огромной энергией,

могут поставлять сведения о наиболее отдаленных от нас космических событиях, происходящих во Вселенной.

Однако атмосфера Земли не позволяет непосредственно регистрировать космические гамма-кванты в наземной обсерватории, да и в космосе возможны «помехи» их приему. Дело в том, что космические лучи, взаимодействуя с материалом оболочки космического комплекса, «выбивают» из нее гамма-кванты, создающие нежелательный добавочный гамма-фон. Телескоп «Елена» регистрировал и гамма-излучение, отраженное земной атмосферой. Измерение потока гамма-квантов показало отличие этой величины в станции, грузовых и транспортных кораблях. Так, самая тонкая оболочка корабля по сравнению с самой толстой оболочкой станции создала в 5 раз больший поток фоновых гамма-квантов.

«Прогресс-5», кроме того, привез все необходимое для переоборудования передающей телевизионной антенны станции в приемно-передающую: коммутационное устройство для переключения в режимы приема или передачи, а также легкий и чувствительный телеприемник, собранный на микросхемах и питающийся от бортовой сети. Космонавты выполнили нужные подключения, и 24 марта состоялась первая передача видеоизображения на борт космического комплекса с Земли.

«Протоны» высоко оценили это новшество и сразу же сделали заявки на телевизионные передачи программ «Время» и хоккейных матчей проходившего в эти дни чемпионата мира. Но помимо психологической поддержки космонавтов информационным и чисто человеческим общением, двухсторонняя видеосвязь «космос—Земля» позволяла передавать на борт научного комплекса схемы и графики. Иначе говоря, обеспечивала более высокий уровень контакта космонавтов с центром управления полетом.

3 апреля грузовой транспортный корабль отстыковался от станции, а накануне с помощью его двигателей комплексу «Салют»—«Союз» был сообщен разгонный импульс для поднятия орбиты.

10 апреля стартовал космический корабль «Союз-33», который пилотировали «Сатурны» — летчик-космонавт СССР Николай Рукавишников и космонавт-исследователь НРБ Георгий Иванов. Программой полета международного экипажа предусматривались стыковка «Сою-

за-33» со станцией «Салют-6» и проведение совместных советско-болгарских исследований и экспериментов.

«Сатурны» успешно выполнили маневры дальнего сближения. Но на расстоянии около 3 км от орбитального комплекса в работе сближающе-корректирующей установки «Союза-33» возникли сбои. Анализ телеметрической информации показал, что стыковку следует отменить, и «Сатурны» начали готовиться к спуску.

Тормозной импульс был выдан резервной двигательной установкой, и поскольку снижение спускаемого аппарата в атмосфере проходило по баллистической кривой, космонавтам пришлось в течение нескольких минут выдержать перегрузки, в восемь раз превышающие земные. Спускаемый аппарат рассчитан на два вида спуска: управляемый и баллистический, и космонавты тренируются выполнять и тот и другой. Пиковые перегрузки при баллистическом спуске почти в два раза превышают воздействие управляемого (планирующего). Однако устройство космического корабля «Союз» предусматривает такое воздействие. Так, например, ложементы кресел космонавтов отливаются индивидуально по их фигуре, что способствует равномерному распределению давления на человеческий организм.

Вскоре после возвращения на Землю «Сатурны» побывали в центре управления полетом. В сеансе радиосвязи они разговаривали с «Протонами», жалели, что не пришлось встретиться на орбите. «Ничего, — успокаивали их Владимир Ляхов и Валерий Рюмин, — не горюйте, ваши эксперименты мы обязательно выполним».

Летавшие до «Протонов» основные экспедиции увлекались визуальными, а точнее, визуально-инструментальными наблюдениями с орбиты, используя бинокли и приборы ночного видения. Наблюдения Земли всегда привлекают к себе космонавтов возможностью открытия нового. У каждого основного экипажа «Салюта-6» был свой индивидуальный подход к выбору объектов наблюдения, и поэтому их открытия касались определенной области. «Протонов» больше привлекал океан. «Мы заметили, — сообщали с орбиты космонавты, — что чем выше солнце, тем лучше видна окраска океана. При низком солнце он весь темно-голубой. Но вот под-

нимется солнце, и океан открывает свои цвета. Контрастней всего бирюзовый цвет. А при низком солнце видны течения, завихрения, полосы на воде».

Радиопереговоры «Протонов» о наблюдениях акватории на первых порах носили консультативный характер. «Отмечайте все, что увидите в океане: пятна, полосы, водовороты», — просили океанологи. «Сейчас видим две очень четкие полосы бирюзового цвета с завихрениями в районе Аравийского полуострова», — сообщали «Протоны». «Малейший намек на продуктивность в тропических широтах и на экваторе имеет важное значение. Эти широты до сих пор считались пустынными, непродуктивными», — консультировали их с Земли.

«Я видел прямо на экваторе, — докладывал Валерий Рюмин, — огромное пространство, занятое чем-то зеленым, возможно планктоном». «Протоны» быстро закончили период «орбитальной стажировки», и их визуальные наблюдения океана приобретали прикладной характер: по цветовым пятнам в океане они определяли местонахождение планктона, а по вихревым зонам, закрученным определенным образом, — места подъема глубинных вод.

По целеуказаниям космонавтов отправлялись рыболовные и исследовательские суда, и поэтому, уходя в переходной отсек, в иллюминаторах которого при гравитационной стабилизации открывался круговой обзор, космонавты шутливо сообщали Земле: «Пошли на рыбную ловлю». Нередко на борт орбитального комплекса поступали ответные сообщения: «Данные экипажа подтвердились. Обнаружили мощный этаж планктона. Он и дает бирюзовый оттенок. Большое рыбацкое спасибо».

Но не только задачам рыборазведки были посвящены визуальные наблюдения Мирового океана. Они предназначались и для изучения биоресурсов моря, их рационального использования и в перспективе — переходу от сбора «даров моря» к их планомерному культивированию.

Попутно обследовалось и мелководье — прибрежные зоны океанов и морей. Из космоса наблюдались подводные ложбины и поднятия, отчетливо были видны дельты рек, конуса их выноса. Периодические наблю-

дения выявляли динамику изменения мелководья и позволяли прогнозировать изменение прибрежного рельефа. Космонавты проводили регулярные наблюдения вулканов — как в океане, так и на суше.

«Протоны» вели последовательную работу по опознанию и предварительному анализу объектов съемки, выбору оптимальных условий фотографирования, рациональному использованию бортовой съемочной аппаратуры.

Бесперебойно работал металлургический «цех» орбитального комплекса: в электронагревных печах «Сплав-01» и «Кристалл» варились необычные материалы. Эти электроустановки были различными по своей конструкции. В «Сплав-01», размещенном в шлюзовой камере, ампулы с исходным веществом находились как бы на постоянном рабочем месте — в определенной части тепловой камеры. Технологический цикл каждого эксперимента определялся программой, которую космонавты задавали с пульта управления. Далее все выполнялось автоматически: нагрев, выдержка при заданной температуре, регулируемое охлаждение.

В тепловой камере «Кристалла», размещенной внутри станции, технологический процесс был организован иначе. Здесь металлическая капсула с тремя ампулами двигалась внутри температурного поля и в соответствии с заданным режимом происходило перемещение кварцевых ампул из одной температурной зоны в другую. Такой процесс позволял выполнять широкий набор экспериментов и технологических процессов, применяемых в производстве полупроводниковых материалов.

Невесомость позволяет получать полупроводниковые кристаллы не только с улучшенными, но и с совершенно новыми полезными свойствами. Программа металлургической деятельности «Протонов» включала работы по получению полупроводников как в виде объемных кристаллов, так и тонких пленок. Большинство экспериментов выполнялось впервые.

Однако Владимиром Ляховым и Валерием Рюминым изготавливались не только полупроводники — программа предписывала им время от времени становиться «стекловарами». Технология производства космического стекла позволяет по-новому организовать процесс его варки: в условиях невесомости можно отказаться от варочных сосудов, перейти к варке стекла в подвешен-

ном состоянии, не загрязняя примесями от варочных судов. Работы, выполненные «Протонами», являлись фрагментами обширной программы по получению стекол с весьма необычными свойствами: магнитооптических для блоков памяти вычислительных машин, лазерного стекла с программным распределением добавок в виде ионов активаторов.

Одновременно экипажем научного комплекса изготавливались космические металлы и сплавы, также обладающие самыми разнообразными свойствами: механическими, электрическими, магнитными, сверхпроводимостью. Намечено было получение и таких перспективных композитных материалов, структура которых напоминает железобетон (с тугоплавкими волокнистыми включениями).

Прошел месяц, другой, «Протоны» освоились на орбите, вжились в стационарный быт, но в разговорах с друзьями-космонавтами иногда прорывалось: «Как бы сейчас хотелось попасть под весенний теплый дождик, посмотреть, как бегут ручьи, взглянуть на солнышко, лес весенний». Нет, очень не просто жить в ограниченном «машинном мире» станции. В частности, опыт показал, что растения в нем не выживают, не могут завершить свой полный цикл: развиваясь только до определенной стадии, они, не достигнув созревания, погибали. На Земле пытались имитировать невесомость, точнее, лишали растения гравитационной определенности. С этой целью их закрепляли на клиноштате, вращающемся подобно «колесу обозрения», и направление земного тяготения за один оборот менялось. Как оказалось, растения не выдерживали «переориентации» силы тяжести и, выбросив несколько листков, переставали расти.

«Протоны» продолжали исследовать «короткий век» лука, огурцов, арабидонсиса. Причем в космических экспериментах использовалась бортовая микроцентрифуга — «биогравиатат». Скорость ее вращения и расположение подопытных растений были таковы, что для них создавалась примерно земная тяжесть. Космонавты предлагали свои варианты опыта. «Одно огуречное семечко, — сообщал Валерий Рюмин, — я положил против направления «силы тяжести», а оно извернулось и выросло в обратную сторону... Ростки тянутся по радиусу, корешки → в сторону перегрузок». Но и «тя-



жесть», создаваемая центрифугой, не помогала — огурцы погибли.

Космонавты экспериментировали, предлагали свои варианты, понимая, как важно добиться полного цикла развития растений для создания замкнутых бортовых систем жизнеобеспечения. Однако растения развивались лишь до бутонообразования, а затем все же погибали.

В отличие от растений животные доказали свою «космическую» жизнеспособность, возможность приспособиваться в условиях орбитального полета. В первую очередь это относится к микроорганизмам. Во время полета третьей основной экспедиции проводились опыты по изучению деления клеток микроба протей и простейшего организма парамеции в условиях действия факторов космического полета: невесомости, жесткого излучения, влияния околоземного магнитного поля.

Микробы — чрезвычайно удобный объект исследований. Они очень малы, и даже их многомиллиардная колония занимает ничтожный объем. Микробы быстро размножаются, и это позволяет одновременно исследовать несколько их поколений в одном эксперименте. И самое главное — на основании информации, полученной о микробах, можно благодаря подобию биологических процессов прогнозировать последствия длительного пребывания вне Земли на высшие организмы.

Мухи-дрозофилы, неоднократно бывавшие объектом биологических экспериментов в космосе, очень удобны для генетических исследований — они малы, быстро размножаются: через каждые две недели появляется на свет новое поколение. Дрозофилы выращивались в специальном термостате «Биотерм», где обеспечивалась оптимальная температура для их развития (+24° С).

К настоящему времени уже получено много интересного о развитии мух-дрозофил в условиях невесомости: они развиваются так же, как на Земле, — личинки, куколки, взрослые особи, откладывающие яйца на питательную среду. Новое поколение мух проходит все те же стадии развития, однако есть и немало проблем, связанных с выяснением конкретного влияния невесомости на их наследственность.

«Протоны» исследовали влияние факторов космического полета и на культуру клеток млекопитающих: в специальном «Биотерме» выдерживались клетки хомячка, в другом «Биотерме»-аквариуме находились рыбки.

В предыдущих экспериментах было выяснено, например, что невесомость для рыбок, родившихся на Земле, непреодолима и они гибнут, тогда как мальки, рожденные на орбите, способны приспособляться к необычным условиям. Проводимые «Протонами» исследования должны были продолжить изучение развития вестибулярного аппарата этих организмов в условиях невесомости.

В канун 1 Мая во время бортовой пресс-конференции космонавты подвели итог двух месяцев полета — программа, намеченная на этот период времени, была полностью выполнена. С помощью двухстороннего телевизионного канала «Земля—орбита» космонавты увидели демонстрацию на Красной площади и сами «присутствовали» на праздничном «Голубом огоньке».

11872 57  
«Протоны» продолжили работы (начатые предыдущими экспедициями). В их числе фотосъемка территорий нашей страны и социалистических стран, а также акваторий Мирового океана с помощью фотокомплексов «МКФ-6М» и «КАТЭ-140». Результаты этой фотосъемки использовались различными отраслями народного хозяйства. Если прежде, до космической эры, сначала проводились отдельные поисковые наблюдения, на основании которых затем составлялась мозаичная общая картина, то в настоящее время поиск полезных ископаемых начинается с обзорного космического обследования. Причем орбитальной рекогносцировке не мешают ни почвенные покровы, ни строительство поселков и городов над разломами, ни таежные дебри, ни пески и болота.

Затем на основании информации, полученной с помощью космических средств, в места, выбранные как перспективные, посылаются поисковые партии, и нередко именно там открывается новое месторождение. Подтвердилось, например, наличие нефти на полуострове Мангышлак, а в Днепровско-Донецком регионе, на пересечении широтных и меридиональных разломов, выявленных со станции «Салют», обнаружено Белоусовское нефтяное месторождение.

Шесть фотокамер «МКФ-6М» осуществляют одновременную, синхронную съемку. Чтобы получаемое изображение не искажалось, оптические оси всех шести

объективов являются строго параллельными. Аппарат «МКФ-6М» снабжен специальным устройством, сдвигающим объективы камер в момент фотографирования в сторону, обратную направлению движения «Салюта-6», для компенсации смазывания изображения из-за движения орбитального комплекса. Кроме того, благодаря перекрытию кадров аппарат «МКФ-6М» обеспечивает получение стереоскопического объемного эффекта.

