



1 1976 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Президент Академии наук СССР Анатолий Петрович Александров

Академик А. П. Александров, избранный 25 ноября 1975 года Общим собранием академии президентом Академии наук СССР,— выдающийся ученый в области атомной физики и энергетики, известный общественный деятель и крупный организатор науки, работы которого получили широкое признание в нашей стране и среди мировой научной общественности.

Результаты, достигнутые под его научным руководством, позволили нашей стране занять лидирующие позиции по многим разделам атомной науки, техники и промышленности.

Разносторонние научные интересы ученого широко проявились на посту директора Института атомной энергии имени И. В. Курчатова, который он возглавляет с 1960 года. А. П. Александров создал в институте отдел физики твердого тела, в котором развернулись весьма перспективные исследования в области сверхпроводимости, нашедшие важное применение в технике. Несколько ранее он вместе с И. В. Курчатовым организовал биологический отдел, который стал одним из центров молекулярной биологии в нашей стране.

С 1960 года академик А. П. Александров входит в состав Президиума АН СССР, где ведет большую работу по координации деятельности Академии наук СССР и академий наук союзных республик в области атомной науки и техники.

Плодотворную исследовательскую деятельность А. П. Александров успешно сочетает с большой научно-организационной, общественной и государственной работой. На XXIII и XXIV съездах Коммунистической партии Советского Союза избирался членом ЦК КПСС.

Заслуги академика А. П. Александрова перед наукой высоко оценены Советским государством. Он трижды удостоен звания Героя Социалистического Труда, является лауреатом



Ленинской и Государственных премий СССР, награжден семью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, медалями. А. П. Александров — член Академии наук Венгерской Народной

Республики, член Шведской королевской инженерной академии.

[По материалам газеты «Правда»
от 26 ноября 1975 года.]

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

1 ЯНВАРЬ ФЕВРАЛЬ 1976 И ЗЕМЛЯ ВСЕЛЕННАЯ

Навстречу XXV съезду КПСС

В номере:

Наши интервью	2
К. Д. Бушув — Технические аспекты совместимости космических кораблей	8
Е. К. Шеффер — «Филин» исследует рентгеновские звезды	16
И. П. Тиндо — Зеркальный рентгеновский телескоп станции «Салют-4»	23
Я. Л. Зиман, А. А. Большой — Изучение природных ресурсов Земли из космоса	29
Д. Я. Мартынов — Красный Сириус	36
Л. В. Ксанфомалити — Меркурий — брат Луны	40
М. Д. Нусинов, Ю. Б. Черняк — Лунные стеклянные шарики — откуда они!	50

ЛЮДИ НАУКИ

Памяти Ростислава Владимировича Куницкого	55
А. Д. Добровольский — Николай Николаевич Зубов	56
А. А. Гурштейн — Двуликий Янус французской астрономии	60
ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ	
А. К. Король — Главная астрономическая обсерватория Украинской ССР	67
Ш. Ференбак — Обсерватория От-Прованс	73

ЭКСПЕДИЦИИ

В. С. Латун — «Академик Вернадский» продолжает исследования	77
---	----

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В. В. Порфирьев, О. Д. Шебалин — Новая специальность в педагогических институтах	81
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

А. Д. Марленский — Бинокли и астрономические наблюдения с ними	83
Любительские фотографии солнечного затмения 11 мая 1975 года	88

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

И. И. Неяченко — Персей	89
-----------------------------------	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Рудов — Марки, посвященные советской космической радиосвязи	90
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Н. И. Новожилов — Выдающийся русский мореплаватель и ученый	92
В. С. Кирсанов — «История философии для физиков и математиков»	94

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

95

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Природа пульсара в двойной системе [49]; В центре Галактики — черная дыра [54]; Сверхновые звезды — генераторы космических лучей [54]; Отождествление рентгеновской новой [59]; Новое о Титане и Мимасе [72]; Совецание в Чернигове [87]; Новые книги [93].

Наши интервью

В канун XXV съезда
Коммунистической партии Советского Союза
редакция журнала
«Земля и Вселенная»
обратилась к известным ученым
с просьбой рассказать об основных задачах и перспективах
космических исследований,
астрономии и геофизики
в предстоящей десятой пятилетке.
Ниже публикуются ответы ученых:

академика В. П. ГЛУШКО
члена-корреспондента АН СССР Э. Р. МУСТЕЛЯ
академика Л. М. БРЕХОВСКИХ
академика В. И. СМИРНОВА
члена-корреспондента АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ
академика В. Л. ГИНЗБУРГА
члена-корреспондента АН СССР В. А. КРАТА

В следующем номере нашего журнала будут опубликованы интервью

члена-корреспондента АН СССР Г. А. АВСЮКА
академика В. А. АМБАРЦУМЯНА
кандидата физико-математических наук Ю. В. БАТРАКОВА
члена-корреспондента АН СССР М. С. ЗВЕРЕВА
академика Я. Б. ЗЕЛЬДОВИЧА
академика А. А. МИХАЙЛОВА
академика А. Б. СЕВЕРНОГО
члена-корреспондента АН СССР В. В. СОБОЛЕВА
академика АН ГрузССР Е. К. ХАРАДЗЕ
члена-корреспондента АН УССР В. П. ЦЕСЕВИЧА



Дважды Герой Социалистического
Труда
академик Валентин Петрович
ГЛУШКО

Основные направления развития советских космических исследований в десятой пятилетке связаны в первую очередь с всесторонним исследованием Земли из космоса, околоземного космического пространства, а также с изучением ближайших планет Солнечной системы.

Исследования Земли из космоса оказались необычайно плодотворными, и в их дальнейшем развитии заинтересованы самые разнообразные области человеческой деятельности. Освоение ближнего космоса уже позволило достичь многого в развитии различных видов глобальной связи и обеспечении нашей планеты метеорологической информацией.

Кардинальный путь изучения и освоения космического пространства — создание долговременных орбитальных станций, снабженных мощ-

ной исследовательской аппаратурой. Экипажи, работающие на борту этих станций, не только изучают Землю и прилегающее космическое пространство, но и проводят важные астрофизические исследования.

Сами экипажи служат объектом медико-биологических экспериментов. Длительное пребывание космонавтов на станции позволит отработать условия безопасной долгосрочной их работы в космосе. Без решения этой кардинальной задачи не может быть и речи о полноценном освоении человеком космического пространства.

Одна из основных задач орбитальных станций — проведение широких экспериментов по разработке новых технологических процессов, использующих уникальные космические условия. Предстоит создать основы будущей космической индустрии.

В более отдаленном будущем мыслится постепенно выносить в космическое пространство промышленное и энергетическое производства, чтобы сохранить нашу планету от разрушительного влияния технического прогресса.

В новой пятилетке будут продолжаться исследования ближайших к нам небесных тел — Луны, Венеры и Марса, представляющих на данном этапе наибольший интерес.

Десятая пятилетка ознаменуется дальнейшим развитием международного сотрудничества в космосе.



**Председатель Астрономического совета АН СССР
член-корреспондент АН СССР
Эвальд Рудольфович МУСТЕЛЬ**

Планы развития советской астрономии на десятую пятилетку разработаны Астрономическим советом АН СССР совместно с астрономическими учреждениями страны. Координация работ по узловым проблемам астрономии осуществляется ведущими учреждениями по соответствующей проблеме и проблемными рабочими группами, организованными при Астрономическом совете АН СССР.

К первоочередным задачам советской астрономии в предстоящей десятой пятилетке относятся:

скорейшее освоение новых больших инструментов Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР, Института

физики и астрономии АН ЭССР и работа на них по специальным, заранее разработанным программам, предусматривающим решение наиболее перспективных задач современной астрономии;

дальнейшая разработка и внедрение в практику астрономических наблюдений максимально чувствительных приемников излучения. Особое внимание следует уделить созданию высокочувствительных приемников инфракрасного излучения (до длин волн порядка 20 мкм);

скорейшая реализация планов организации крупной астрофизической обсерватории в Средней Азии — в месте, обладающем наилучшими астроклиматическими условиями;

создание специальной эффективной системы координации исследований, предусматривающей непрерывное выявление новых, наиболее интересных астрономических задач; скорейшее внедрение соответствующих рекомендаций в программы наблюдений обсерваторий. Это также должно предусматривать значительное расширение «Службы открытий» новых объектов;

постановка одновременных наблюдений с использованием наземных оптических и радиотелескопов, а также внеатмосферных телескопов для исследования нестационарных космических объектов.