Уникальность многозонального фотографического комплекса «МКФ-6М» заключается и в том, что, помимо получения качественного контрастного изображения земной поверхности, он способен регистрировать ее точный световой образ: каждая точка фотоснимка строго фиксирует величину отраженного солнечного светового потока и теплового излучения земной поверхности. Это обеспечивается высокой точностью всего фотокомплекса, а также малым разбросом его характеристик: выдержки, величины диафрагмы, оптических свойств.

Снимки, сделанные с помощью «МКФ-6М», позволяют следить за соблюдением рациональной рубки леса на огромных территориях и в самых глухих местах, труднодоступных обычному надзору. Специалисты по земельным ресурсам отыскивают по фотоснимкам, полученным с орбиты, пастбища в отдаленных районах, мелиораторы оценивают границы районов водосбора. Кроме того, многозональная фотосъемка из космоса позволяет выявить участки сброса промышленных вод, границы вечной мерзлоты, текущее состояние посевов, а также растительность, пораженную вредителями и болезнями.

Наряду с маршрутной фотосъемкой «Протоны» проводили фотографирование эталонных, специально выбранных участков земной поверхности, характерных наличием на них различных природных образований, типичных для многих районов Земли. Помимо фотосъемки, из космоса эталонные участки, которые обычно называют полигонами, фотографировались с самолетов, изучались наземными способами. Такая «многоэтажная» фотосъемка позволяла создать своего рода «библиотеку» спектральных образов различных объектов и явлений на земной поверхности и в атмосфере Земли.

После обработки информация, полученная при фотосъемках эталонных участков, вводилась в память электронных вычислительных машин и играла роль

контрольного образца. Последнее позволяло осуществлять автоматический анализ фотоснимков земной поверхности с помощью электронных вычислительных машин с заложённой в их памяти «библиотекой» спектральных образов эталонных объектов. При этом при дешифрировании фотоснимков использовалась взаимосвязь явления и его внешних признаков. Например, оттенок цвета растений мог рассказать о месторождении полезных ископаемых, а обильная трещиноватость — о повышенной сейсмической активности, что, помимо прочего, также указывало на возможное месторождение ископаемых.

Фотокамера «КАТЭ-140» обеспечивала получение фотоснимков очень высокого качества и большой геометрической точности, что достигалось использованием высококачественного объектива и оригинальным устройством самого аппарата. В частности, для исключения ошибок, вызываемых мерным положением пленки в фотоаппарате, в камере «КАТЭ-140» создавалось разрежение между пленкой и прижимным столом кассеты: вакуумпомпа, входящая в состав фотоаппарата присасывала пленку, способствуя ее плотному прилеганию. Как и все космические фотокомплексы камера «КАТЭ-140» имела электроуправление: все операции, начиная с перемотки пленки, изведения затвора и кончая командой на фотографирование, регулировались электрическими сигналами, поступающими от командного пульта.

Фотографирование топографическим фотоаппаратом «КАТЭ-140» позволяет оперативно составлять различные специализированные карты земной поверхности: ботанические, геологические, почвенные, удобные для гляциолога или рыбоведа, работника лесного или сельского хозяйства. При этом фотографирование может производиться либо одиночными кадрами, либо при автоматической съемке с заданным интервалом или с перекрытием кадров для обеспечения стереоскопического эффекта.

В оперативном картографировании нуждаются как труднодоступные, так и хорошо освоенные районы. Планы хозяйственной деятельности в наше время изменяют земной облик, и обычное наземное картографирование не поспевает за этим процессом. В то же время, с помощью фотоаппаратуры орбитального комплекса сни-

мается за 5 млн территория, площадь которой составляет около 1 млн. км<sup>2</sup>. С самолета же эту площадь можно отснять лишь за два года. Так, фотосъемка с помощью «КАТЭ-140» позволила смонтировать фотокарту Арало-Каспийского региона (площадью 2,4 млн. км<sup>2</sup>) на основании всего 30 снимков, полученных из космоса, тогда как самолетных снимков потребовалось бы для этой цели 60—70 тыс. Кроме того, длительное существование орбитальной станции предоставило возможность изучать динамику природных процессов.

Некоторые бортовые работы не были запланированы заранее. Они возникли по ходу полета. Космонавты сначала в шутку, а затем всерьез начали предсказывать погоду. «Через несколько часов у вас будет солнце, поступало сообщение с орбиты. — Тучи смещаются к востоку, их край уже подходит к Москве. Дальше ни облачка... Так что загорайте».

Специалисты Гидрометцентра заинтересовались наблюдениями космонавтов и стали их использовать. Дело в том, что для уверенного прогноза погоды нужен синоптический, т. е. одновременный, сводный, сбор сведений со всех концов земного шара. В Гидрометцентр СССР дважды в сутки поступает из Северного полушария 3000 сообщений с суши, 600 из океана, а из Южного полушария сведений гораздо меньше. Однако именно там нередко происходят «битвы титанов» — холодных и теплых ветров, образующих циклонические вихри.

Немало информации поступает от метеорологических ИСЗ. Но последние выдают облачную информацию с педантичной бесстрастностью автоматов и не способны уделить особое внимание интересному облачному образованию. Поэтому данные «Метеоров» в период пилотируемых полетов часто служат первичной информацией, которую следует уточнить, осмыслить. Творческое взаимодействие человека (космонавтов на орбите) и автоматов (спутников) — характерная особенность сегодняшнего дня.

«По курсу гроза, — сообщали с орбиты. — Как букет роз, если их четыре-пять вместе положить и бутоны должны вот-вот распуститься... Вспышки молний подсвечивают снизу облака. Одновременно до десяти и более разрядов. Интересны грозовые облака на горизонте: они — грибовидные». Подобные фразы в пере-

говорах не просто рассказ очевидцев о необычных картинах. По плотности грозовых разрядов оценивается мощность грозы, а по расположению ее фронта составляется предупреждение судам и самолетам.

Космонавты не раз докладывали ледовую обстановку, обнаруживали препятствия на морских дорогах: «Айсберги из пролива Дрейка поднимаются до 40-х широт. Привожу координаты...» Иногда сообщалось невероятное. Так, однажды космонавты доложили, что отчетливо видели подводный океанский хребет. Специалисты отказывались верить, ведь непрозрачность слоя воды толщиной более 100 м должна исключить подобные наблюдения. Однако «Протоны» подтвердили — хребет виден, и тогда океанологи «взяли таймаут», чтобы разобраться. Как объяснить подобное явление — может это оптический эффект, вызванный скоплением взвешенных океанических частиц, или же вертикальное движение воды, отслеживающее подводный хребет, турбулизированная, выходит на поверхность и делает скрытое видимым?

«В 250—800 км к востоку от Африки в океане видели вздыбливание воды, о котором рассказывал Володя Коваленок... Полоса примерно длиной в 100 км». Это тоже было необычным, и космонавт Георгий Гречко, находившийся в этот момент на связи с экипажем, даже пошутил: «Ребята, может, вы экватор увидели?» Специалисты внимательно выслушали описание океанического феномена: «Большая волна, как девятый вал в абсолютно чистом океане. Полоса узкая, 1,5—2,0 км, и от нее тень на воде. Впечатление такое, что здесь два вала столкнулись и вверх поднялись».

Океанологи высказали гипотезу, что это «бок о бок» шли два изолированных океанских течения и поднятие, возможно, вызвано их взаимодействием. Прежде считалось, что течения в океане стабильны. Но оказалось, что среди них немало «гуляющих», меняющих русла, отцепляющих от себя гигантские вихри — «ринги», самостоятельно движущиеся потом в океане. «Попробуйте сфотографировать океаническое поднятие», — попросили космонавтов.

13 мая от берега Земли отошел шестой космический паром — «Прогресс-6». Он привез регламентную аппаратуру, запасы топлива и воздуха, доставил еду, в том числе и по заказу космонавтов: рыбный балык, свиное

сало, лук, чеснок. На борту «Прогресса-6» были спаль- ный мешок для бортинженера, силомер для команди- ра, 12-кратный бинокль, газеты, письма, сюрпризы, маг- нитофон «Весна». «Протоны» произвели замену блоков автономной системы навигации «Дельта».

Разгрузив «Прогресс-6», космонавты наполнили его отработавшим оборудованием, чтобы освободить место для последующих поступлений с Земли. С помощью двигателей «Прогресса-6» было выполнено еще одно поднятие орбиты орбитального комплекса.

Экипаж «Салюта-6» постоянно был в курсе земных событий. С удовлетворением он отметил новый успех программы «Интеркосмос» — запуск советской ракетой второго индийского спутника «Бхаскара». Как и для «Ариабхаты» на советских предприятиях был подготов- лен ряд систем. Оба индийских спутника теперь рабо- тали в космосе одновременно с пилотируемым комп- лексом.

Стыковка с «Союзом-33» не состоялась, но это, од- нако, не означало, что эксперименты, подготовленные болгарскими учеными, не будут осуществлены. При по- мощи грузового транспортного корабля с Земли были доставлены на станцию соответствующие оборудование и инструкции для проведения этих экспериментов, и «Протоны» их выполнили.

В печах «Сплав» и «Кристалл» Владимир Ляхов и Валерий Рюмин к этому времени выплавили уже не- мало полупроводниковых образцов. Причем в части ам- пул были исходные вещества, подготовленные специа- листами Франции по программе «Эльма». Теперь же космонавты приступили к выполнению советско-болгар- ских технологических экспериментов «Пирин».

Данные эксперименты были очередным звеном об- ширной программы космического материаловедения, подготовленной учеными социалистических стран. При общем подходе к проблеме получения многокомпонент- ного космического вещества в условиях невесомости пу- тем запрограммированных плавления и затвердения каждая страна выбирала свой исходный состав. Так, в советско-чехословацком эксперименте «Морава» были получены эвтектики хлористых металлов и стеклооб- разные полупроводники «германий—сера—сурьма». В советско-польском эксперименте «Сирена» использо- вались соединения «ртуть—кадмий—теллур», а также

составы с участием свинца и селена. Целью эксперимента «Беролина», подготовленного специалистами СССР и ГДР, было получение полупроводников «висмут—сурьма», «свинец—теллур», а также особого оптического стекла. В эксперименте же «Пирин» создавались монокристаллы цинка и очень легкий, не тонущий в воде пеноалюминий.

В ряде экспериментов использовался болгарский электрофотометр «Дуга», состоящий из телескопа и регистрирующего блока. В частности, с помощью этого прибора «Протоны» провели исследования различных ионосферных процессов: красных экваториальных дуг, атмосферной эмиссии. При помощи спектрометра «Спектр-15», изготовленного также в НРБ, имеющего 15 спектральных зон, космонавты обследовали Землю, измеряли прозрачность атмосферы, определяли оптические пропускание иллюминаторов.

Проводилось и изучение полярных сияний, с использованием этих же приборов, способных уловить ускользающий, неверный свет полярных сияний, разложить его на составляющие для последовательного тщательного анализа. Но космонавты изучали полярное сияние не только с помощью приборов. Их визуальные наблюдения с орбиты тоже интересовали ученых. «Красивое полярное сияние, — делились «Протоны». — Столбы сливаются в полосу «морского» цвета. На одну пятую по высоте она фиолетово-малиновая, затем слой изумрудно-салатового, переходящего в белый... Обычно сияния выглядят отсюда в виде столбов, но бывают и как туман. А в этом тумане порой видны высокие цветные столбы (до 200 км), дымчатые, немного зеленоватые, но порой и яркие, красные, розовые, цвета фламинго».

Перед стартом «Союза-34», на 1601-м витке комплекса «Салют-6»—«Союз-32», «Протоны» вышли на солнечную орбиту. Они летали теперь над терминатором — границей света и тени, проходящей по Земле. Планета выглядела мгlistой. «Серо все, — сообщали космонавты, — а солнце не заходит, «катится» по горизонту... Видим над терминатором оранжевое свечение...» «Вы видите серебряные облака, — ответил им космонавт Виталий Севастьянов, — они подсвечены низким боко-



вым солнцем. Очень редкое явление. Нам удалось его увидеть только один раз. Зарисовывайте, записывайте».

В задачу «Протонов» входило и наблюдение серебристых облаков, их описание, фотографирование. Но долгое время облака не появлялись, казались неуловимыми. Серебристые облака — необычные образования, они возникают на чрезвычайно большой высоте, в так называемой мезопаузе — пограничной области атмосферы с очень низкой температурой (от  $-120$  до  $-130^{\circ}\text{C}$ ). Существует много гипотез относительно их образования. По одним из них эти облака состоят из микрорльдинок, кристаллизующихся на частицах космического происхождения, по другим — «затравка» кристаллов является сугубо земной, вулканической пылью. Однако для окончательных выводов требуются новые данные наблюдений. Вот почему так довольны бывали космонавты, когда удавалось докладывать: «Сегодня встретили серебристые облака... Над северным полюсом, выше первого эмиссионного слоя. Словно диски на этой высоте».

Вечером 6 июня без экипажа стартовал «Союз-34». Он уже находился в полете, а у станции все еще были заняты оба стыковочных узла: у ее грузового причала находился «Прогресс-6». Перед расстыковкой он разогнал комплекс, увеличив высоту орбиты.

В автономном полете «Союза-34» была проверена доработанная двигательная установка, — маршевый двигатель корабля работал без замечаний. На исходе вторых суток «Союз-34» автоматически состыковался с комплексом. И хотя он был транспортным, а не грузовым кораблем, в его салоне было доставлено полтора центнера груза. В числе посланий Земли были детские рисунки, пересланные редакцией «Пионерской правды». По словам космонавтов, они стали лучшим украшением станции.

Согласно программе полета «Союзу-32» предстояло вернуться на Землю. Готовя к отправке корабль, «Протоны» заполняли его спускаемый аппарат различными материалами — результатами проведенных исследований, в том числе и советско-болгарских. Так, в аппарат поместили около 30 капсул, побывавших в космических печах «Сплав» и «Кристалл», километры отснятой пленки и... перегоревшие светильники, изношенные костюмы, обувь, вкладыши бортового пылесоса. По вкладышам,

например, специалисты могут уточнить состав и происхождение станционной пыли, а исследование отработавших блоков позволяет улучшить их будущую конструкцию. С этой же целью доставленные на Землю пробы воздуха внутри помещения станции помогут уточнить состав атмосферы внутри «Салюта-6». Прибыла на Землю и гитара, которую отправили в свое время на орбиту Александру Иванченкову.

Однако не только грузы, но и сам спускаемый аппарат предстояло тщательно обследовать. Ведь до «Союза-32» ни один космический корабль не находился так долго (109 суток) в космосе. 13 июня «Союз-32» отстыковался от станции, и после тестовой проверки радиосистемы сближения «Игла» совершил посадку в заданном районе. Космонавты же провели перестыковку «Союза-34» с целью освободить грузовой причал и перевести корабль на пассажирскую стоянку — к узлу переходного отсека. В процессе «перебазирования» «Союз-34» расстыковался со станцией и отошел от нее примерно на 100 м. По команде Земли «Салют-6» совершил программный разворот на 180°, и затем корабль причалил и состыковался со станцией.

Космонавты непрерывно работали над улучшением помещения станции. В скором времени должен был прибыть очередной грузовой корабль, и нужно было подумать о размещении его груза. Все лишнее убиралось за настенные панели. «Протоны» демонтировали даже кресла первого поста. Земле они пояснили: «Фиксируемся у стола во время еды. Остальное время находимся в свободном парении. А когда необходимо зафиксироваться, всегда находишь за что «зацепиться». «Протоны» предложили добавить поручни, «чтобы не хвататься за стенки, на которые много навешано».

Конструкторы всегда с вниманием относились к предложениям космонавтов, учитывали их мнение и на этапе подготовки станции к полету и принимали «заказы» на будущее, прислушиваясь к их пожеланиям с орбиты. Вместе с конструкторами устройством станции занимались и космические дизайнеры, которые продумывали интерьер жилых отсеков орбитального комплекса, включая и его стены.

Стены «Салюта-6» — не только часть его защитной оболочки и несущей конструкции, их внутренний вид составляет повседневный зрительный фон для космо-

навов. Поэтому, как и все на станции, материалы облицовки стен «Салюта-6» многофункциональны и должны удовлетворять ряду требований. Во-первых, «обои» станции обладают длительной эксплуатационной надежностью и обеспечивают безопасность экипажа. С этой целью декоративная обивка орбитального комплекса состоит из двойной ткани с промежуточными упругими перетяжками, что придает стенам помещений «Салюта-6» демпфирующие свойства.

Во-вторых, отделка отсеков орбитальной станции выполнена в виде съемных панелей, что позволяет получить удобный доступ к элементам конструкции, приборам, бортовой кабельной сети. Имеет важное значение и окраска обивочной ткани. Она приятных светлых тонов — в основном светло-зеленая на станции и желто-голубая в корабле.

Материалы, из которых изготовлены стены, мягки и ворсисты, износостойки, удобны для влажной уборки, в настенной ткани имеются петли. Другой вид ткани, с множеством мелких крючков, нашивается на приборы, документацию, одежду космонавтов и позволяет им фиксироваться в невесомости. Причем эта ворсовая связь расцепляется без особых усилий.

30 июня на станцию прибыл «Прогресс-7» и привез новое технологическое и научное оборудование: 770 кг сухих грузов, а также 540 кг топлива и 56 кг азота. «Протоны» с усердием принялись за разгрузку. При этом, по мнению руководства полета, они вдвое перевыполняли намеченные темпы разгрузки. На этот раз «Прогресс» не должен был задерживаться у причала, поскольку с его уходом начинался новый эксперимент.

«Протоны», приготовьтесь, — после расстыковки скомандовала Земля. — Через пять минут выдвижение антенны радиотелескопа». Космический радиотелескоп КРТ-10 прибыл на «Прогрессе-7» в разобранном виде и был смонтирован экипажем. И вот из переходной камеры станции сначала выдвинулся цилиндр сложенной антенны, а затем распахнулся ее 10-метровый «зонтик». Монтаж первого радиотелескопа на орбите открыл эру чрезвычайно прецизионных радионаблюдений. Неограниченные возможности наращивания антенных площадей в условиях невесомости и способность увеличения

базы радиointерферометрической системы при совместной работе с наземными радиотелескопами (до миллионов километров) существенно расширяют возможности радионаблюдений.

Радиотелескоп КРТ-10 предназначался для изучения радиоизлучения как астрономических объектов, так и поверхности Земли. Бортовой телескоп начал работать совместно с наземным крымским радиотелескопом, образуя радиointерферометрическую систему, база которой плавно изменялась за виток, от расстояния, близкого к высоте полета, до величины, превышающей диаметр Земли.

«Протоны» провели измерения радиоизлучения пульсаров, Солнца и других источников, выполнили радиокартографирование земной поверхности. Определение радиояркой температуры суши и океана позволит в будущем улучшить прогнозы погоды. Интересным объектом исследований было извержение вулкана Этна. Определенная с борта орбитального комплекса радиояркая температура вулкана полностью совпала с результатами наземных измерений.

Грузовой корабль доставил и другое научное оборудование. Обследование бортового субмиллиметрового телескопа «БСТ-1М», находившегося с начала полета станции в условиях глубокого вакуума и воздействия факторов космического полета, показало, что отражательная способность его зеркала в 2,5 раза уменьшилась. В связи с этим представляли интерес работы на доставленной «Прогрессом-7» установке «Испаритель». При помощи данной установки в условиях космического полета было выполнено 24 эксперимента по нанесению тонкопленочных серебряных покрытий на различные металлические пластинки.

Владимиром Ляховым и Валерием Рюминым производилась доработка системы управления телескопом «БСТ-1М». Это позволило с помощью данного телескопа получить новые сведения о флуктуации субмиллиметрового излучения земной атмосферы, определить высотные распределения излучения в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах спектра. В ультрафиолетовом диапазоне «Протонами» исследовалось излучение ярких звезд с использованием этого же телескопа.

На «Прогрессе-7» прибыли грузы и другого рода. «Вы нам прислали «кусочек лета» — отличную книгу

«Пейзажи Подмосквья», — благодарили «Протоны». — Лета в этом году мы, пожалуй, не увидим, зато книга нам напомнит все времена года».

Перед расстыковкой со станцией «Прогресс-7» вновь поднял орбиту комплекса. Возможность подъема орбиты, пополнение топливных баков станции путем посылки к ней грузовых транспортных кораблей выгодно отличали «Салют-6» от предыдущих станций. В эти дни 78-тонная американская орбитальная станция «Скайлэб», выведенная на орбиту шесть лет назад, резко теряла высоту. Отсутствие возможности поднять ее орбиту привело к тому, что она вошла в атмосферу и, развалившись на множество кусков, выпала «металлическим дождем» в океан и на побережье Австралии.

Новая более высокая орбита научного комплекса «Салют»—«Союз» дала наблюдениям большую широту обзора, позволила «заглядывать» и в высокоширотные районы Земли. Времена года меняли вид геологических структур. Для их исследований «Протоны» использовали альбомы цветности, фиксировали интересные объекты на фотопленке, не только поставляли сведения, но и совершенствовали методы поиска. Они уделяли большое внимание достоверности распознавания природных образований. Ряд структур уже был известен связью с местонахождениями полезных ископаемых: например, куполовидные структуры указывали на нефть. Другие особенности только выявлялись с помощью наблюдений с орбиты. «Протоны» вели оценку биоресурсов планеты. Иногда специалисты просили об исследованиях сверх программы: например, оценить продуктивность пастбищ в Каракумах. «Протоны» брались и за это, только жалели, что не видят из космоса зеленый цвет. «Растительность выглядит темно-бурой», — сообщали они.

15 июля «Фотоны» — Владимир Коваленок и Александр Иванченков — прибыли в центр управления полетом, чтобы поздравить своих друзей и сменщиков по орбитальной «вахте» — Владимира Ляхова и Валерия Рюмина, которые превзошли их достижение по продолжительности полета. Незадолго перед этим исполнился год общего функционирования станции в пилотируемом режиме (за время работы трех основных экспедиций).

Длительность полета давала новое качество проводившимся исследованиям. Она позволяла повторить и

тем самым подтвердить измерения астрономических объектов и наземных образований с помощью научных приборов, а также расширить программу технологических исследований, фотографировать поверхность Земли при разных условиях освещения. Кроме того, визуально-инструментальные наблюдения становились более «проницательными».

Накапливался опыт наблюдения океана. Цветовые аномалии его поверхности свидетельствуют прежде всего о его динамике. Океан малоконтрастен по цвету, и уловить его неяркие оттенки удается зачастую не аппаратуре, а внимательному наблюдателю. Многие в механизме океанских образований пока не вполне объяснимо. Вероятно, что наблюдаемые их проявления вызваны действием внутренних глубинных волн, процессами турбулентности и изменением окраски океана в зависимости от количества соли в морской воде.

«Протоны» совершенствовали методику рыбопромысловых судов, и часто рыбопромысловые суда, отправленные в указанные места, подтверждали предсказания космонавтов. Вопреки сложившимся представлениям о «рыбных пастбищах» у побережья, они обнаруживали рыбные «оазисы» в океанской «пустыне», вдали от берегов. По-видимому, места поднятия глубинных вод, выносящих донные питательные вещества на поверхность океана, как бы образуют ограниченные по месту рыбьи садки. Систематические наблюдения поверхности океана и облаков давали надежду постигнуть секреты «кухни погоды», характер взаимодействия в водном слое, занимающем две трети поверхности всей планеты.

Согласно программе полета Владимир Ляков и Валерий Рюмин попеременно фотографировали и наблюдали самые различные природные образования, в частности, в задачу их полета входило изучение ледников, легко обозреваемых с орбиты. Скопления льда выглядят из космоса весьма разнообразно: порой они напоминают то застывшие озера, то медленно движущиеся реки, которые иногда «извергаются» в долины ледяными каскадами.

В качестве эталонного участка, изучавшегося также с самолетов и наземными средствами, был выбран высокогорный район Памира с многообразными формами оледенения. Это огромный ледниковый комплекс, 45 ледников которого имеют общую протяженность бо-

лее 10 км. Здесь же находится и самый большой ледниковый глетчер Евразии — ледник Федченко.

Очень часто обилие воды в виде льда соседствует с засушливыми предгорьями и низменностями. Наблюдение пустынь тоже входило в задание «Протонов». С орбиты отчетливо видно, как возникают пылевые бури на территориях пустынь и полупустынь. Ветропесчаные потоки и пылевые бури занимают огромные пространства, они переносят на значительные расстояния соль, песок, пыль, образуют крупные солончаки, песчаные скопления. Ни с самолетов, ни наземными средствами невозможно определить движение пылевых бурь и масштабы запыления территории: данные наземных исследований малодостоверны, а с самолетов наблюдения крупных пылевых бурь невозможны из-за нечеткой погоды.

«Протоны» не раз наблюдали ветропесчаные потоки в виде серо-бурых пятен, а иногда космонавты сообщали о глобальных пылевых образованиях. Так, они наблюдали огромную песчаную бурю, зародившуюся в Африке и пересекавшую Атлантический океан. Владимир Ляхов и Валерий Рюмин зарисовали конфигурацию и масштабы данного феномена, определили направление перемещения и дальность переноса масс.

В течение всего времени полета в центре управления дежурили специалисты из службы медицинского сопровождения. Теперь, к концу экспедиции, состояние экипажа являлось оценкой эффективности их труда. В длительном полете космической медицине приходится примирять весьма противоречивые требования — обеспечение успешного приспособления к условиям невесомости и возможность сохранения экипажем земных навыков. Кроме того, требовалось научить космонавтов расслабляться не только физически, но и психологически. С этой целью специальное подразделение «психологической поддержки» подготавливало для каждого грузового транспортного корабля обязательный груз, являющийся своего рода «зарядом» эмоционального воздействия. Помимо этого, проводились теле- и радиовстречи «Протонов» с любимыми артистами, друзьями, семьями, коллегами по отряду космонавтов.

«Протоны» отлично понимали, что дорога к Земле

идет через физкультурные упражнения, интенсивную нагрузку «до пота». От ежедневного бега на бортовой дорожке у них изнашивалась обувь, от постоянной носки пришел в негодность комплект нагрузочных костюмов, не выдерживали и рвались эспандеры. Космонавты знали, что легкость невесомости может обернуться трудностями на Земле, поэтому старались сохранить «в норме» не только двигательную мускулатуру, но и тоническую, т. е. поддерживающую вертикальную земную позу. Ведь при «плавании» в невесомости эти мышцы атрофируются.

Но не только физическое состояние космонавтов интересовало врачей. За столь длительное время экспедиции неизбежно происходила перестройка опорного аппарата человеческого организма и его сердечно-сосудистой системы. Так, например, за время рейса «Протонов» у них сменились все красные кровяные тельца — эритроциты, ответственные за кислородное снабжение тканей тела, уменьшился объем крови. Однако опыт предшествующих экипажей, использованный в этом полете, и неизменность основных контрольных параметров Владимира Ляхова и Валерия Рюмина давали благоприятный прогноз успешному завершению самой длительной экспедиции.

Проверкой физического состояния экипажа, его работоспособности стал и выход «Протонов» в открытое космическое пространство. Подобная операция входила в предполетную подготовку Владимира Ляхова и Валерия Рюмина и отрабатывалась на Земле в «бассейне гидроневесомости». Но за плечами космонавтов был многомесячный груз беспрецедентного по длительности полета, и к оценке их текущих сил и возможностей следовало подходить с осторожностью.

Работа в открытом космосе — в надутых скафандрах, в невесомости — нелегкий труд. Кроме того, от космонавтов требовалась особая координация движений, подкрепляемая соответствующими тренировками. Поэтому решение о выходе «Протонов» в открытый космос было принято лишь из-за насущной необходимости: при отделении антенны радиотелескопа КРТ-10 ее стропы запутались и 10-метровый «зонтик» зацепился за элементы конструкции «Салюта-6». Попытки освободить антенну разворотами орбитального комплекса к успеху не привели,



Центр управления полетом запросил прежде всего мнение космонавтов. «Нужно — сделаем», ответили «Протоны». Так, было решено позволить космонавтам выйти в открытый космос и навести порядок в районе грузового причала.

Выйдя через боковой люк переходного отсека, Валерий Рюмин «прошел» по внешней оболочке из конца в конец станции. Здесь у торцового среза «Салюта-6» он с помощью бортового инструмента перекусил зацепившиеся тросики антенны и оттолкнул ее от станции по ходу движения комплекса. В это время орбитальный комплекс был гравитационно стабилизирован, и его продольная ось была направлена к центру Земли. Импульс, сообщенный бортинженером антенне, являлся оптимальным для отделения от комплекса, поскольку ее отлет, например, поперек движения через каждые полвитка возвращал бы антенну к «Салюту-6».