«Развивать научные основы рационального использования и охраны почв, недр, растительного и животного мира, воздушного и водного бассейнов. Расширить комплексные исследования Мирового океана. Осуществлять дальнейшую разработку методов прогнозирования погоды и стихийных бедствий».

[Из проекта ЦК КПСС к XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»]

НАШИ ИНТЕРВЬЮ



Академик-секретарь Отделения океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР, академик Леонид Максимович БРЕХОВСКИХ

В десятой пятилетке по-прежнему основными будут следующие направления исследований Мирового океана:

изучение биологического сообщества в океане, его функционирования, связи отдельных его звеньев для целей более полного и рационального использования биологических ресурсов Мирового океана и прилегающих к нему морей; исследования, направленные на расширение аквакультуры, — разведение рыб и других биологических объектов на специальных прибрежных фермах;

исследования, направленные на существенное расширение использования минеральных ресурсов океанов

и окраинных морей, особенно нефти и газа. Изучение строения дна океана будет направлено также на решение ряда неясных пока вопросов геологической истории нашей планеты;

исследования динамических процессов в океанах, то есть движения водных масс различных масштабов — от мельчайших капиллярных волн на поверхности до течений глобальных масштабов типа Гольфстрима, а также взаимодействия океана и атмосферы. Эти исследования имеют кардинальное значение для улучшения прогнозов погоды на суше и в океане, для использования океана как транспортной артерии нашей планеты, а также для использования биологических и минеральных ресурсов Мирового океана. В частности, течения переносят питательные вещества в океане;

существенными будут исследования, связанные с предотвращением загрязнения океанов и окраинных морей;

будут совершенствоваться методы и технические средства исследований океанов. Предстоит активное внедрение искусственных спутников и обитаемых орбитальных станций для исследований динамических процессов в океане, биологических ресурсов и загрязнения. Уже сейчас со спутников получают весьма полные данные о характеристиках волнующейся поверхности океана, а также атмосферы над ним, включая приводный слой. В дальнейшем, с применением акустических подводных средств будут получать информацию о глубинных процессах в океане с передачей ее на спутники;

будет совершенствоваться техника проникновения человека в глубину океана, где он сможет подробно обследовать окружающую среду и дно, а также контролировать работу подводных промышленных установок; возрастет роль экспериментов, проводимых совместно многими странами. В частности, будет осуществлен эксперимент ПОЛИМОДЕ (основные участники — Советский Союз и США) для выяснения природы громадных вихревых образований в океане, открытых советскими учеными в 1970 году. Существенных результатов надо ожидать от первого глобального эксперимента по программе ПИГАП, где динамические процессы в атмосфере и в океане изучаются одновременно.

Следующая пятилетка для океанологов чрезвычайно знаменательна тем, что будет выработан достаточно полный международный правовой статус Мирового океана. Ученые надеются, что в этом статусе будет предусмотрена достаточная свобода для научных исследований Мирового океана, что важно для всего человечества. Ученые-океанологи нашей страны, как и других стран, принимают активное участие в разработке такого статуса.

«Расширить изучение земной коры и верхней мантии Земли в целях исследования процессов формирования и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых».

(Из проекта ЦК КПСС к XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»)



Академик-секретарь Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР академик Владимир Иванович СМОРНОВ

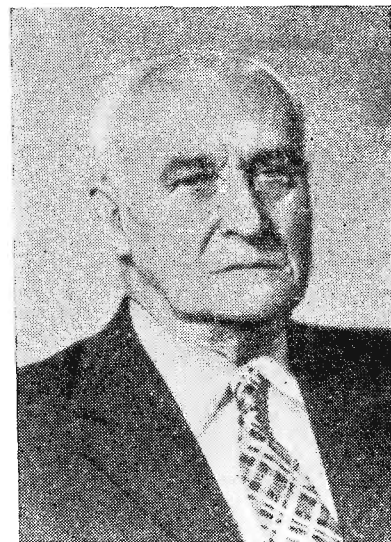
Геология — наука об истории развития, строении и сокровищах недр Земли — одна из важнейших наук о нашей планете. Не приходится сомневаться в том, что в связи с успехами космонавтики в ближайшем будущем будет нарастать поток информации о составе, строении и истории развития других небесных тел. Это приведет к перерастанию геологии в сравнительную планетологию.

Среди многочисленных проблем наук о Земле особое место занимает проблема внутреннего строения нашей планеты. Это связано по крайней мере с двумя обстоятельствами.

Во-первых, мы плохо знаем, как устроена наша Земля, а нам, ее обитателям, это непростительно.

Во-вторых, земные недра — основа материальной культуры человеческого общества. Месторождения полезных ископаемых (уголь, нефть, горючий газ, уран) представляют собой важнейший источник энергетических ресурсов. Однако месторождения полезных ископаемых, легко открываемые у поверхности Земли, практически все выявлены, учтены и оценены. Дальнейший прирост запасов минерального сырья будет происходить в основном за счет открытия новых залежей в глубинных структурах. Вот почему так важна расшифровка глубинного строения Земли.

Познание внутреннего строения Земли неотделимо от исследования ее физических полей — сейсмического, гравитационного, теплового и магнитного. Это направление исследований будет всемерно формироваться. Мы рассчитываем и на прямое, более глубокое проникновение в земные недра буровыми скважинами, в первую очередь до глубин 10—15 км, а затем и глубже. Такие скважины уже бурятся на территории Кольского полуострова и на Кавказе. Мы мечтаем о создании конструкции типа «механический крот», на котором наши геологи могли бы путешествовать в недрах Земли, подобно тому как космонавты совершают вылеты за ее пределы.



Заместитель председателя Междуведомственного геофизического комитета член-корреспондент АН СССР Юрий Дмитриевич БУЛАНЖЕ

Исследование гравитационного поля Земли тесно связано как с решением геодезических задач, так и с изучением строения земной коры и верхней мантии. Именно эти два основных направления и определяют развитие гравиметрических исследований в нашей стране.

Современная изученность гравитационного поля Земли позволяет уже сейчас с весьма большой точностью определять координаты, используя доплеровские измерительные системы, которые установлены на искусственных спутниках Земли. Точность таких определений характеризуется величиной порядка 5—6 м. В ближайшие годы она будет доведена до

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

метра и выше. Эти измерения требуют единой для всего земного шара системы геодезических координат. А для этого необходимо узнать, не вызывают ли перемещения масс внутри Земли и наблюдаемые на поверхности Земли горизонтальные и вертикальные движения земной коры изменение положения центра масс Земли.

Ответ на этот вопрос могут дать наблюдения за изменением гравитационного поля Земли во времени, выполняемые по единой международной программе. Такие предварительные программы были приняты на XVI Генеральной ассамблее Международного геодезического и геофизического союза в августе 1975 года в Гренобле. Можно рассчитывать, что эти программы начнут осуществляться в самые ближайшие годы.

В десятой пятилетке предполагается интенсивно изучать строение земной коры и верхней мантии. Это потребует расширить исследования региональных особенностей гравитационного поля Земли, в частности, гравитационного поля шельфов.

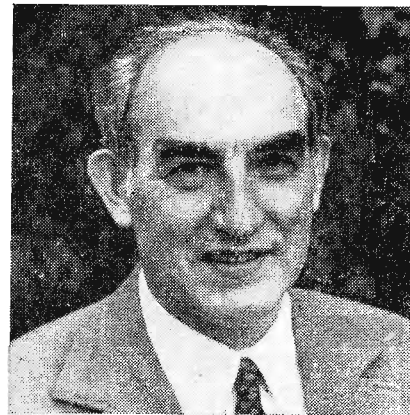
Для решения задач геодезического и геологического характера необходима высокочувствительная и высокопроизводительная аппаратура. В следующем пятилетии будет уделено большое внимание созданию абсолютных лазерных гравиметров. Можно полагать, что их точность в ближайшие годы будет доведена до 1—2 мкгал. Это позволит изучать неприливно изменяющиеся силы тяжести и быстро создавать надежную опору для региональных и локальных гравиметрических съемок.

Исключительно важно изучить гра-

витацонное поле морей и океанов. В настоящее время уже создана аппаратура, позволяющая производить массовые съемки. В следующем пятилетии эта аппаратура будет усовершенствована.