Все время пребывания Валерия Рюмина в открытом космическом пространстве его подстраховывал Владимир Ляхов, тоже находившийся в открытом космосе, у противоположного конца станции. В результате успешной работы космонавтов было обеспечено дальнейшее функционирование одного из причалов станции и работоспособность всего научного комплекса в целом.

Попутно «Протоны» сняли с внешней оболочки станции кассеты с материалами, проходившими испытание на износостойкость в условиях открытого космоса, панели-детекторы соударения микрометеоритов.

В последние дни полета участились функциональные медицинские пробы с использованием дозированной нагрузки и созданием пониженного давления. Применение костюма «Чибис» позволяло осуществлять отток крови к ногам. Тем самым проверялась реакция организма космонавтов на возвращение тяжести, и одновременно он тренировался перед переходом к земным условиям. На борту проводились и иные тренировки. В длительном полете возможна утрата навыков, знаний. Грузовые транспортные корабли доставляли на борт и учебные фильмы, время от времени проводились бортовые тренировки. А перед посадкой в программе полета была запланирована тренировка спуска.

И вот наступил завершающий день. «Протоны» пе-

ренесли в спускаемый аппарат «Союза-34» драгоценные результаты полета: ампулы с небывальными веществами, зафиксированные биологические объекты, отснятые кино- и фотопленки, образцы, записи отстыковались от станции. Владимир Ляхов и Валерий Рюмин проработали в космосе 175 суток — никто до них столько в космосе не был. Все это время в реальных условиях полета испытывалась космическая техника, и она не подвела. Именно поэтому в заключительных сеансах связи «Протоны» поблагодарили ее создателей, а также сотрудников центра управления полетом и наземных станций слежения, экипажи кораблей АН СССР, которые своей круглосуточной работой обеспечивали их полет, всех тех участников программы, без самоотверженного труда которых был немислим космический подвиг «Протонов».

Программа полугодового полета третьей основной экспедиции «Салюта-6» была полностью выполнена. Среди уникальных исследований, выполненных Владимиром Ляховым и Валерием Рюминым, 58 технологических экспериментов, 32 биологических, 255 медицинских опытов, работа с тремя бортовыми телескопами, регистрирующими излучение в гамма-, субмиллиметровом и радио-диапазонах. При помощи фотокомплексов получено с орбиты около 3000 фотографий поверхности Земли.

Помимо этого, выполнялась проверка и отработка новых приборов и средств кораблевождения. Наконец, Владимир Ляхов и Валерий Рюмин выполнили большой объем профилактических и ремонтно-восстановительных работ, продливших активную жизнь станции.

Земля провожала «Протонов» февральским морозцем, и уже с орбиты наблюдали они, как отступало к северу, двигалось по стране белое снежное полотно. А с юга шла пестрая окраска растительности, разнотравья, и теперь к исходу полета все начало желтеть.

Закрыты переходные люки. «Союз-34» отделился от станции, и через несколько часов его спускаемый аппарат приземлился в расчетном районе, в 170 км от города Джезказган. А на орбите, на высоте 400 км от Земли, продолжала свой полет орбитальная научная станция «Салют-6» — космический форпост советской науки.

# НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

## «Вояжеры» исследуют Юпитер

К. Я. КОНДРАТЬЕВ,  
член-корреспондент АН СССР

Успешное осуществление научной программы американских автоматических межпланетных станций (АМС) «Пионер-10 и -11» способствовало значительному расширению и углублению наших представлений о Юпитере — ближайшей к Земле планете-гиганте. В настоящее время разработаны модели надоблачной атмосферы, макро- и микроструктуры облачного покрова Юпитера, которые можно, по-видимому, считать достаточно реалистическими. Большой интерес представляют результаты исследований общей циркуляции атмосферы этой быстровращающейся гигантской планеты, обладающей собственным внутренним источником тепла.

Изучение закономерностей необычайной глобальной конвекции в атмосфере Юпитера будет, несомненно, способствовать лучшему пониманию особенностей тропической циркуляции на нашей планете, что приобрело сейчас особое значение после завершения Атлантического тропического эксперимента ПИГАП и начала исследований в рамках Всемирной климатической программы. При этом огромную роль играют исследования полей излучения Юпитера, позволяющие более надежно оценить радиационный баланс планеты, а также перспективы дистанционного зондирования атмосферы.

Согласно данным АМС «Пионер-10 и -11» Юпитер представляет собой слои жидкого водорода, постепенно переходящий в плотную атмосферу, состоящую преимущественно из газообразного водорода, и, возможно, лишен внутренней твердой поверхности. Однако не исключено, что планета имеет сравнительно небольшое твердое ядро, окруженное мощной атмосферой. Средний радиус этой гигантской планеты для уровня давления 1 бар составляет  $71\,600 \pm 100$  км, т. е. более чем в 10 раз превосходит радиус Земли<sup>1</sup>, а средняя

<sup>1</sup> Собственно говоря, понятие радиуса Юпитера весьма относительно, поскольку у данной планеты наблюдается только условная верхняя граница атмосферы.

плотность лишь немного больше единицы (1,33). Скорость вращения Юпитера вокруг оси равна примерно 10 земным часам и является, по-видимому, самой высокой для планет Солнечной системы. Столь быстрое вращение гигантской планеты приводит к тому, что ее полярный радиус ( $66\,832 \pm 30$  км) составляет около 94% по отношению к экваториальному радиусу ( $71\,455 \pm \pm 30$  км). Ускорение силы тяжести на экваторе равно  $2350$  см/с<sup>2</sup>, а альбеда (отражательная способность) планеты составляет  $0,42 \pm 0,07$ .

Среднее расстояние Юпитера от Солнца составляет около 778 млн. км, или 5,2 а. е. Полный оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 11,86 земных лет. Масса планеты составляет  $1,9 \cdot 10^{27}$  кг, превосходя в 2,5 раза суммарную массу всех остальных планет и 318 раз — массу Земли. Спутниковая система Юпитера состоит из 13 объектов и как бы является миниатюрной «солнечной системой»<sup>2</sup>.

Значительный интерес исследований Юпитера определяется, в частности, тем, что на этой планете существуют весьма своеобразные условия формирования и общей циркуляции атмосферы. Быстрое вращение гигантской планеты, обладающей мощной атмосферой, малый приход тепла от Солнца (в 27 раз меньше, чем для Земли) и малое наклонение экватора к орбите, наличие внутреннего источника тепла, возможность влияния магнитогидродинамических эффектов в нижних слоях атмосферы и огромная скорость вращения, превосходящая скорость звука в атмосфере, — все эти и другие факторы определяют существенную специфичность процессов в атмосфере Юпитера (также и других планет-гигантов).

Новым крупным этапом исследований Юпитера и его спутников явилось осуществление научной программы АМС «Вояджер-1 и -2»<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Более подробно об общих характеристиках Юпитера и его спутниковой системы см.: В. Г. Тейфель. Юпитер и Сатурн — гиганты Солнечной системы. (Серия «Космонавтика, астрономия», 7). М., «Знание», 1976.

<sup>3</sup> Обычно при русском названии зарубежных космических аппаратов стараются использовать точный перевод его настоящего значения, если он близок к соответствующей транскрипции иностранного названия (например, «Пионер», «Аполлон», «Викинг», «Пионер-Венера» и т. д.). По этой причине в данной статье используется название «Вояджер», являющееся точным переводом с англ.

Общие характеристики программы «Вояджер» и хроника полета. Американские АМС «Вояджер-1 и -2», предназначенные для исследования Юпитера, Сатурна и их спутников (а возможно, и Урана и его спутников) о пролетной траектории, были запущены с м. Канаверал соответственно 5 сентября и 20 августа 1977 г. с помощью ракеты-носителя «Титан-3Е—Кентавр», снабженной дополнительной твердотопливной ступенью. Стартовавшая позже АМС «Вояджер-1» 10 декабря 1977 г. обогнала своего предшественника (благодаря более оптимальной траектории полета) и 5 марта 1979 г. в 12 ч 42 мин по гринвичскому времени пролетела около Юпитера на кратчайшем расстоянии 348 800 км от центра массы планеты. АМС «Вояджер-2» пролетела около Юпитера 9 июля 1979 г. в 28 ч 20 мин по гринвичскому времени на кратчайшем расстоянии 720 000 км.

В табл. 1 даны характерные параметры сближения АМС «Вояджер-1 и -2» с Юпитером и с его пятью спутниками, а также основные характеристики этих спутников.

Таблица 1

Основные характеристики пяти ближайших спутников Юпитера и расстояния пролета АМС «Вояджер-1 и -2»

Спутники Юпитера	Среднее расстояние от центра планеты, Ю. км	Средний орбитальный период, сут.	Масса, в лунных массах	Кратчайшее расстояние пролета, км	
				«Вояджер-1»	«Вояджер-2»
Амальтея	181,8	0,489	—	420 200	550 000
Ио	421,6	1,769	1,21	20 570	1 100 000
Европа	670,9	3,551	0,66	733 760	206 000
Ганимед	1070,0	7,155	2,08	114 710	62 000
Каллисто	1880,0	16,689	1,45	126 400	215 000

лийского voyager («вояджер», «путешественник»), хотя в литературе иногда используется транскрибированный перевод для обозначения этого космического аппарата («Вояджер»). (Прим. ред.)

Интересная особенность траекторий полета АМС «Вояджер-1 и -2» состояла в том, что они пролетали по разные стороны от юпитерианских спутников (всегда обращенных одной и той же стороной к планете), обеспечивая полный обзор их поверхностей.

АМС «Вояджер-1 и -2» идентичны. Корпус этого космического аппарата имеет форму двенадцатигранной призмы поперечником 1,8 м и длиной 2,5 м (рис. 1). Разработанный на базе АМС «Маринер» эта АМС также обладает трехосной системой стабилизации, что обеспечивает благоприятные условия для получения изображений и проведения дистанционных измерений.

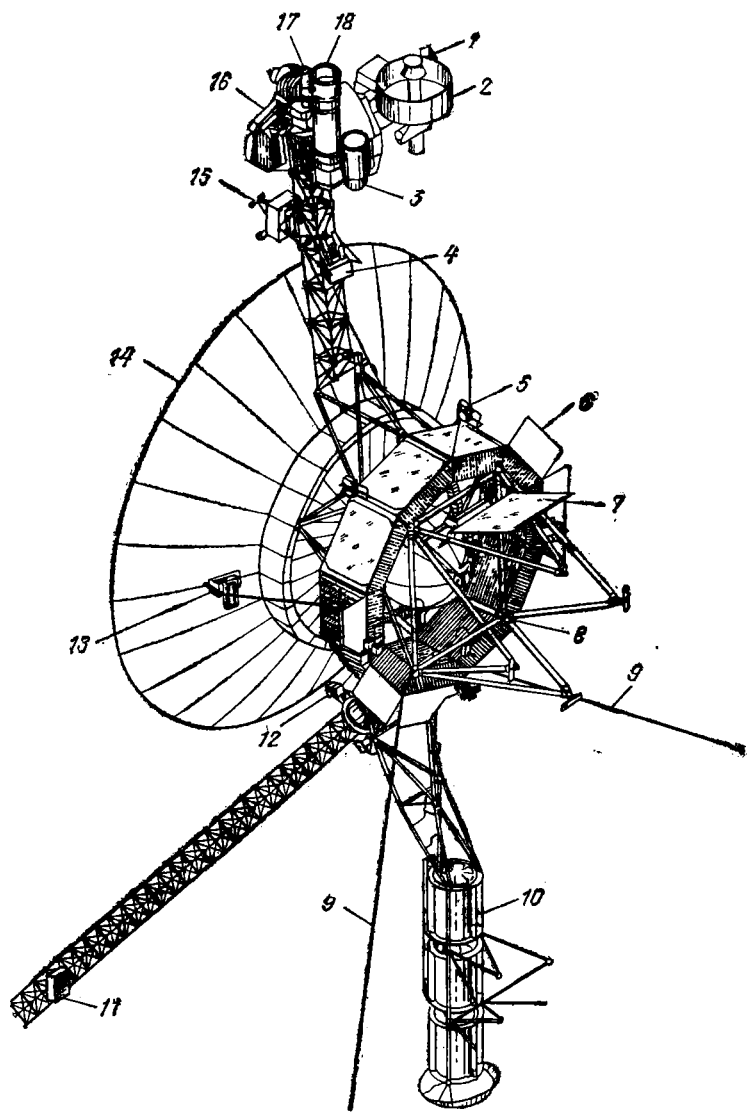
Основными отличиями АМС «Вояджер» от АМС «Маринер» являются использование трех радиоизотопных термоэлектрических генераторов мощностью более 445 Вт для энергоснабжения и наличие 3,66-метровой радиоантенны для дальней связи. Применение 3,66-метровой радиоантенны позволило осуществлять передачу данных в диапазоне частот  $X$ , а не только в диапазоне частот  $S$ <sup>4</sup>. При этом скорость телеметрической передачи данных в диапазоне  $X$  составляла до 115,2 кбит/с, обеспечивая передачу изображений через каждые 48 с, а также остальной научно-технической информации (3,6 кбит/с).

Комплект научной аппаратуры АМС «Вояджер» включал в себя широкоугольную (фокусное расстояние 200 мм) телевизионную камеру и телекамеру с телеобъективом (фокусное расстояние 1500 мм), датчики космических лучей, оборудование для регистрации радиоизлучения планет, датчики плазмы (две чаши Фарадея), датчики плазменных волн и заряженных частиц низкой энергии, фотополариметр со 150-миллиметровым телескопом системы Кассегрена, ультрафиолетовые спектрометр и фотометр, интерференционный инфракрасный спектрометр, комплект магнитометров (всего 11 экспериментов).

Активное функционирование научной аппаратуры

---

<sup>4</sup> В американских космических аппаратах передача и прием радиосигналов осуществляются в диапазоне частот  $S$  (прием на частоте 2115 МГц, передача на частоте 2295 МГц), в диапазоне  $X$  (передача на частоте 8415 МГц). При тех же габаритах антенны и потребляемой мощности использование диапазона  $X$  обеспечивает примерно на порядок большую информативность, чем диапазон  $S$ .