Более совершенные средства измерений должны использоваться и для определения величины гравитационной постоянной, которая известна пока с очень низкой точностью.

Таким образом, перед советскими гравиметристами стоят большие и трудные задачи. Однако с уверенностью можно сказать, что то внимание, которое постоянно оказывается ученым в нашей стране, позволит успешно решить эти задачи.



Академик Виталий Лазаревич ГИНЗБУРГ

К астрофизике высоких энергий относят астрофизику космических лучей (то есть релятивистских заряженных частиц), рентгеновскую и гамма-астрономию, а также исследование космических нейтрино с высокой энергией. Во всех этих направлениях, кроме, может быть, приема нейтрино, работа ведется в широких масштабах. За последние 10 лет особенно впечатляющим было развитие рентгеновской астрономии. Первоочередными задачами здесь можно считать проведение наблюдений очень быстрых флуктуаций интенсивности, которые должны иметь место

в двойных системах, содержащих черные дыры. Важно также измерять поляризацию и продолжать наблюдения ряда объектов с хорошим спектральным разрешением и высокой чувствительностью.

Гамма-астрономия, если говорить о наблюдениях, родилась фактически лишь 2—3 года назад. Но уже открыты гамма-всплески, природа которых еще совершенно неясна. Важнейшей задачей является проведение новых наблюдений этих всплесков с улучшенной аппаратурой и одновременные попытки обнаружить корреляцию с всплесками (вспышками) в оптическом и радиодиапазонах. Другая задача первостепенного значения — дальнейшие наблюдения гамма-частиц с энергией, большей 50—100 мэВ, генерируемых космическими лучами в межзвездной среде, в оболочках сверхновых и т. д.

В области астрофизики космических лучей необходимо окончательно решить, наконец, вопрос о характерном возрасте галактических космических лучей. Для этой цели нужно

определить количество имеющихся в составе космических лучей вторичных радиоактивных ядер (в первую очередь ядер бериллия-10) в зависимости от их энергии. Не менее важно исследовать радиогало Галактики и спектр позитронной компоненты космических лучей. Нельзя не упомянуть также о космических лучах со сверхвысокой энергией (до 10^{20} эВ и даже выше). Сейчас остаются неясными как основные параметры в этой части спектра (зависимость от энергии, степень анизотропии), так и происхождение таких частиц. Очень актуально решить вопрос о механизмах ускорения частиц в космических условиях (в частности, вблизи пульсаров) и о характере процесса распространения и изотропизации космических лучей в Галактике.

**Директор Главной астрономической обсерватории АН СССР
член-корреспондент АН СССР
Владимир Алексеевич КРАТ**

Стратосферная астрономия по методам исследования космических объектов занимает промежуточное место между наземной и «космической» астрономией. С одной стороны, наблюдения ведутся на высотах, где атмосфера уже не влияет на качество изображения объектов и где в их инфракрасном спектре исчезают молекулярные полосы, мешающие наземным наблюдениям. Но с другой стороны, спектральная область



мягкого рентгеновского и жесткого ультрафиолетового излучений срезаются самыми верхними слоями земной атмосферы.

Стратосферные станции во время работы находятся в свободном полете, и методика наблюдений оказывается более близкой к методике наблюдений в космических условиях, чем в наземных. Большие успехи, достигнутые стратосферной астрономией в последние 15 лет, существенно изменили наши прежние представления о физической природе атмосферы и магнитного поля Солнца, ядра Галактики и о некоторых внегалактических объектах. Эти успехи не только выделили стратосферную астрономию в особый раздел астрономии, но и определили ее место по отношению к другим отраслям астрономии. Главной задачей стратосферной астрономии, которую нельзя решить наземными средствами (а пока и средствами «космической» астрономии), стало исследование космических объектов с высокой пространственной разрешающей силой —

практически, с теоретической разрешающей силой оптики телескопа. Вторая задача — наблюдение космических объектов во всем инфракрасном и в субмиллиметровом диапазонах спектра. Недавно возникла и третья задача — экспериментирование и макетирование астрономических станций, предназначенных для космических исследований, с целью отработки методов таких исследований. Поэтому в настоящее время наши усилия направлены как на развитие успеха, достигнутого большой советской стратосферной солнечной обсерваторией, которая в 1970 и 1973 годах дала беспрецедентные по разрешению фотографии и спектрограммы структурных элементов солнечной плазмы, так и на создание стратосферных станций для наблюдений в инфракрасных лучах.

Недавнее открытие американскими астрономами сверхплотного ядра Галактики, изменившее наше представление о структуре и динамике материи в таких ядрах, делает крайне целесообразным расширение программы инфракрасных наблюдений на остальные галактики, что особенно важно, поскольку в ядрах некоторых галактик обнаружено мощное нетепловое свечение. Здесь может преследоваться и другая цель — подготовка к созданию гигантских телескопов, промежуточных между оптическими и радиотелескопами для наблюдений космических источников инфракрасного излучения с поверхности Луны.

Технический директор проекта
«Союз» — «Аполлон»
с советской стороны
член-корреспондент АН СССР
К. Д. БУШУЕВ



Технические аспекты совместимости космических кораблей

В июле 1975 года был успешно осуществлен первый в истории космонавтики совместный полет советского корабля «Союз» и американского корабля «Аполлон». Какие технические задачи были решены в ходе подготовки и проведения этого исторического эксперимента в космосе!



ЧТО ТАКОЕ СОВМЕСТИМОСТЬ КОРАБЛЕЙ

Совместимость — это способность кораблей, их отдельных бортовых систем, а также средств, обеспечивающих полет, взаимодействовать при выполнении определенных, заданных функций. Цели совместимости космических кораблей могут быть различными: выполнение кораблями разных типов общей программы исследований, оказание помощи одному кораблю другим, доставка экипажей и грузов на обитаемую орбитальную станцию кораблями разных стран и т. д.

В связи с общим развитием космонавтики актуальными становятся все более сложные задачи исследования и освоения космического пространства. Для эффективного решения некоторых из них (например, создания больших обитаемых орбитальных станций или осуществления межпланетных экспедиций) могут потребоваться интернациональные усилия.

Расширяющееся проникновение че-

ловечества в космос ставит ряд проблем, затрагивающих основы современной космической техники. К таким проблемам относится, например, создание космических летательных аппаратов многоразового использования. К ним, по-видимому, следует отнести и проблему совместимости космических аппаратов.

Решение этой проблемы позволит осуществлять достаточно сложные операции по исследованию и освоению космического пространства (в том числе на интернациональной основе), а также повысит безопасность космических полетов.