**Рис. 1.** Общая схема космического аппарата «Вояджер» и расположения его основных приборов:

1 — ультрафиолетовый спектрометр; 2 — интерференционный инфракрасный спектрометр-радиометр; 3 — фотополяриметр; 4 — датчики заряженных частиц низкой энергии; 5 — микродвигатель ориентации (всего 12);

АМС «Вояджер-1» началось 15 декабря 1978 г. и завершилось 13 апреля 1979 г. Исследования Юпитера с помощью АМС «Вояджер-2» начались 20 апреля 1979 г., и активное функционирование ее аппаратуры на стадии пролета завершилось 10 августа 1979 г. Далее приводятся данные, полученные с помощью АМС «Вояджер-1», пролетевшем на наиболее близком расстоянии к Юпитеру по сравнению со всеми другими космическими аппаратами.

**Анализ изображений Юпитера.** Еще за 100 суток до максимального сближения АМС «Вояджер-1» с Юпитером разрешающая способность переданных этой АМС телевизионных изображений планеты превосходила качество изображений, полученных при помощи наземных телескопов, а за 30 суток стала сравнимой с достигнутой АМС «Пионер-10 и -11». В период сближения эффективное пространственное разрешение изображений Юпитера и трех из четырех его галилеевых спутников (Ио, Ганимед, Каллисто) составило несколько километров. Такое повышение разрешающей способности сравнимо с переходом от наблюдений Луны невооруженным глазом к использованию для этих целей наиболее крупных наземных оптических телескопов. Столь же значительный прогресс достигнут и с точки зрения временного разрешения.

Анализ около 18 000 телевизионных изображений, полученных при помощи АМС «Вояджер-1», привел к определению не известных ранее характеристик и открытию новых явлений. Когда составлялась программа телевизионной съемки Юпитера, то для наиболее полного изучения глобальной динамики и структуры атмосферы этой планеты была принята следующая стратегия эксперимента:

1) получение цветных изображений через каждые 72° юпитероцентрической долготы в период 60—12 сут до кратчайшего сближения при разрешении от 1200 до

---

6 — противометеоритный экран (всего 5); 7 — мишень для калибровки оптических приборов; 8 — кронштейны с микродвигателями коррекции траектории (всего 4); 9 — 10-метровые монополярные антенны для регистрации радиоизлучения от планет и плазменных волн; 10 — радиоизотопная энергетическая установка (всего 3); 11 — один из магнитометров, регистрирующих слабые магнитные поля и установленных на 13-метровой штанге; 12 — магнитометр для регистрации сильных магнитных полей; 13 — солнечный датчик; 14 — 3,66-метровый отражатель остроуправленной антенны; 15 — датчики космических лучей; 16 — датчики плазмы; 17 — широкоугольная телевизионная камера; 18 — телевизионная камера с телеобъективом



240 км (общее число одноцветных изображений составило 9300);

3) получение изображений специально отобранных участков планеты (около 6000 изображений) в период 12—0 сут до сближения;

3) получение изображений в течение одного месяца после сближения (около 2200 изображений).

Применяемая в АМС «Вояджер» для получения изображений широкоугольная телевизионная камера (поле зрения  $55,56 \cdot 10^{-3}$  рад) снабжена светофильтрами с эффективными длинами волн 431 (фиолетовый цвет), 477 (голубой цвет), 541 (полоса метана), 572 (зеленый цвет), 589 (полоса натрия), 614 (оранжевый цвет), 619 (полоса метана) и 507 нм. Узкоугольная телевизионная камера (поле зрения  $7,41 \cdot 10^{-3}$  рад) имеет светофильтры с эффективными длинами волн 351 (ультрафиолетовый цвет), 413 (фиолетовый цвет), 479 (голубой цвет), 564 (зеленый цвет), 585 (оранжевый цвет) и 477 нм. Каждое изображение состоит из  $800 \times 800$  элементов.

Определение скоростей перемещений элементов облачного покрова, имеющих различные размеры (до 200 км), за промежутки времени до 2 ч дало результаты, почти не зависящие от этих размеров. Таким образом, можно предположить, что в данном случае определялись реальные перемещения массы, а не волновые движения (в последнем случае скорость сильно зависела бы от длины волны).

Известно, что поле скорости ветра (движения элементов облачного покрова) на Юпитере является преимущественно зональным (направленным вдоль кругов широты), причем скорость ветра достигает максимальных значений у границ зон-поясов. Строго направленным на восток (В) и запад (З) воздушным течениям соответствуют следующие области юпитероцентрических широт:  $50^\circ$  (З),  $47^\circ$  (В),  $44^\circ$  (З),  $41^\circ$  (В),  $38^\circ$  (З),  $35^\circ$  (В),  $30^\circ$  (З),  $23^\circ$  (В),  $18^\circ$  (З),  $3^\circ$  (В),  $0^\circ$  (В),  $-8^\circ$  (В),  $-16^\circ$  (З),  $-23^\circ$  (В),  $-28^\circ$  (З),  $-32^\circ$  (В) и  $-35^\circ$  (З). Начиная с широты  $23^\circ$  в этой последовательности, значения скорости составляют 150, -20, 120, 90, 130, -50 м/с (положительным считается перенос с запада на восток). Эти данные в основном подтверждают результаты наземных наблюдений.

Анализ изображений показал, что зональное поле скорости ветра является, по-видимому, более устойчивым.

вой характеристикой, чем, скажем, цвет или альbedo. Данные «Вояжера-1» подтверждают вывод, полученный по данным АМС «Пионер», о том, что белые пятна на экваторе представляют собой шлейфы, распространяющиеся к западу от небольших центров восходящих движений. Эти шлейфы, вероятно, формируются под воздействием глобальных волн с волновым числом<sup>5</sup> около 12—15, которые перемещаются на восток со скоростью 100—120 км/с и, возможно, аналогичны восточным волнам, существующим в земной тропической атмосфере. Можно предположить (по аналогии с Землей), что прохождение гребня такой волны стимулирует развитие конвекции. Остается, однако, неясной природа локальных мелкомасштабных возмущений (длины волн около 600 км), наблюдаемых в пределах восточных волн.

Изображение головной части шлейфа, полученное при высоком разрешении, указывает на наличие тонкой (конвективной) структуры с отдельными элементами размером 100—200 км, морфология которых, возможно, аналогична земным кучевым облакам. Специфическая особенность конвекции на Юпитере (если кучевообразные элементы действительно отображают конвекцию) состоит в наличии четко выраженного влияния изменения скорости ветра по горизонтали, обусловленного зональными воздушными течениями. При этом оказалось, что зональная структура (пояса-зоны) распространяется значительно ближе к полюсам (за пределы юпитероцентрических широт  $\pm 60^\circ$ ), чем это наблюдалось ранее.

Для гигантского антициклона Вольшого Красного Пятна (БКП), вращающегося в зоне антициклонического изменения скорости ветра, характерен период вращения около 6 земных суток. Из-за своей низкой инфракрасной яркостной температуры БКП обычно рассматривается как центр восходящих движений, хотя данные о горизонтальной дивергенции (расходимости воздушных потоков), существующей на уровне верхней границы облаков, не совсем согласуются с этим предположением. Так, например, одно крупное яркое пятно совершило за 60 сут примерно 10 полных оборотов вокруг БКП без какого-либо изменения расстояния до центра БКП.

<sup>5</sup> В данном случае под волновым числом понимается количество длин волн, «умещающихся» в пределах одного круга широты.

Наблюдалось взаимодействие между парами ярких пятен одинаковых размеров, находящихся в зоне антициклонической циркуляции. Так, пятно, расположенное несколько севернее другого, было захвачено последним, после чего произошло их слияние. Как правило, через некоторое время после такого явления происходил выброс вещества к востоку, в направлении экватора, причем новое пятно продолжало двигаться на восток (подобное явление не предсказывалось существующими моделями общей циркуляции атмосферы Юпитера).

Давно известно, что яркость Юпитера в оптической области спектра весьма изменчива. Сравнение изображений Юпитера в оптической области спектра, относящихся к различным периодам функционирования АМС «Пионер-II» (8 августа 1974 г.) и «Вояджер-1» (11 февраля 1978 г.), выявило потемнение Южного Экваториального Пояса (ЮЭП), окружающего северный край БКП, и повышение яркости в районе юпитероцентрических широт  $23-35^\circ$ . За последние 75 лет такого рода изменения альбедо происходили через каждые 5—8 лет. Рассмотрение изображений, составленных за каждый год, показало, что в периоды 1973—1974 и 1976—1979 гг. конфигурации глобального облачного покрова были достаточно устойчивыми.

Значительные изменения возникли, однако, в 1975 г. В результате обработки инфракрасных изображений, полученных на длине волны 5 мкм и отображающих изменчивость высоты верхней границы облаков, обнаружались сильные вариации, связанные с изменениями поля яркости в оптической области спектра. Три белых овала длиной около 14 тыс. км, расположенных к югу от БКП (около  $33^\circ$  ю. ш.), представляют собой «остатки» обширного повышения яркости, наблюдавшегося в 1973 г. С того времени происходило постепенное уменьшение длины и скорости движения овалов. В середине 1975 г. между двумя овалами сформировалось яркое облако, сохранившееся до 1979 г. Для широты  $41^\circ$  ю. ш. типично присутствие серии небольших белых овалов, расположенных на угловых расстояниях около  $35^\circ$  и движущихся со скоростью около 7 м/с.

Анализ инфракрасных изображений позволяет интерпретировать эти овалы как высокие облака, окруженные более теплыми облаками, находящимися ниже. Для северного полушария Юпитера характерно наличие не-

больших коричневых пятен на юпитероцентрической широте около  $35^\circ$ . Южнее  $31^\circ$  с. ш. сходные структуры часто перемещаются в направлении, обратном вращению планеты. Типичной чертой поясов умеренных широт ( $10-25^\circ$ ) является присутствие разнообразных и относительно короткоживущих структур облачного покрова. Изображение, полученное с помощью «Вояджер-1» 10 января 1979 г., свидетельствует о наличии клинообразной структуры, протянувшейся от южного края Северной Тропической Зоны (СТрЗ) к экватору. В зоне экватора выявлено несколько полос (шлейфов) облачности, подобных наблюдавшимся с помощью АМС «Пионер».

Анализ изображений ночного полушария Юпитера обнаружил наличие там полярных сияний и вспышек молний. Полярные сияния наблюдаются по крайней мере в трех слоях — примерно на высотах 700, 1400 и 2300 км над облачным покровом. Диффузные слои полярных сияний являются яркими (по сравнению с земными полярными сияниями) и быстро изменяющимися (за время меньше 1 мин). Они достигают широты  $60^\circ$ . Очаги молний, группирующиеся в скопления, распределены по планете достаточно равномерно. Мощность отдельных вспышек сравнима с максимальной мощностью молниевых разрядов на Земле (около  $10^{10}$  Дж).

**Дистанционное зондирование атмосферы.** Функционирование инфракрасного интерферометрического спектрометра (ИКИС) на борту АМС «Вояджер-1» позволило получить более 50 000 спектров в интервале длин волн 4—55 мкм при спектральном разрешении около 0,04 мкм. При поле зрения ИКИС, равном  $0,25^\circ$ , за 3—4 недели до максимального сближения с Юпитером регистрировался спектр всего диска планеты, а при максимальном сближении разрешающая способность составляла около 0,01 диаметра планеты.

Анализ полученных спектров отчетливо выявляет наличие в них системы линий аммиака (вблизи длины волны 50 мкм), широких полос молекулярного водорода (в интервале 15—30 мкм), полосы ацетилена (с центром около 14 мкм), полосы аммиака (между 8,5 и 12,5 мкм) и полосы метана (в промежутке 7,0—8,5 мкм). При больших атмосферных массах в инфракрасных спектрах отчетливо проявляется полоса этана.

Спектральные полосы ацетилена, этана и централь-

ная часть полосы метана проявляются как эмиссионные, что свидетельствует об их формировании в более нагретой стратосфере. Интенсивность спектральных полос ацетилена, этана различным образом меняется в зависимости от широты, что отображает соответствующие изменения концентрации этих составляющих в атмосфере или их высотных распределений там. В интервале длин волн 8,5—9,0 мкм уверенно идентифицируется линия поглощения фосфена.

Поскольку вблизи длины волны 5 мкм основные газовые компоненты атмосферы Юпитера (молекулярный водород, метан, аммиак и фосген) не вносят заметного вклада в спектр излучения атмосферы, то измерения, проведенные в этой части спектра, могут дать информацию о составе и температуре более глубоких слоев атмосферы. Данные ИКИС, полученные при пространственном разрешении около  $1/20$  диаметра диска планеты, дали значение яркостной температуры 256 К, которая при более высоком разрешении никогда не превышала 260 К. Последнее указывает на существование отчетливой нижней границы, природа которой пока неясна (это, может быть, как верхняя граница облачного слоя, так и область мощного молекулярного поглощения).

В области длин волн 5,3—6,0 мкм доминирует полоса аммиака, а в интервале 4,8—5,3 мкм — сильные линии молекул воды. Отчетливо отождествляется часть полосы тетрагидрида германия (около длины волны 4,6 мкм) и полоса поглощения дейтерометана (в интервале 4,6—4,8 мкм), что согласуется с данными наземных измерений. Предварительная оценка относительной объемной концентрации гелия соответствует значению  $0,11 \pm 0,03$  (Д. Ортон и А. Ингерсолл получили ранее  $0,12 \pm 0,06$ ).

Расчет высотных распределений температуры в атмосфере Юпитера на различных широтах обоих полушарий по данным спектральных измерений (в линиях молекулярного водорода и полосе метана) позволил построить меридиональные разрезы поля температуры в атмосферном слое 3—1000 мбар. Так, в высоких широтах верхняя юпитерианская стратосфера оказалась теплее в северном, чем в южном полушарии Юпитера. Самая теплая и низкая тропопауза в атмосфере Юпитера зарегистрирована на широте  $15^\circ$ . Подъем тропопаузы

и понижение температуры нижней стратосферы Юпитера, по-видимому, связаны с поглощением солнечной радиации устойчивой нижней стратосферой, расположенной над сильно перемешанной тропосферой, в которой отсутствуют горизонтальные перепады температуры. Однако причины смещения максимума высоты тропопаузы в южное полушарие пока не ясны.

Подъем тропопаузы с широтой в атмосфере Юпитера свидетельствует о наличии в верхней стратосфере меридиональной циркуляции от полюса к полюсу, подобно той, которая наблюдается в земной мезосфере.

Облака, находящиеся в зонах-поясах, оказывают лишь слабое влияние на распределение температуры. Так, например, на уровне 500 мбар над СТрЗ температура понижается лишь примерно на 2 К по сравнению с температурой соседнего СЭП. Яркостная температура СТрЗ, превышающая 140 К, указывает на то, что непрозрачная в этой области спектра облачность должна располагаться ниже уровня давления 600 мбар. Однако нельзя исключить и возможность существования полупрозрачных облаков или дымки на больших высотах.

В верхней тропосфере и нижней стратосфере над БКП при максимальном горизонтальном контрасте температуры на уровне тропопаузы (5—7 К) наблюдается «аномалия холода». Если считать атмосферу Юпитера на уровне 20 мбар неподвижной, то оценки теплового ветра, полученные вблизи уровня 600 мбар в районе БКП, дают значения скорости ветра в восточно-западном и северо-южном направлениях соответственно 75 и 40—50 м/с. Первое соответствует примерно 6-суточной цикличности вращения облачных структур в юпитерианской атмосфере.

Наблюдаемая антициклоническая циркуляция в районе БКП указывает на наличие там центра высокого давления и теплого ядра циркуляции (при отсутствии твердой подстилающей поверхности). Однако если это ядро существует, то оно расположено ниже уровней, доступных инфракрасным измерениям. Наблюдаемая «аномалия холода» над БКП, по-видимому, вызвана восходящими движениями атмосферы при затухании скорости ветра в горизонтальных направлениях по мере увеличения высоты. То, что БКП проник в стратосферу,

можно объяснить тем, что последняя действует как низкочастотный фильтр, пропуская лишь длинноволновые компоненты движения атмосферных слоев.

Традиционным средством дистанционного зондирования атмосферы планет при полетах к ним космических аппаратов является радиорефракционное измерение, или радиопросвечивание. Предварительные результаты расчета высотного распределения температуры в атмосфере Юпитера имеются лишь на основании данных радиопросвечивания на длине волны 3,8 см (обработка данных радиопросвечивания на длинах волн 13 см и более очень сложна, поскольку на них сильное влияние оказывает атмосфера Юпитера). Эти результаты охватывают примерно 80-километровую толщину атмосферы (диапазон давлений 10—600 мбар) и относятся к области с координатами 12° ю. ш. и 63° з. д. (перед заходом солнца). Поскольку непосредственно определяемой в этом эксперименте величиной являлся коэффициент преломления радиоволн, то при расчете высотного распределения температуры последняя задавалась на верхней границе радиопросвечивания (на уровне 10 мбар) как 130 и 160 К. При этом рассчитанные таким образом два высотных распределения температуры в атмосфере Юпитера практически совпадают ниже уровня 200 мбар.

Выявился ряд характерных особенностей этого распределения. 1. Давление и температура на уровне пропонаузы составляют соответственно 100 мбар и 113 К. 2. Вертикальный перепад температуры в тропосфере близок к адиабатическому (2 К/км). 3. Вблизи уровня 85 мбар в стратосфере наблюдается относительно теплый инверсионный слой, существование которого, по-видимому, обусловлено либо поглощением солнечной радиации газовыми компонентами атмосферы, либо влиянием движущихся вверх волн тяжести.

На основании доплеровских смещений радиосигнала были рассчитаны высотные распределения концентрации электронов в юпитерианской атмосфере в точках входа (12° ю. ш. и 63° з. д., высота солнца над местным горизонтом 8°, позднее послеполуденное время) и выхода (1° с. ш. и 314° з. д., высота солнца 8°, предрассветные часы) АМС из зоны радиопросвечивания. Как показали результаты расчета, максимальная концентрация электронов в атмосфере Юпитера составляет на освещенной стороне планеты около  $2,2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$  и на-

блюдается на высоте 1600 км над уровнем атмосферы, соответствующем давлению 1 мбар. Максимум концентрации электронов в юпитерианской атмосфере на ночной стороне соответствует около  $1,8 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$  и находится на высоте 2300 км относительно уровня 1 мбар. Хотя данные о высотном распределении концентрации электронов получены с помощью АМС «Вояджер-1» лишь для высот более 2000 км относительно уровня 1 мбар, несомненно, что ионосфера Юпитера охватывает и более низкие слои юпитерианской атмосферы.

**Верхняя атмосфера, плазма и магнитосфера Юпитера.** Установленный на АМС «Вояджер» ультрафиолетовый спектрометр позволяет получать спектр излучения Юпитера в диапазоне длин волн 500—1700 Å. Наблюдения ультрафиолетового свечения Юпитера с помощью спектрометра АМС «Вояджер-1» начались в первых числах января 1979 г. В первый же день наблюдений при рассеянии АМС от Юпитера, равном 1 а. е., в спектре излучения этой планеты были обнаружены две яркие эмиссионные линии 685 и 833 Å. Последующие измерения пространственного распределения этого линейчатого ультрафиолетового излучения показали, что последнее генерируется около Юпитера в тороидальной области, вытянутой вдоль орбиты Ио.

О возможном тороидальном облаке близ орбиты Ио было известно ранее по наблюдавшемуся излучению однократно ионизованного натрия и двукратно ионизованной серы. Однако обнаружение ярких эмиссионных ультрафиолетовых линий указывает на то, что данное тороидальное облако является высокотемпературной плазмой, ультрафиолетовое свечение которой, вероятно, связано с излучением трех- и четырехкратно ионизованной серы и трехкратно ионизованного кислорода.

Полученные данные показывают, что этот «плазменный тор» при однородной плотности должен иметь поперечные размеры  $1,0 \pm 0,3 R_{\text{Ю}}$  и обладать радиусом  $5,9 \pm 0,3 R_{\text{Ю}}$  (здесь  $R_{\text{Ю}}$  — радиус Юпитера). Он располагается в плоскости магнитного экватора Юпитера и перемещается вверх и вниз относительно орбиты Ио. Причем амплитуда этих перемещений соответствует вертикальному поперечному размеру «плазменного тора». Таким образом, можно предположить, что Ио является источником энергии излучения «плазменного тора», поставляя в определенный объем магнитосферы



Юпитера соответствующие элементарные излучатели ультрафиолетовой эмиссии.

Как показали наблюдения, интенсивность эмиссионных ультрафиолетовых линий «плазменного тора» изменяется со временем, но не зависит от положения Ио на орбите. Варьируется и спектральное распределение ультрафиолетового излучения. Теоретические расчеты, основанные на предположении об оптически тонкой плазме «тора», находящейся в столкновительно-ионизационном равновесии, согласуются с лабораторным спектром излучения смеси, состоящей из трех- и четырехкратно ионизованной серы и троекратно ионизованного кислорода. Отсюда по относительной интенсивности линий трех- и четырехкратно ионизованной серы можно оценить, что электронная температура в «плазменном торе» Ио составляет  $10^5$  К. Эти же расчеты с учетом зарядовой нейтральности плазмы дают значение минимальной концентрации электронов, равное или более  $2100 \text{ см}^{-3}$ .

Таким образом, результаты измерений с помощью ультрафиолетового спектрометра АМС «Вояджер-1» согласуются с тем, что преобладающими компонентами плазмы «тора» Ио являются сера и кислород. Причем оценки показывают, что приток энергии к «плазменному тору» Ио должен быть не менее  $2 \cdot 10^{12}$  Вт. Обнаруженная с помощью АМС «Вояджер-1» вулканическая активность на поверхности Ио (включая ряд действующих вулканов) позволяет предположить, что данный спутник действительно является основным источником частиц плазмы «тора», поставляя туда поток ионов серы и кислорода, равный  $10^{10} (\text{см}^2 \cdot \text{с})^{-1}$ .

Наблюдение собственного ультрафиолетового излучения Юпитера указывает на наличие двух составляющих: излучение диска планеты, обусловленное в основном рассеянием солнечного света в линии водорода  $\text{L}\alpha$  ( $1216 \text{ \AA}$ ); излучение полярных сияний, сконцентрированное в полярных районах планеты и возбуждаемое «высыпанием» частиц высоких энергий вдоль силовых линий магнитного поля Юпитера. Причем интенсивность авроральной эмиссии (излучения полярных сияний) возрастает к полюсам, а излучение диска — к его центру. Наиболее сильными линиями авроральной эмиссии являются та же линия  $\text{L}\alpha$  и полоса молекулярного водорода  $900\text{—}1130 \text{ \AA}$

Поскольку интенсивность ультрафиолетового излучения на ночной стороне Юпитера не превосходит 700 Рл, это накладывает определенный предел на интенсивность ультрафиолетового излучения полярных сияний. Данное обстоятельство, а также то, что интенсивность ультрафиолетового излучения диска не превышает 20 Рл, позволяет оценить температуру юпитерианской термосферы как  $\geq 1000$  К при коэффициенте турбулентной диффузии  $K < 10^6$  см<sup>2</sup>/с. Последнее находится в сильном противоречии с оценками, полученными на основании ультрафиолетовых измерений с помощью АМС «Пионер-11» ( $K \sim 3 \cdot 10^7$  см<sup>2</sup>/с). То же касается и соответствующих оценок общего содержания водорода над турбопаузой.

Это рассогласование данных космических исследований свидетельствует о сильной изменчивости термосферы Юпитера: либо под влиянием солнечной активности, либо из-за ее взаимодействия с юпитерианской магнитосферой и «плазменным тором» Ио. В частности, обнаружение ультрафиолетового излучения полярных сияний на широте 65° согласуется с расположением «плазменного тора», который, вероятно, играет ключевую роль в формировании этого излучения. По-видимому, высокотемпературный «плазменный тор» отсутствовал в период пролета АМС «Пионер-10» около Юпитера (1973 г.), а авроральная активность (полярные сияния) в тот период была также весьма низкой.

«Затменные» измерения (относительно Солнца) ультрафиолетового излучения позволили получить данные о составе верхней атмосферы Юпитера. Анализ степени пропускания солнечной радиации юпитерианской атмосферой в диапазонах длин волн 600—800 (поглощение молекулярным водородом), 900—1150 (поглощение метаном) и 1425—1675 Å (поглощение в основном ацетиленом и этаном) показал, что высотные распределения этих газовых компонентов заметно различаются. В частности, данные «затменных» измерений свидетельствуют о наличии горячей термосферы Юпитера ( $\geq 1000$  К) с большим содержанием атомарного водорода.

В период сближения АМС «Вояджер-1» с Юпитером стали интенсивно выполняться измерения частиц плазмы (электронов и протонов с энергиями 10—5950 эВ). Полученные результаты позволили выявить условия, существующие в зонах ударной волны и магнитопаузы, изменение положения этих зон в зависимости от внешних

условий, а также определить свойства плазмы внешней магнитосферы на дневной и ночной сторонах планеты. В частности было отмечено несколько пересечений АМС зон ударной волны и магнитопаузы на различных расстояниях от Юпитера, что хорошо согласовывалось с участками изменения светового давления, выявленными с помощью АМС «Вояджер-2».

Первое пересечение ударной волны произошло на расстоянии  $85,5 R_{\text{Ю}}$  от центра массы Юпитера, при этом давление света составляло  $8 \cdot 10^{-10}$  дин/см<sup>2</sup>. При первом пересечении магнитосферы (на расстояниях  $59-67 R_{\text{Ю}}$ ) наблюдались спорадические увеличения концентрации электронов энергией в несколько киловольт. Концентрация электронов в плазме внешней магнитосферы (на траектории входа в нее АМС) характеризовалась их средней энергией, заключенной в диапазоне от нескольких сот до нескольких тысяч электронвольт, т. е. данные условия весьма сходны с существующими в плазменном слое земной магнитосферы. На всем протяжении входа АМС в магнитосферу Юпитера счетная концентрация частиц плазмы возрастала (в 6 раз) при уменьшении расстояния до центра массы Юпитера — от 47 (наиболее близкое к планете пересечение магнитопаузы) до  $5 R_{\text{Ю}}$  (кратчайшее расстояние до планеты). В это время поток плазмы в основном совпадал с направлением вращения Юпитера.

Вблизи магнитного экватора планеты в течение юпитерианских суток (периода вращения Юпитера) также наблюдались значительные возрастания счетной концентрации частиц плазмы. В направлении к Юпитеру от «плазменного тора» Ио обнаружена холодная плазма, движущаяся по направлению вращения планеты. Анализ энергетических и зарядовых спектров частиц выявил четыре максимума, характерных для тяжелых ионов кислорода, серы и, может быть, других элементов (при отношениях массы к заряду 8, 16, 32 и 64).

Установленный на АМС «Вояджер-1» датчик плазменных волн впервые позволил осуществить прямые исследования взаимодействия плазменных волн и частиц в магнитосфере Юпитера и в обширной зоне возмущения перед планетой. Предварительные результаты наблюдений, начавшихся с первоначального обнаружения зоны воздействия Юпитера на АМС и закончившихся через несколько суток после пролета около планеты на

кратчайшем расстоянии, показывают, что в течение всего этого промежутка времени магнитосфера Юпитера находилась под сильным воздействием «плазменного тора» Ио, а также изменялась под влиянием вариаций межпланетной среды. Причем некоторые взаимодействия с «плазменным тором» Ио напоминают явления, обнаруженные в земной плазмосфере. В частности, наблюдалась сильная турбулентность в режиме так называемых свистящих атмосфериков (вистлеров).

Некоторые виды зарегистрированного радиоизлучения в окрестностях Юпитера, по-видимому, вызывались молниевыми разрядами, происходившими в атмосфере Ио. За пределами границ «плазменного тора» Ио и вблизи пересечений магнитного экватора Юпитера также обнаружены подобного рода электростатические радиоэмиссии.

Структура взаимодействия плазменных волн и частиц в зоне ударной волны (при входе АМС в магнитосферу) и в области возмущения перед планетой оказалась сходной с обнаруженной в магнитосфере Земли. Однако измерения, проведенные с помощью АМС «Вояджер-1», позволили выявить и ряд волновых явлений, которые не имеют земных аналогов. К их числу относятся очень интенсивные уровни плазменных волн в высоких широтах в зоне «хвоста» магнитосферы, импульсные радиоэмиссии электростатического характера во внутренней части магнитосферы, сильное радиоизлучение в области частот 10—56 кГц, а также всплески радиоизлучения, возможно, связанные с Ио.