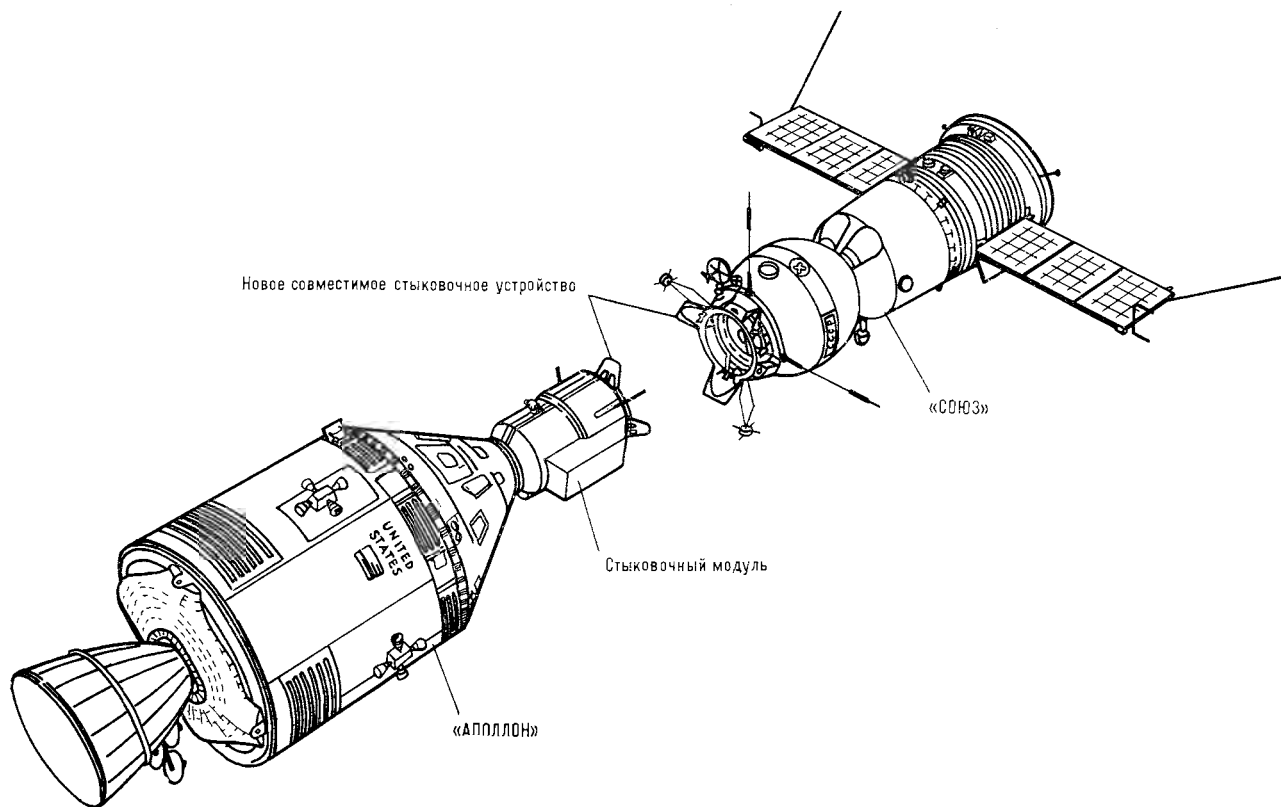
Совместимость различных технических средств не есть что-то принципиально новое, однако в области космонавтики осуществление совместимости наиболее сложно. Это определяется прежде всего тем обстоятельством, что современный косми-

ческий корабль вместе со всем комплексом средств, обеспечивающих его полет, представляет собой «большую систему», включающую значительное число взаимосвязанных подсистем и элементов. Поэтому приходится обеспечивать совместимость ряда элементов для совместного функционирования двух или нескольких «больших систем».

Рассматривая возможные методы совместимости космических кораблей, можно отметить два основных направления. Во-первых, регламентацию отдельных параметров и конструктивных характеристик кораблей, их бортовых систем, а также средств комплексов, обеспечивающих полет. Во-вторых, использование стандартного оборудования на кораблях различных типов.

Наиболее важным из них следует считать первое направление, поскольку оно в минимальной степени ограничивает характеристики кораблей и их систем, непосредственно не связанных с условиями совместимости. Общие технические требования на

■
*Сближение «Союза» и «Аполлона».
Снимок с телеэкрана
(Фотохроника ТАСС)*



совместимые системы должны регламентировать только основные их параметры, чтобы оставить свободу выбора схемно-технических и технологических принципов построения аппаратуры каждой из стран, использующих совместимые системы.

Для определенных классов кораблей в ряде случаев целесообразно применять некоторые виды стандартного оборудования — бортовые огни, стыковочные мишени и т. п. Можно различать тот или иной уровень (или степень) совместимости космических кораблей, характеризуемый объемом функций, которые могут быть при этом выполнены. Принципиально возможно реализовать совместимость на различных уровнях — от осуществления межбортовой связи и обмена информацией при совместном полете до обеспечения стыковки двух или более космических аппаратов с последующим их функционированием как единого целого.

Схема стыковки кораблей «Союз» и «Аполлон»

Однако уже теперь можно отметить некоторый целесообразный уровень совместимости, то есть определить минимально необходимый состав функций для эффективного взаимодействия космических кораблей разных типов. По-видимому, в состав таких функций следует включить сближение и стыковку кораблей на орбите: возможность непосредственного перехода экипажа из одного корабля в другой; выполнение определенного круга динамических операций в состыкованном состоянии; осуществление координированного управления кораблями, связи между экипажами и с наземными пунктами; взаимодействие некоторых видов бортового оборудования после стыковки.

Реализация совместимости космических кораблей позволит им взаимодействовать в полете и, прежде всего, оказывать помощь космическому кораблю, попавшему в аварийную ситуацию. Следует отметить, что обеспечивать совместимость в этом

случае придется в наиболее сложных условиях, когда нарушена нормальная работа тех или иных бортовых систем одного из кораблей.

Дальнейшее повышение степени совместимости, по-видимому, должно заключаться в обеспечении взаимодействия основных бортовых систем — энергоснабжения, управления бортовой аппаратурой, терморегулирования, информационных систем и др. Этот уровень совместимости позволит решать в будущем задачи, связанные с осуществлением совместных научных программ в космосе.

Для сформулированного выше минимального уровня (степени) совместимости, для обеспечения перечисленных функций эффективного взаимодействия космических кораблей потребуется выполнение следующих основных условий:

- совместимости средств сближения и стыковки;
- совместимости средств связи и управления полетом;

— совместимости жизнеобеспечения и средств перехода;

— организационной совместимости.

СОВМЕСТИМОСТЬ СРЕДСТВ СБЛИЖЕНИЯ И СТЫКОВКИ

На современном этапе развития космонавтики сближение и стыковка на орбите приобретают исключительное значение в пилотируемых полетах. Для осуществления стыковки необходимо обеспечить взаимодействие: систем измерения параметров движения и управления сближением; средств, обеспечивающих взаимный маневр и причаливание (оптические приборы, стыковочные мишени, бортовые огни и т. п.); стыковочных устройств.

Должны быть совместимы и динамические характеристики стыкуемых кораблей — их инерционные и жесткостные характеристики, а также характеристики систем управления движением, определяющие динамические процессы при стыковке и управлении кораблями в состыкованном состоянии. К последним следует отнести, например, предельные значения линейных и угловых скоростей в момент причаливания, динамические характеристики контуров управления. Для осуществления сближения разных кораблей на орбите требуется совместимость их средств связи и управления полетом, которые обеспечивают дальнейшее сближение, связь между экипажами и контроль за выполнением операций с Земли.

Условие совместимости сближения и причаливания накладывает ряд ограничений на расположение элементов конструкции и оборудования кораблей. Во-первых, недопустимо возникновение интенсивных отраженных сигналов и существенных искажений диаграмм направленности антенн радиоаппаратуры на участке сближения и подхода. Во-вторых, недопустимо соударение выступающих элементов конструкции в процессе причаливания. В-третьих, должен быть обеспечен удобный и безопасный подход к люкам, зонам расположения поручней и т. п.

Для сближения кораблей на орби-

те применяются различные методы, требующие того или иного состава измеряемых параметров относительного движения. При этом для измерения могут использоваться как радиотехнические, так и оптические средства. Весьма желательно, чтобы совместимость не накладывала бы существенных ограничений на выбор методов сближения.

Для радиотехнических совместимых систем представляется целесообразным исходить из следующих предпосылок. Прежде всего, совместимая система сближения должна обеспечить сближение с космическим аппаратом, имеющим произвольное положение в пространстве (в частности, с кораблем, терпящим бедствие, у которого может отказать система ориентации). Кроме того, система должна обеспечивать получение с заданной точностью необходимой информации о параметрах относительного движения кораблей. Для выполнения этих требований каждый космический корабль снабжается унифицированным по своим выходным характеристикам приемопередатчиком (ответчиком) с антенной системой, имеющей диаграмму направленности, близкую к круговой. Для системы, видимо, целесообразно выбирать сантиметровый диапазон волн, а схему и параметры ответчика регламентировать таким образом, чтобы он мог взаимодействовать с радиоизмерительными системами, имеющими различный состав измеряемых параметров.

Для совместимости оптических средств измерения параметров относительного движения необходимо регламентировать отражательные ха-

рактеристики кораблей, определяющие их видимость, а также характеристики импульсных огней, используемых для наблюдения за кораблями в тени Земли.

Новая сложная техническая задача — обеспечение совместимости стыковочных устройств. Созданные до настоящего времени космические корабли снабжались стыковочным устройством, работающим по схеме «штырь — конус», которая предполагает установку на «активном» и «пассивном» кораблях различных стыковочных агрегатов. Агрегаты совместимого стыковочного устройства должны быть андрогинными, то есть обеспечивать возможность стыковки любого корабля с любым другим. При этом каждый из них должен иметь возможность выполнять функции «активного» корабля (что особенно важно при проведении спасательных операций).