Датчик плазменных волн зарегистрировал также низкочастотное радиоизлучение, ионные акустические волны и осцилляции электронной плазмы еще за несколько месяцев до пересечения АМС «Вояджер-1» зоны юпитерианской ударной волны. Так, 1 октября 1978 г. впервые был зарегистрирован новый тип радиоизлучения Юпитера (на частотах 10—56 кГц), когда АМС находилась на расстоянии 4,27 а. е. от планеты. На больших расстояниях от Юпитера регистрировались радиовсплески, продолжавшиеся в течение 1 ч или меньше и имевшие спорадический характер при обильной тонкой структуре.

По мере приближения к Юпитеру уровень сигнала и продолжительность радиоизлучения возрастали. Зона юпитерианской ударной волны впервые была зарегист-

рирована 28 февраля 1979 г. при расстоянии АМС «Вояджер-1» от центра массы Юпитера, равном  $85,6 R_{\text{Ю}}$ . Местоположение магнитопаузы было зафиксировано благодаря началу сильного радиоизлучения с непрерывным спектром. Оценка концентрации электронов в зоне магнитопаузы составляла  $0,4 \text{ см}^{-3}$ .

Первоначальное обнаружение аппаратурой АМС «Вояджер-1» волновых явлений, связанных с взаимодействием плазменных волн и частиц, произошло 4 марта 1979 г. при расстоянии от центра массы Юпитера, равном  $21 R_{\text{Ю}}$ . При пересечении магнитного экватора Юпитера были отмечены довольно сильные радиоэмиссии с максимальной напряженностью электрического поля до  $1 \text{ мВ/м}$ . Подобные электростатические волны известны и на Земле, где они концентрируются вблизи экватора за пределами земной плазмосферы, а связанные с ними взаимодействия волн и частиц вызывают диффузные полярные сияния. В условиях Юпитера эти взаимодействия также могут вносить вклад в генерацию полярных сияний, обнаруженных по их ультрафиолетовому излучению.

При максимальном сближении АМС «Вояджер-1» с Юпитером было зарегистрировано около 40 всплесков радиоизлучения типа вистлеров, которые следует идентифицировать с молниевыми разрядами, происходящими в атмосфере этой планеты.

При помощи телескопа и анализатора частиц, установленных на АМС «Вояджер-1», выполнялись измерения концентрации заряженных частиц низких энергий: электронов ( $\geq 15 \text{ кэВ}$ ) и ионов ( $\geq 30 \text{ кэВ}$ ) горячей плазмы в магнитосфере Юпитера. Протоны, более тяжелые ионы и электроны указанных энергий были впервые обнаружены на расстоянии около  $1/3 \text{ а. е.}$  от Юпитера. Первоначально на наличие юпитерианской магнитосферы указали движущиеся к Солнцу ионы энергией  $30 \text{ кэВ}$ , наблюдавшиеся в течение примерно 2 ч 22 января 1979 г. (при расстоянии около  $600 R_{\text{Ю}}$ ).

Горячая плазма вблизи границы магнитосферы в основном состоит из ионов кислорода и серы, находящихся там в сравнимых концентрациях (суммарная концентрация составляет около  $5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3}$ ), и имеет «нетепловой хвост», т. е. область с энергетическим спектром частиц, обладающим степенной (нетепловой) зависимостью. Температура плазмы составляла около  $3 \cdot 10^8 \text{ К}$ ,

плотность энергии — около  $190 \text{ эВ/см}^3$  — сравнима с соответствующей плотностью энергии магнитного поля. Плазма двигалась в магнитосфере в направлении вращения Юпитера, вытекания горячей плазмы из магнитосферы не наблюдалось.

Химический состав магнитосферной плазмы Юпитера сильно отличается от состава частиц солнечных вспышек. Во внешней магнитосфере зарегистрированы значительно более высокие концентрации кислорода, серы и натрия по сравнению с углеродом и железом. Основными компонентами плазмы, состоящей из частиц высокой энергии ( $\geq 200 \text{ эВ/нуклон}$ ), являются ионы водорода (протоны), гелия, кислорода, серы и натрия, наблюдаемые повсюду во внешней части магнитосферы Юпитера. Источником серы, натрия и, возможно, кислорода, по-видимому, является опять же Ио.

На траектории выхода АМС из магнитосферы потоки частиц возрастают в диапазоне юпитероцентрических долгот  $90\text{—}130^\circ$ , а также около  $5\text{—}10 \text{ ч}$  наблюдается цикличность потоков частиц, отсутствующая на траектории входа. Вблизи потоковой «трубки» в сторону Ио (см. далее) происходило частичное поглощение электронов, обладающих энергиями  $>10^6 \text{ эВ}$ . Гораздо более сильно поглощение проявляется в случае частиц-ионов низкой энергии ( $\geq 0,6 \text{ МэВ}$ ) и протонов высокой энергии ( $15 \text{ МэВ}$ ), для которых характерно примерно 400-кратное ослабление их энергии.

Полученные данные об ионах высоких энергий (особенно, тяжелых ионов) указывают на диффузность границ юпитерианской ударной волны. Концентрация ионов возрастает сразу же за ударной волной (распознаваемой по потоку электронов низких энергий), а перед магнитопаузой потоки электронов и ионов усиливаются. До пересечения магнитопаузы эти потоки направлены от Юпитера, а после пересечения — в сторону вращения данной планеты.

Большое значение для развития представлений о гигантской магнитосфере Юпитера, ее динамике и сложном взаимодействии с солнечным ветром и спутниками имеет проведенное АМС «Вояджер-1» измерение космических лучей. Результаты этих измерений подтвердили и обобщили выводы, сделанные после полетов АМС «Пионер-10 и -11», о хаотичности внешней части юпитерианской магнитосферы, характеризующейся азимуталь-

ной асимметрией, нестационарностью при наличии экваториального токового слоя, о «приспособлении» потоков протонов высоких энергий к магнитному полю и эллипсоидическом присутствии планетарного ветра в наиболее удаленных областях магнитосферы Юпитера.

Возрастание потоков электронов и протонов (примерно в два раза) наблюдалось как только АМС «Вояджер-1» вошла в магнитосферу Юпитера на расстоянии  $66,9 R_{\text{Ю}}$  от планеты, причем интенсивность протонов оказалась в два раза более высокой, чем по данным АМС «Пионер-11» для этой же части магнитосферы. На расстояниях менее  $20 R_{\text{Ю}}$  преобладает уже «классическая» магнитосфера с продолжительными периодами захвата частиц, но несколько искаженная эффектами «выметания», обусловленными наличием спутников Юпитера внутри магнитосферы.

В табл. 2 дан химический состав тяжелых ядер высоких энергий ( $\geq 7$  МэВ/нуклон) и иллюстрируются сходство и различие химических составов частиц солнечного происхождения и частиц, находящихся во внешней части юпитерианской магнитосферы. В последней имеется несколько более высокая концентрация ядер магния, кремния и, возможно, серы. Таким образом, вряд ли источником этих частиц может быть Юпитер или его галилеевы спутники, поскольку они сильно отличаются по своему химическому составу как друг от друга, так и от солнечного ветра. Возможно, что определенную роль здесь играют механизмы захвата юпитерианской магнитосферой частиц солнечных вспышек (по-видимому, этого не происходит в земной магнитосфере) и частиц солнечного ветра (осуществляется в магнитосфере Земли).

Состав юпитерианской магнитосферы значительно изменяется в районах орбиты Ио, где преобладающими компонентами становятся ядра кислорода, азота и серы. Сравнение элементного состава ядер солнечного происхождения и находящихся во внутренней части юпитерианской магнитосферы (табл. 2) обнаруживает, что по сравнению с концентрацией ядер углерода возрастают концентрации ядер кислорода (более чем в 17 раз), натрия (более чем в 270 раз) и серы (более чем в 700 раз). Обогащение внутренней части магнитосферы Юпитера кислородом и серой согласуется с химическим составом «плазменного тора» Ио. Кроме того,

Таблица 2

**Элементный состав тяжелых ядер высоких энергий  
(по отношению к концентрации ядер кислорода)**

Ядра	Относительная концентрация ядер		
	Солнечный ветер	Магнитосфера Юпитера	
		Внешняя часть	Внутренняя часть
Углерода	$0,571 \pm 0,197$	$0,55 \pm 0,13$	0,03
Азота	$0,11 - 0,13$	0,06	0,07
Кислорода	1	1	1
Неона	$0,11 - 0,24$	$0,09 (+0,06; -0,04)$	0,01
Натрия	$0,01 - 0,02$	0,04	$0,04 \pm 0,02$
Магния	$0,16 + 0,29$	$0,13 (+0,07; -0,05)$	0,03
Кремния	$0,11 - 0,31$	$0,11 (+0,07; -0,05)$	0,02
Серы	$0,02 - 0,07$	$0,04 (+0,05; -0,03)$	$0,76 \pm 0,09$
Калия	0,0075	0,04	0,01
Железа	$0,04 - 0,63$	$0,06 (+0,06; -0,03)$	0,01

ионизация частиц в обнаруженном ранее облаке нейтрального натрия около Ио может вызвать аномально высокую концентрацию ядер этого элемента во внутренней части юпитерианской магнитосферы.

Наземные наблюдения низкочастотного радиоизлучения Юпитера, которые продолжаются уже более трех десятилетий, выявили наличие у этой планеты сильного и очень меняющегося магнитного поля, а также взаимодействие спутника Ио с магнитосферой Юпитера и ряд других явлений. Однако до сих пор остаются неизвестными механизмы генерации радиоизлучения, местоположение его источников и детальные свойства магнитосферной плазмы Юпитера.

Радионаблюдения низкочастотного излучения Юпитера в основном выполнялись в период максимального сближения АМС «Вояджер-1» с планетой и позволили определить левую и правую поляризацию этого излучения и получить спектр в исследуемом радиодиапазо-



не. Интересным результатом измерений радиоизлучения Юпитера в высокочастотном диапазоне длин волн является обнаружение семейства дугообразных областей образования этого излучения, форма которых меняется в зависимости от юпитероцентрической долготы. Подобное явление было ранее неизвестно, что, по-видимому, связано с сильным воздействием на наземные измерения со стороны земной ионосферы.

На участке максимального сближения АМС «Вояджер-1» с Юпитером наблюдалось значительное возрастание радиоизлучения почти во всех диапазонах длин волн. За несколько месяцев до сближения было зарегистрировано спорадическое радиоизлучение Юпитера, обладающее максимумом интенсивности в километровом диапазоне длин волн и проявляющееся в виде радиовсплесков, продолжительность которых изменялась с уменьшением частоты. Свойства этого радиоизлучения Юпитера свидетельствуют о том, что по происхождению оно отличается от излучения Юпитера в гектометровом и декаметровом диапазонах. Весьма вероятно, что его источником являлись зоны полярных сияний, расположенные очень высоко над полюсами этой планеты, или «плазменный тор» Ио.

Расчет распределения концентрации электронов вдоль траектории полета АМС «Вояджер-1» на участке максимального сближения позволил уточнить и структуру «плазменного тора» Ио. Основными выводами были следующие:

1) «плазменный тор» занимает область пространства около Юпитера, определяемую расстояниями до центра Планеты от  $5 R_{ю}$  до более чем  $8 R_{ю}$ , причем максимум концентрации электронов находится вблизи орбиты Ио (в интервале расстояний  $5,7-5,9 R_{ю}$ );

2) максимальная концентрация в пределах «плазменного тора» Ио во время пролета его АМС не уменьшалась ниже значения  $4500 \text{ см}^{-3}$ .

Интересно отметить, что измерения магнитосферы Юпитера выявили существование в ней электрического тока (порядка  $5 \cdot 10^6 \text{ А}$ ), текущего по трубке магнитного потока, соединяющей Ио и планету.

Во время полета АМС «Вояджер-1» проводились измерения магнитного поля Юпитера с помощью двух трехосных магнитометров. По данным этих измерений

АМС «Вояджер-1» впервые пересек зону ударной волны Юпитера 28 февраля 1979 г. на расстоянии  $5,7 R_{\text{Ю}}$  от центра планеты, а на пути до периапсиса АМС пересекла фронт юпитерианской волны до 5 раз и 9 раз — магнитопаузу. Полученные результаты указывают на то, что магнитный «хвост» за ночной стороной Юпитера формируется при взаимодействии солнечного ветра с магнитным полем планеты. Нечто подобное свойственно и земной магнитосфере, однако атмосфера Юпитера обладает чрезвычайно изменчивой конфигурацией, и, в частности, поэтому ее свойства оказались несколько различными по данным АМС «Пионер» и «Вояджер».

Несомненно, значительную роль в возмущениях магнитного поля Юпитера играет магнитная потоковая трубка, соединяющая планету со спутником Ио. Она образовалась, по-видимому, в результате относительно движения Ио в юпитерианской магнитосфере, совершающей вращение в том же направлении, что и планета. В частности, ток в этой магнитной трубке может вызывать нагрев ионосферы Ио и его твердой оболочки вследствие джоулевых потерь (порядка  $10^{12}$  Вт). При повышении температуры ионосферы может увеличиться и ее проводимость, что еще сильнее повышает нагрев за счет джоулевых потерь.

**Исследование спутников.** Программа АМС «Вояджер» предусматривала изучение как самого Юпитера, так и ближайших к нему пяти спутников, четыре из которых являются самыми крупными в спутниковой системе данной планеты и называются галилеевыми (Ио, Европа, Ганимед и Каллисто). Однако аппаратура АМС «Вояджер-1» обнаружила еще одно интересное образование около Юпитера — кольцевую систему, внешняя граница которой находится на расстоянии 128 тыс. км от центра планеты. Значительно более четкие изображения кольца Юпитера, полученные с помощью АМС «Вояджер-2», позволили уточнить его размеры. Оказалось, что толщина кольца не превышает 1,5 км, а ширина составляет 16—19 тыс. км, причем нижняя часть кольца, по-видимому, находится вблизи уровня верхней границы облачного покрова Юпитера.

Обнаружение кольца у Юпитера, также открытое недавно кольцо Урана указывают на то, что данный феномен, по-видимому, является неотъемлемым свойством всех планет-гигантов.

Исследования ближайших к Юпитеру спутников привели к ряду неожиданных открытий. Интерпретация изображений этих спутников позволила уточнить их размеры и получить ценные сведения о характере поверхностей (в частности, построить карты рельефа). Как оказалось, ближайший к Юпитеру спутник Амальтея имеет вытянутую форму (длина осей соответственно  $265 \pm 20$  и  $140 \pm 20$  км) и подобно галилеевым спутникам вращается синхронно с Юпитером, будучи всегда обращенным к нему одной стороной.

Глобальная телевизионная съемка Ио, осуществленная в момент кратчайшего сближения АМС «Вояджер-1» с этим спутником, обнаружила большое разнообразие цветовых оттенков и различной степени освещенности его поверхности, на которой особо выделялись яркий оранжево-красный экваториальный пояс с беловатыми включениями, а также более темные полярные районы. Для многих стало неожиданным отсутствие на поверхности Ио ударных кратеров (на пределе разрешения 1—2 км), что явно указывает на относительную молодость поверхности ( $10^6$  лет или менее).

Отсутствие ударных кратеров на Ио, по-видимому, объясняется воздействием эрозии и покрытием осадочными породами. Вероятность последнего подтверждается обилием обнаруженных на Ио вулканических структур. Аппаратура АМС «Вояджер-1» выявила свыше 100 вулканоподобных депрессий (кальдер) размером более 200 км, многие из которых имеют характерные лучеобразные вулканические потоки. Однако более типичным для поверхности Ио является отсутствие подобных потоков: обычно вулканические кальдеры окружены диффузными гало или яркими темными структурами. Размер кальдер и вулканических потоков (сотни километров в длину и десятки километров в ширину) сильно превосходит земные стандарты (это наблюдается и в случае Марса).

Остальная же часть поверхности Ио является весьма гладкой и производит впечатление многослойного образования, состоящего из слоев одинаковой толщины. В полярных районах наблюдались отдельные горы с очень неровным рельефом. Типичный вертикальный масштаб рельефа составляет около 10 км.

Наиболее впечатляющим открытием, сделанным при помощи АМС «Вояджер-1», является вулканическая ак-

тивность Ио с выбросом материала до высот порядка нескольких сот километров при скорости выброса около 1 км/с. За время наблюдений было зарегистрировано семь вулканических шлейфов в различных точках поверхности Ио, причем большая их часть наблюдалась неоднократно. Непрерывная вулканическая активность Ио может поддерживаться радиогенным (за счет радиоактивного распада) источником энергии, но это приводит к предположению о неприемлемо высокой относительной массе радиоактивных ядер с большим периодом полураспада. В связи с этим можно предположить, что источником энергии является приливное нагревание Ио со стороны ближайших галилеевых спутников (Европы и Ганимеда) с изменением амплитуды сильных приливов вследствие синхронного вращения Ио около Юпитера.

В отличие от других спутников на Ио не обнаружена вода. Резкий спад альbedo поверхности этого спутника в голубой и фиолетовой частях спектра, по-видимому, объясняется наличием на Ио богатых серой соединений, имеющих вулканическое происхождение. Обнаружение ионизованной серы вблизи орбиты Ио подтверждает это предположение и приводит к выводу о том, что данный химический элемент в основном и определяет изменение окраски поверхности спутника.

Изображения Европы (при разрешающей способности 33 км) свидетельствуют о том, что она сильно отличается от других галилеевых спутников. Для Европы характерно наличие лишь нескольких структур, которые могут быть ударными кратерами, а также протяженных, малококонтрастных неоднородностей (несколько более яркими являются полюса). Необычная особенность поверхности этого спутника заключается в том, что на Европе обнаружены гигантские взаимно пересекающиеся линейчатые структуры (линеаменты) шириной от 50 до 200 км и длиной до нескольких тысяч километров, происхождение которых, может быть, связано с глобальными тектоническими процессами.

Кроме того, можно предположить, что здесь, как и на Ио, проявляется механизм приливного нагревания и наблюдаемые линеаменты представляют собой последствия продолжающейся и в настоящее время эндогенной эволюции Ио. Наземные измерения инфракрасного излучения выявили большое количество воды на

этом спутнике (вероятно, в форме льда). По-видимому, вода составляет около 20% общей массы Европы, и вполне вероятно, что она окружена внешней оболочкой из льда и воды.

Самый большой спутник Юпитера—Ганимед — является, как и Каллисто, одним из самых крупных планетарных объектов, обладающих очень малой плотностью вещества. Плотность Ганимеда равна примерно  $1,9 \text{ г/см}^3$ , и, по-видимому, около половины его массы составляет вода. Высокое значение альбедо поверхности данного спутника и некоторые другие данные позволяют предположить, что вся его поверхность покрыта льдом. Наиболее интересной особенностью поверхностной структуры Ганимеда является комплекс полос примерно одинаковой ширины с несколько более высокой яркостью, которые могут быть следствием тектонических процессов.

Изображения Ганимеда, полученные с высокой разрешающей способностью при помощи АМС «Вояджер-1», выявили два типа его поверхностных структур: многочисленные мелкие кратеры диаметром от нескольких километров до значительных, превышающих 50 км, а также более светлые желобкообразные структуры, имеющие, по-видимому, меньший возраст. Отдельные желоба имеют глубину порядка нескольких метров и ширину около 5—15 км. Удивительной особенностью поверхности Ганимеда является полное отсутствие там рельефа (высотные неоднородности не превышают 1 км).

Самый дальний от Юпитера галилеев спутник Каллисто обладает и самой низкой плотностью и более темной поверхностью по сравнению с этими спутниками. Поверхность Каллисто состоит из крупных многокольцевых структур, которые несколько схожи с аналогичными структурами поверхностей Луны и Марса. Но в отличие от этих объектов многокольцевые структуры Каллисто не имеют центрального бассейна и радиальных следов выбросов, что можно объяснить особыми свойствами льда, который, по-видимому, в больших количествах входит в состав коры Каллисто.

Инфракрасные измерения спутников Юпитера, проведенные с помощью АМС «Вояджер-1», выявили, что Амальтея на самом деле оказалась теплее, чем это ожидалось ранее по возможному поглощению этим спутником излучений Юпитера и Солнца. Возможно, Амаль-

тея дополнительно нагревается за счет своей близости к радиационным поясам Юпитера.

Инфракрасные спектры Европы, Ганимеда и Каллисто не обладают какими-либо особенностями, однако они имеются в спектре инфракрасного излучения Ио в районах вулканических структур и указывают на более высокую температуру этих образований. Причем оценки, проведенные для участка поверхности Ио с планетоцентрическими координатами  $+5^\circ$  (по широте) и  $305^\circ$  С (по долготе), дают соответственно значения  $290 \pm 20$  и  $127 \pm 2$  К. Эти оценки опровергают предположение о том, что темные участки вулканических структур Ио могут состоять из расплавленных веществ.

Проводились и ультрафиолетовые измерения спутников Юпитера. Так, анализ наблюдаемого ультрафиолетового излучения Каллисто показал, что оно образуется вследствие резонансного рассеяния солнечной радиации. Причем оценки верхних пределов концентраций ионизованного кислорода и гелия у поверхности Каллисто дали соответственно значения  $5 \cdot 10$  и  $8 \cdot 10^4$  см<sup>-3</sup>. Наблюдения затмения ультрафиолетового излучения звезды  $\kappa$  Центавра Ганимедом позволили определить верхний предел концентрации газовых составляющих у поверхности этого спутника. Поскольку величина рассчитанного таким образом предела составляет около  $6 \cdot 10^8$  см<sup>-3</sup>, то в лучшем случае атмосфера Ганимеда может представлять собой очень разреженную экзосферу.

**На пути к Сатурну.** После успешного завершения программы исследования Юпитера с пролетной траектории АМС «Вояджер-1 и -2» отправились к следующему объекту их исследования — системе Сатурна. При этом с помощью аппаратуры АМС «Вояджер» будет проведен широкий круг измерений характеристик Сатурна и его ближайших восьми спутников, в том числе и самого крупного из них — Титана, обладающего мощной атмосферой и по своим размерам превышающего Меркурий.

АМС «Вояджер-1» (табл. 3 и 4) пролетит Сатурн на кратчайшем расстоянии от этой планеты 13 сентября 1980 г., и лишь через девять месяцев в окрестности колец Сатурна прибудет АМС «Вояджер-2». А дальше, если АМС «Вояджер-1» выполнит полностью программу исследования Сатурна и его спутников, то АМС «Вояджер-2» будет выведена на траекторию пролета около

Таблица 3

## Программа пролета «Вояжера-1» близ Сатурна

Событие	Дата	Кратчайшее расстояние пролета, км	Надущее разрешение поверхности, км
Начало съемки Сатурна	24.VIII.80	96 млн.	2000
Пролет Титана	12.XI.80	4100	0,5
» Тефии	12.XI.80	410 тыс.	8
» Сатурна	13.XI.80	130 тыс.	3
» Мимаса	13.XI.80	100 тыс.	2
» Энцелада	13.XI.80	230 тыс.	5
» Дионы	13.XI.80	140 тыс.	3
» Рея	13.XI.80	60 тыс.	1
» Гипериона	13.XI.80	890 тыс.	18

Таблица 4

## Программа пролета «Вояжера-2» близ Сатурна

Начало съемки Сатурна	8.VI.81	96 млн.	2000
Пролет Гипериона	26.VIII.81	960 тыс.	19
» Титана	26.VIII.81	350 тыс.	7
» Рея	27.VIII.81	250 тыс.	5
» Тефии	27.VIII.81	160 тыс.	3
» Сатурна	27.VIII.81	100 тыс.	2
» Энцелада	27.VIII.81	90 тыс.	2
» Мимаса	27.VIII.81	30 тыс.	1
» Дионы	27.VIII.81	200 тыс.	4

Сатурна, которая обеспечивала бы пролет этой АМС около следующей планеты-гиганта Уран, а возможно, и Нептуна. Полет от Сатурна может продолжаться около пяти лет, но не существует никаких специальных модификаций этой АМС, чтобы она функционировала бы дополнительные пять лет. Однако оба «Вояжера» создавались в расчете на возможно более длительное функционирование. Вероятность же успешного исследования Нептуна с помощью АМС «Вояжер-2» даже наиболее оптимистически настроенные специалисты считают ничтожной.

В 1989 г. обе АМС «Вояжер» пересекут орбиту Плутона и выйдут за пределы Солнечной системы, покидая которую они будут фотографировать звездные поля с

круговым обзором, что даст возможность обнаружить на полученных снимках десятую планету (за Плутоном), а также подтвердить открытие спутника у планеты Плутона. При движении обеих АМС «Вояджер» их аппаратура сможет зарегистрировать гелиопаузу — границу раздела между областью магнитного поля и плазмы солнечного происхождения и областью действия звездного ветра (местоположение гелиопаузы пока неизвестно).

В связи с тем, что дальнейший путь «Вояджеров» лежит далеко за пределы Солнечной системы, на их борту содежится «звуковое письмо» к возможным разумным существам других цивилизаций — медная грампластинка с записью «звуков Земли».

Однако пока еще АМС «Вояджер-1 и -2» только начали свой путь к Сатурну, 1 сентября 1979 г. в 17 ч 57 мин по гринвичскому времени американский космический аппарат «Пионер-11» пролетел около этой планеты на расстоянии 21 000 км. Впервые в истории достигнув окрестностей Сатурна, космический аппарат передал на Землю ценную информацию, включая снимки планеты и окружающего пространства с большим пространственным разрешением.

Среди первых открытий — два новых кольца и неизвестный ранее естественный спутник планеты, получивший название «Скала пионера». Когда «Пионер-11» пересек плоскость колец, приборы АМС перестали регистрировать радиацию. По-видимому, все электроны и протоны в прилегающей к плоскости колец сфере поглощены веществом колец, этим и объясняется наблюдавшееся явление.

Результаты проведенных измерений дают основания предположить, что кольца в основном состоят из частиц льда диаметром 1 см, а не из крупных ледяных глыб, как считалось ранее. На основе расчетов массы естественных спутников Сатурна был сделан вывод, что почти все из них также состоят из льда.

Обнаруженное «Пионером-11» магнитное поле планеты оказалось уникальным. В отличие от магнитосфер Земли, Юпитера и Меркурия ось магнитосферы Сатурна совпадает с осью вращения, а ее центр находится в 22 км от центра планеты.

2 сентября 1979 г. в 18 ч 05 мин по гринвичскому времени «Пионер-11» прошел на расстоянии 356 000 км



от гигантского спутника этой планеты Титана, обладающего весьма значительной атмосферой. По мнению некоторых ученых Титан является единственным объектом Солнечной системы, на котором, помимо Земли, существуют благоприятные условия для наличия жизни. Большой интерес ученых вызвало обнаружение загадочного светящегося шара, выявленного на полученных снимках этого спутника. В настоящее время продолжается тщательная обработка информации, переданной на Землю с борта «Пионера-11».

**Программа «Галилей».** Несмотря на значительный прогресс в исследованиях Юпитера, многое на этой планете остается загадочным. Особенно это касается внутренней части атмосферы Юпитера. Опыт космических исследований планет, в частности Венеры и Марса, показывает, что наиболее эффективным средством подобных исследований являются использование АМС, функционирующих в качестве искусственных спутников планет, а также проведение прямых измерений параметров атмосферы с помощью спускаемых аппаратов (СА).

В связи с этим в США планируется запустить к Юпитеру в 1984 г. АМС «Галилей», в состав которой входят спускаемый и орбитальный аппараты. Причем для запуска АМС предполагается использовать много-разовый транспортный космический корабль «Спейс Шаттл». Полет АМС «Галилей» до Юпитера будет продолжаться около трех лет. Орбита искусственного спутника Юпитера (ИСЮ) будет проходить вблизи галилеева спутника Ганимед. Время активного функционирования аппаратуры ИСЮ рассчитано на 20 мес.

За 55 сут до сближения АМС «Галилей» с Юпитером от нее отделится СА, с борта которого будут проводиться прямые измерения параметров юпитерианской атмосферы — вплоть до слоев, находящихся глубже нижней границы облачного покрова (давление 17 атм, температура 425 К). Предполагается, что связь с СА через ИСЮ сможет продолжаться около 30 мин.

Несомненно, что осуществление намеченной программы «Галилей» существенно обогатит наши знания о самой гигантской планете Солнечной системы.