Кроме того, стыковочные агрегаты должны быть периферийными: все направляющие и силовые элементы каждого стыковочного агрегата следует расположить по периферии центрального люка, чтобы обеспечить свободное сообщение между жилыми отсеками кораблей после их стыковки.

Для выполнения указанных требований было разработано устройство принципиально нового типа — андрогинное периферийное стыковочное устройство. Отметим, что прототипы некоторых из его элементов были заложены в конструкции стыковочных агрегатов корабля «Союз» и станции «Салют» (например, одинаковые стыковочные шпангоуты с замками на корабле и станции). Однако полная



реализация идеи андрогинности потребовала новых разработок, осуществленных совместно советскими и американскими специалистами. При этом были регламентированы принципиальная схема стыковочных агрегатов, геометрические размеры сопрягаемых элементов, действующие на них нагрузки, унифицирована конструкция уплотнений и силовых замков. Вместе с тем конструкция тех элементов, для которых не требовалась такая регламентация, выполнена в советском и американском вариантах различной (например, в конструкции американского агрегата применены гидравлические демпферы, а в конструкции советского агрегата — электромеханические). Различны также кинематические схемы механизмов стягивания кольца с направляющими.

СОВМЕСТИМОСТЬ СРЕДСТВ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОТОМ

Совместимость средств связи и управления полетом кораблей включает межбортовую связь кораблей в полете; взаимодействие наземных командно-измерительных комплексов, управляющих полетом разных кораблей; взаимодействие корабля с наземным командно-измерительным комплексом, управляющим полетом другого корабля.

Какие первоочередные задачи возникают при этом? Прежде всего требуется осуществить межбортовую связь, необходимую при совместном полете, сближении и стыковке, а также переговорную связь между кораблями и наземными пунктами обоих командно-измерительных ком-

плексов (что существенно увеличивает продолжительность сеансов связи и обеспечивает связь корабля с каждым из Центров управления). Конечно, должно быть обеспечено взаимодействие между Центрами управления полетом, что необходимо для координированного выполнения операций по управлению.

Решение первой из указанных задач требует согласования радиочастот связи между кораблями и кораблей с Землей. Такими частотами могут быть частоты метрового диапазона (100—300 МГц) и коротковолнового (8—25 МГц). Должны быть регламентированы и такие основные характеристики радиолиний, как вид модуляции (амплитудная, частотная), чувствительность приемного и мощность передающего устройства.

Необходимо было четко определить порядок и форму обмена информацией, выработать условный международный код. Для сообщений об аварийных ситуациях,

в которых могут оказаться космические корабли, терпящие бедствие, целесообразно использовать частоты 121,5 МГц, 8,364 МГц. Как известно, эти частоты применяются для передачи сигналов SOS. Целесообразной представляется также и стандартизация средств связи, которыми должны снабжаться спускаемые аппараты космических кораблей всех стран, что позволит в будущем оказывать помощь любому экипажу, независимо от национальной принадлежности корабля, совершившего вынужденную посадку.

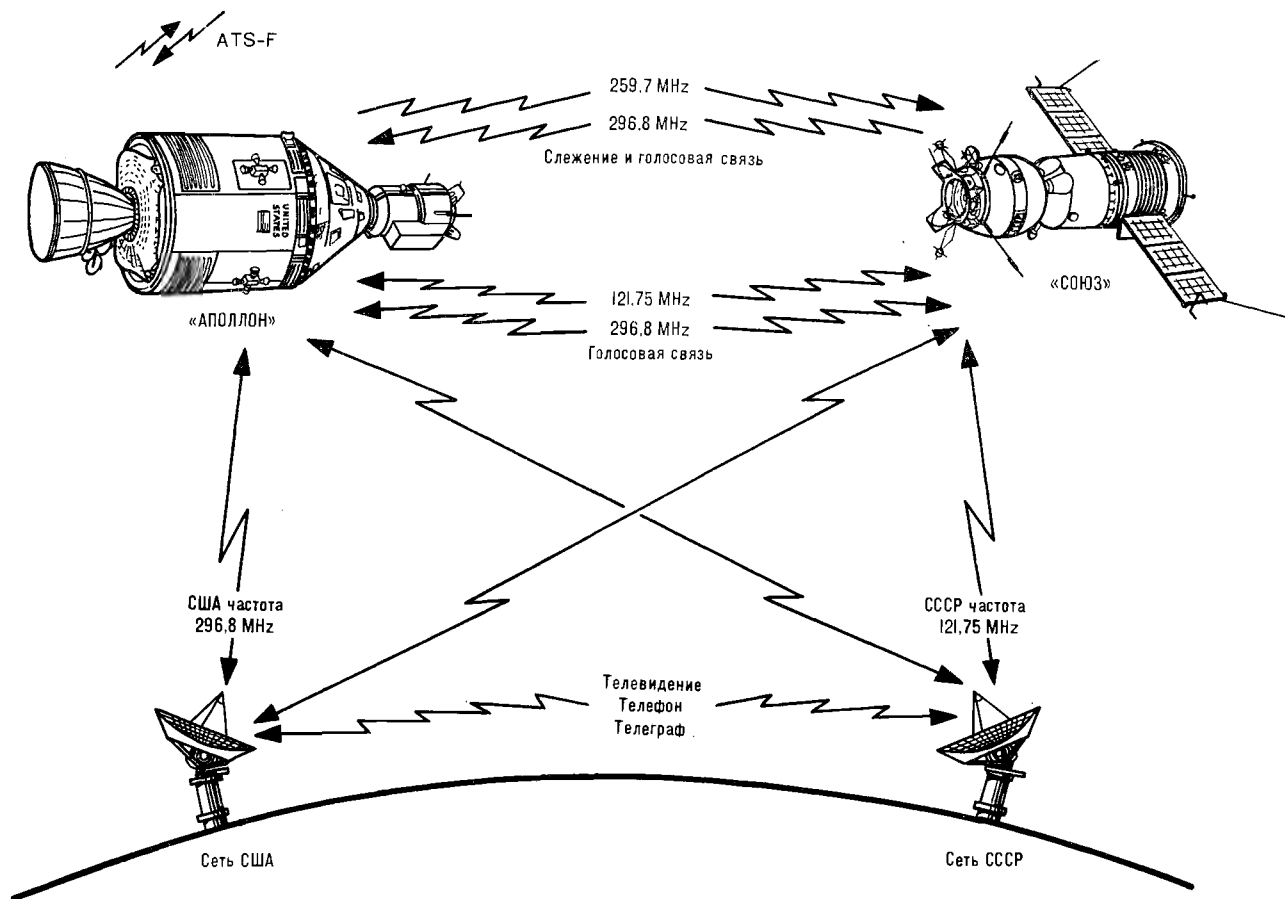
Для взаимодействия командно-измерительных комплексов и Центров управления необходимо согласовать формы обмена информацией (в том числе по траекторным измерениям) и организацию между Центрами различных видов связи (телефонной, телеграфной и др.) для обмена информацией. Объем такой связи будет зависеть от характера и сложности выполняемой в полете задачи.

СОВМЕСТИМОСТЬ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И СРЕДСТВ ПЕРЕХОДА

Обязательным условием для эффективного взаимодействия пилотируемых космических кораблей, наря-

■
Космонавты и астронавты в корабле «Союз»

(Фотохроника ТАСС)



ду со стыковкой на орбите, является возможность перехода экипажей из одного корабля в другой. Для обеспечения этого необходима совместимость ряда параметров систем жизнеобеспечения и средств перехода.

Основные принципы такой совместимости:

- идентичность параметров атмосфер в обитаемых отсеках кораблей;
- выбор в качестве основного варианта перехода переход через внутренний люк-лаз, в котором поддерживается давление и состав атмосферы; создание запасного перехода — внебортной переход в скафандрах через шлюзовую камеру или внутренний люк-лаз с разгерметизацией переходного отсека;

- регламентация параметров ряда средств, используемых при переходе, — шлюзовой камеры, блоков для подключения скафандров, поручней и фиксаторов для внешнего перехода, органов управления агрегатами,

средств индикации и связи, а также параметров переносимого оборудования (по весу, габаритам, температурному режиму, стыковке с бортовыми системами и др.);

- регламентация условий и порядка выполнения основных операций при переходе (способы проверки герметичности, открытия люков, контроля и информации экипажа и наземных пунктов о выполнении отдельных операций, речевая связь и телевизионное наблюдение за переходом, условия освещенности и др.);

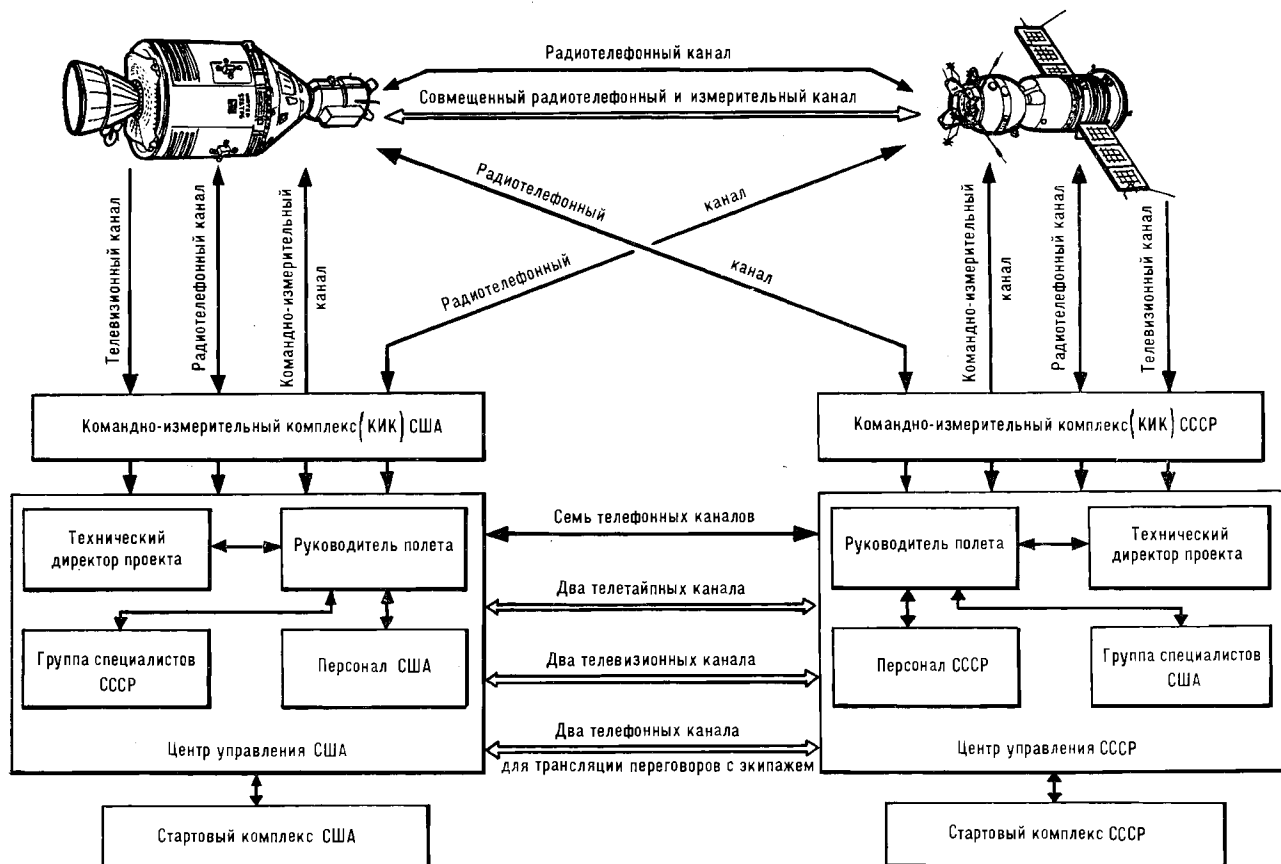
- регламентация характеристик системы жизнеобеспечения корабля, принимающего на свой борт космонавтов с другого корабля (нормы потребления кислорода, воды, пищи, выделения углекислого газа, сброса отходов).

■ *Радиосвязь в совместном полете «Союза» и «Аполлона»*

Известно, что в настоящее время существуют значительные различия в параметрах атмосфер на пилотируемых кораблях. В дальнейшем для обеспечения совместимости следует ориентироваться на стандартную кислородно-азотную атмосферу с давлением 760 мм рт. ст. при парциальном давлении кислорода 160 мм рт. ст., возможен вариант и с пониженным давлением (порядка 500 мм рт. ст.) при сохранении парциального давления кислорода. Необходимо регламентировать предельное содержание вредных примесей, допустимую скорость изменения давления и интервал температур атмосферы.

Важность детальной проработки и строгой регламентации всего комплекса вопросов, связанных с переходом, определяется ответственностью этого процесса, особенно в условиях, когда один корабль оказывает помощь другому.

При длительном полете космиче-



ских кораблей в состыкованном состоянии может оказаться целесообразным взаимодействие систем жизнеобеспечения обоих кораблей. В этом случае, помимо согласования параметров атмосфер, необходимо обеспечить совместимость отдельных элементов систем обеспечения газового состава, вентиляции отсеков и др.

Мы очень кратко остановились лишь на таких условиях совместимости космических кораблей, как совместимость средств сближения и стыковки, средств связи и управления полетом, систем жизнеобеспечения и средств перехода. Разумеется, это еще не все основные элементы совместимости. Так, очень важное значение имеют проблемы организационной совместимости. Организа-

ционная совместимость включает множество вопросов, к которым относятся, например, регламентация языка и терминологии, определение формы документации, согласование методики и регламентации выполнения отдельных операций, определение структуры и условий обмена информацией, согласование вопросов обучения и подготовки космонавтов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОЛЕТ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ «СОЮЗ» И «АПОЛЛОН»

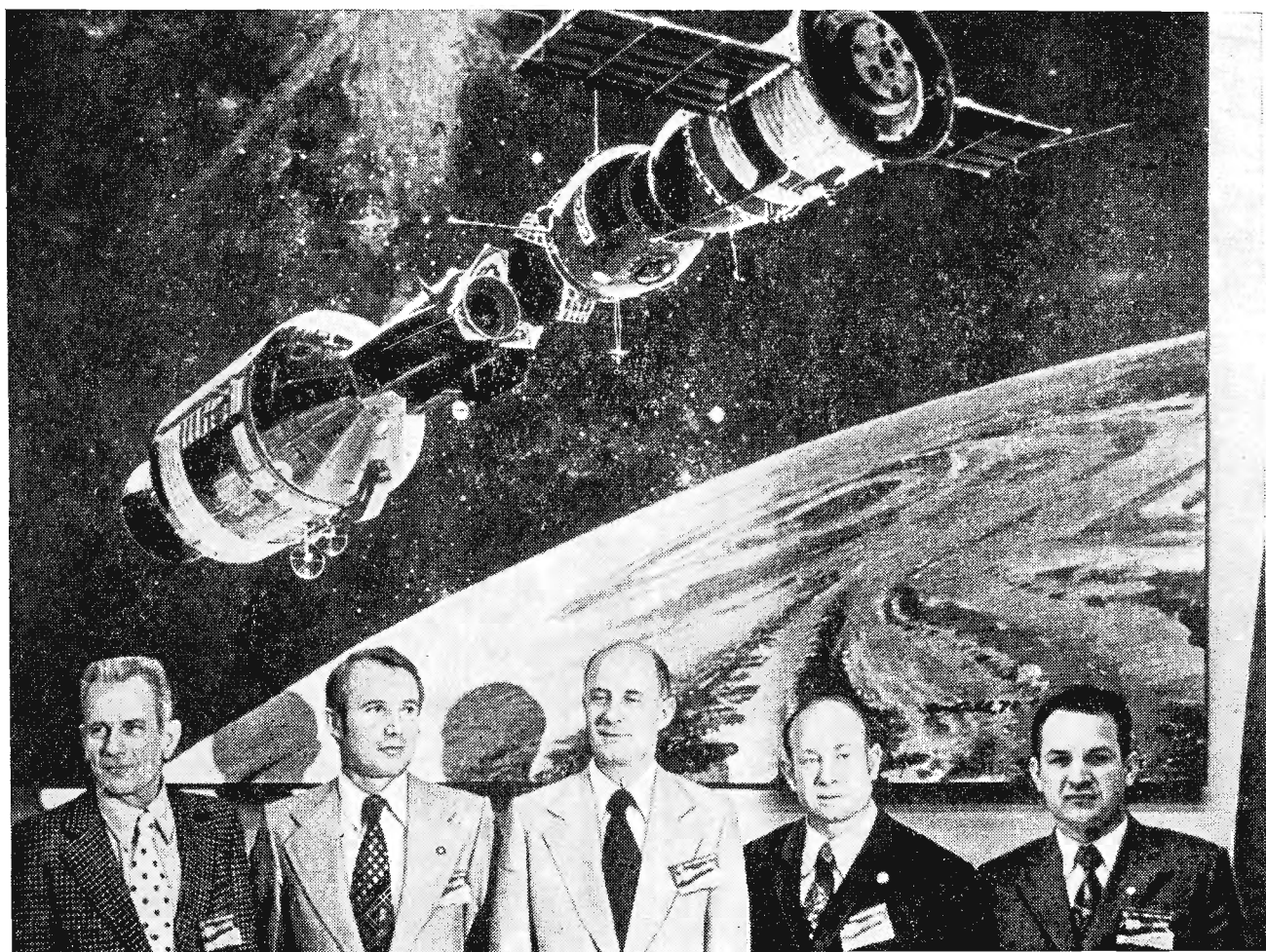
Как известно, соглашением СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях была предусмотрена разработка совместимых средств сближения и стыковки советских и американских пилотируемых кораблей и станций. Создание таких средств позволит повысить безопасность полетов человека в кос-

мос и обеспечит возможность дальнейших совместных научных экспериментов.

Существенное место в этих работах занимал проект экспериментального полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» со стыковкой их на орбите и взаимным переходом космонавтов и астронавтов.

Цель эксперимента — разработка и проверка в полете совместимых систем, создание предпосылок для дальнейших работ по обеспечению совместимости космических кораблей и станций. Во время полета кораблей «Союз» и «Аполлон» осуществлялось испытание совместимых систем сближения и причаливания кораблей на орбите; проводилось испытание андрогинного стыковочного агрегата нового типа; проверялась техника перехода и работа экипажей в процессе совместного полета; накапливался опыт совместных полетов космических кораблей СССР и США,

Управление совместным полетом «Союза» и «Аполлона»



включая взаимодействие наземных комплексов средств управления полетом.

На решение вопросов совместимости кораблей «Союз» и «Аполлон» накладывались определенные ограничения, связанные с конструкцией и характеристиками разработанных ранее кораблей. Одно из них — различие атмосфер в кораблях (в «Аполлоне» — кислородная атмосфера с давлением 260 мм рт. ст., в «Союзе» — атмосфера, соответствующая по составу земной при давлении 760 мм рт. ст.). Возможности изменения состава и повышения давления атмосферы в корабле «Аполлон» лимитировались характеристиками системы обеспечения газового состава и прочностью конструкции

герметической кабины корабля (при повышении давления потребовалась бы существенная ее доработка). Поэтому для перехода из «Аполлона» в «Союз» и обратно было предусмотрено использование специально разработанного стыковочного отсека, играющего роль шлюзовой камеры. Наряду с этим было введено изменение в параметры атмосферы корабля «Союз» (давление снижено до 520 мм рт. ст.).

Для измерения параметров относительного движения при сближении

■
Экипажи космических кораблей «Союз» и «Аполлон», участвовавшие в совместном полете

(Фотохроника ТАСС)

было решено использовать радиосистему, применяемую на корабле «Аполлон», и оптические средства этого корабля. При этом на «Союзе» был установлен приемо-ответчик, выполняющий функции приемо-ответчика совместимой системы, а также оптическая мишень и импульсные маяки с бортовыми огнями ориентации, которые особую роль играли также в процессе причаливания.

Для стыковки было разработано новое андрогинное периферийное стыковочное устройство, в котором заложены основные принципы и конструктивные решения совместимого стыковочного устройства будущего. Обеспечение совместимости средств связи потребовало установки на кораблях приемо-передающей радио-

аппаратуры с согласованными радиочастотами.

Значительное место в эксперименте «Союз» — «Аполлон» занимали вопросы обеспечения организационной совместимости, начиная с вопросов согласования состава и порядка оформления технической документации, выработки единого подхода к модели атмосферы и гравитационного поля Земли и кончая организацией взаимодействия советского и американского Центров управления полетом и порядком освещения работ в печати, радио, кино, телевидении.

Программа «Союз» — «Аполлон» была успешно завершена. 15 июля 1975 года в соответствии с планами, разработанными три года тому назад, точно в назначенное время, в 15 часов 20 минут с космодрома Байконур стартовал советский космический корабль «Союз-19» с космонавтами Алексеем Архиповичем Леоновым и Валерием Николаевичем Кубасовым на борту, а через 7 часов 30 минут с космодрома Центра имени Кеннеди на мысе Канаверал стартовал американский космический корабль «Аполлон» с астронавтами Томасом Стаффордом, Дональдом Слейтоном и Вэнсом Брандом на борту. Через 44 часа 22 минуты после выполнения запланированных маневров в космосе корабли состыковались. Так впервые в истории космонавтики на околоземной орбите была создана и функционировала в течение двух суток космическая система из кораблей двух систем с международным экипажем на борту.

В этом эксперименте практически воплотилось заключенное три года

назад советско-американское соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. За время, протекшее с момента подписания соглашения, состоялось много встреч специалистов СССР и США, проведены разнообразные совместные испытания и тренировки, в ходе их решено много организационных и технических вопросов.

Советские и американские космонавты, ученые, инженеры, техники, рабочие неустанно трудились на Земле, обмениваясь знаниями, опытом, идеями, чтобы создать все условия для выполнения программы «Союз» — «Аполлон», первого шага на пути осуществления международных космических программ. Были решены сложные технические и просто человеческие проблемы и доказано, что искреннее стремление к сотрудничеству способно преодолеть любые преграды.

Полет кораблей «Союз» и «Аполлон» протекал буквально на глазах всего мира: миллионы телезрителей наблюдали все этапы этого замечательного полета. Каждый мог видеть, что в полете экипажи «Союза» и «Аполлона» проявили мужество и мастерство, отличное взаимодействие и взаимопонимание. Космонавты и астронавты все задания выполнили согласованно, четко и дружно.

Хорошо взаимодействовали специалисты Центров управления полетом, между которыми по тринадцати каналам постоянно поддерживалась прямая телевизионная, телефонная и телеграфная связь. Для переговоров с экипажами «Союза-19» и «Аполлона» и для измерения параметров ор-

биты использовались станции слежения СССР и США.

В ходе совместного полета кораблей «Союз» и «Аполлон» проверена и подтверждена правильность технических решений по обеспечению совместимости средств сближения и стыковки будущих пилотируемых космических кораблей и станций, а также обоснованность выбора принципов взаимодействия наземных служб СССР и США при управлении полетом из двух Центров, расположенных на разных континентах. Испытаны элементы совместимой системы сближения на орбите, успешно произведена стыковка кораблей с помощью новых андрогинных агрегатов, созданных в СССР и США, проверена техника взаимного перехода из корабля в корабль с разными атмосферами. Эксперимент подтвердил возможность проведения спасательных операций в космосе.

Успешная реализация программы «Союз» — «Аполлон» была обеспечена огромным трудом инженеров и рабочих, которые не жалели сил для тщательной отработки всех систем и оборудования кораблей. Важное значение для эксперимента имел полет корабля «Союз-16», пилотируемого космонавтами А. В. Филиппенко и Н. Н. Рукавишниковым.

Накопленный опыт сотрудничества и найденные организационные формы — хорошая основа для дальнейшего развития деловых контактов между советскими и американскими специалистами в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях.

«Полет кораблей «Союз» и «Аполлон», — подчеркнул Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев, — имеет историческое значение как символ происходящего процесса разрядки международной напряженности и улучшения советско-американских отношений на базе принципов мирного сосуществования. В то же время он представляет собой практический вклад в дело дальнейшего развития взаимовыгодного сотрудничества между СССР и США в интересах народов обеих стран, в интересах мира на земле».

Кандидат физико-математических наук
Е. К. ШЕФФЕР



«Филин» исследует рентгеновские звезды

В декабре 1974 года начался полет орбитальной научной станции «Салют-4». Исследования и эксперименты в космосе, имеющие важное научное и народнохозяйственное значение, ученые, конструкторы, инженеры, техники, рабочие и космонавты посвятили XXV съезду Коммунистической партии Советского Союза.

Два экипажа космонавтов работали на станции: 30 дней А. А. Губарев и Г. М. Гречко, 63 дня П. И. Климук и В. И. Севастьянов. Космонавты провели немало интересных астрофизических исследований: они изучали рентгеновские источники, расположенные далеко за пределами Солнечной системы, получили спектрограммы и тысячи снимков активных областей Солнца в ультрафиолетовом диапазоне. В подготовке и осуществлении астрофизических экспериментов принимали участие авторы двух публикуемых ниже статей.

ЧТО ИЗЛУЧАЕТ В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ?

Минувшее десятилетие ознаменовалось бурным прогрессом рентгеновской астрономии. Всего 13 лет назад был открыт первый за пределами Солнечной системы рентгеновский источник, а теперь их число достигает двухсот. Становление этой ветви астрономии связано с развитием внеатмосферных наблюдений на ракетах и искусственных спутниках Земли. При запуске ракет рентгеновские наблюдения продолжались всего несколько минут, а сейчас на специализированных рентгеновских спутниках Земли они длятся месяцы и даже годы. К последним достижениям рентгеновской астрономии следует отнести открытие «рентгеновских пульсаров», обнаружение рентгеновского излучения от скоплений галактик и, наконец, доказательство того, что аккреция (падение) вещества на компактные объекты — нейтронные звезды и черные дыры — один из мощнейших в природе механизмов рентгеновского излучения.

Рентгеновский диапазон электромагнитного спектра простирается примерно от 100 Å до десятой доли ангстрема, соприкасаясь с областью жесткого ультрафиолетового и мягкого гамма-излучений. Весь этот участок спектра не доступен наблюдениям с Земли, так как излучение поглощается на высотах около 100 км.

Обычные звезды с температурой от 5 до 30 тыс. градусов практически не излучают в рентгеновском диапазоне. Здесь «светится» только плазма, нагретая до многих миллионов градусов. Известны также нетепло-

вые механизмы рентгеновского излучения — синхротронный механизм и обратный эффект Комптона («Земля и Вселенная», № 6, 1970, стр. 24—32.—Ред.).

Большая часть рентгеновских источников расположена в пределах нашей Галактики, в основном в ее плоскости. Многие из них принадлежат к остаткам вспышек сверхновых звезд или входят в двойные звездные системы.

В остатках сверхновых рентгеновское излучение — тепловое (исключение составляет Крабовидная туманность. Механизм излучения туманности в радио-, оптическом и рентгеновском диапазонах синхротронный). Тепловое излучение образуется от нагрева межзвездного газа ударной волной, возникшей при взрыве сверхновой. Таким образом кинетическая энергия взрыва переходит в тепловое рентгеновское излучение. Обычно температура в остатках сверхновых не превышает 2—3 млн. градусов — примерно такая же, как в спокойных условиях в солнечной короне. Интересно, что благодаря рентгеновским наблюдениям пришлось в ряде случаев полностью пересмотреть оценки возраста остатков сверхновых и мощности взрывов. Например, согласно оптическим исследованиям, у старого остатка сверхновой — волокнистой туманности в созвездии Лебедя — скорость расширения оболочки составляет 110 км/с, а по рентгеновским измерениям фронт ударной волны расширяется со скоростью 430 км/с. Если скорость расширения этого остатка сверхновой, действительно, так высока, то, учитывая современные размеры туманности, при-

ходится в несколько раз уменьшить его возраст. Характеристики рентгеновского излучения позволяют связать воедино параметры межзвездной среды и параметры происшедшего взрыва.

Исключительно интересны источники в двойных звездных системах. Среди них имеются пары, которые объединяют компактный объект — нейтронную звезду или черную дыру — и обычную звезду. Сильное гравитационное поле компактного объекта вызывает приливную деформацию поверхности обычной звезды, что приводит к формированию газовой струи, направленной на этот объект. Вещество в гравитационном поле нейтронной звезды или черной дыры ускоряется до скорости, близкой к световой, и разогревается до десятков и даже сотни миллионов градусов. Излучение нагретого до таких температур газа приходится главным образом на рентгеновскую область спектра.

Если нейтронная звезда обладает сильным магнитным полем, то падающее на нее вещество будет стекать по силовым линиям к магнитным полюсам, где и сосредоточится основное энерговыделение. При быстром вращении нейтронной звезды, у которой ось вращения не совпадает с осью магнитного диполя, наблюдатель увидит этот рентгеновский источник пульсирующим. Исследование таких источников позволит изучить свойства материи, находящейся в экстремальных условиях большой плотности и сильных магнитных полей. Столь необычные условия невозможно воспроизвести в земных лабораториях.

Несколько десятков рентгеновских источников располагаются за пределами нашей Галактики. Среди них выделяются источники, связанные со скоплениями галактик. Согласно различным моделям, оставшийся от эпохи формирования звездных систем межгалактический газ должен собираться в центре скоплений галактик, и температура его должна достигать нескольких миллионов градусов, так что обнаружить его можно только по рентгеновскому излучению.

Проблема существования межгалактического газа давно занимает умы астрофизиков. От ее решения зависит выбор той или иной космологической модели Вселенной. Если межгалактического газа значительно больше, чем материи, наблюдаемой в виде звезд, туманностей, галактик, то развитие Вселенной подчиняется «закрытой модели», в рамках которой современное расширение Вселенной обязательно сменится сжатием. В противном случае Вселенная будет неограниченно расширяться в будущем и никогда не наступит фазы сжатия.

Обнаружение рентгеновского излучения от скоплений галактик окончательно не решило эту проблему. Некоторые ученые склонны считать рентгеновское излучение проявлением активности радиогалактик, наблюдающихся, как правило, в центре скоплений. Дальнейшие тщательные исследования помогут разобраться в этом сложном вопросе принципиальной важности.

Таков круг основных задач, которыми в настоящий момент занимается рентгеновская астрономия.

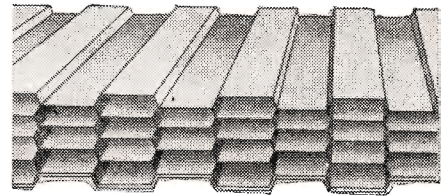
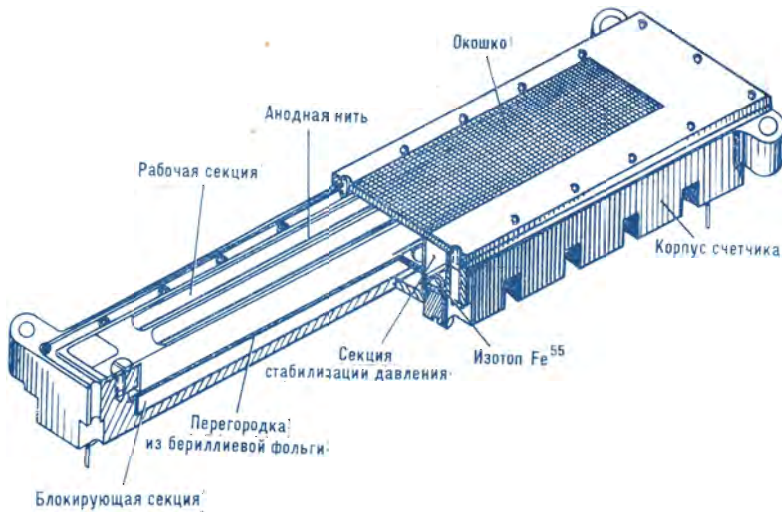
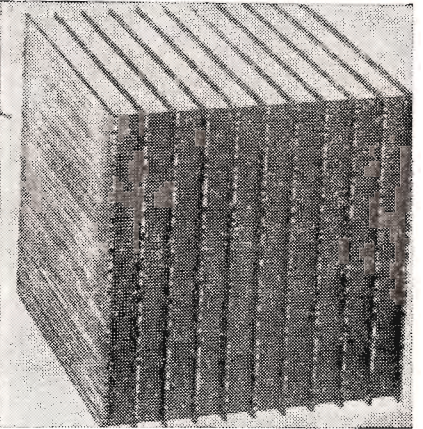
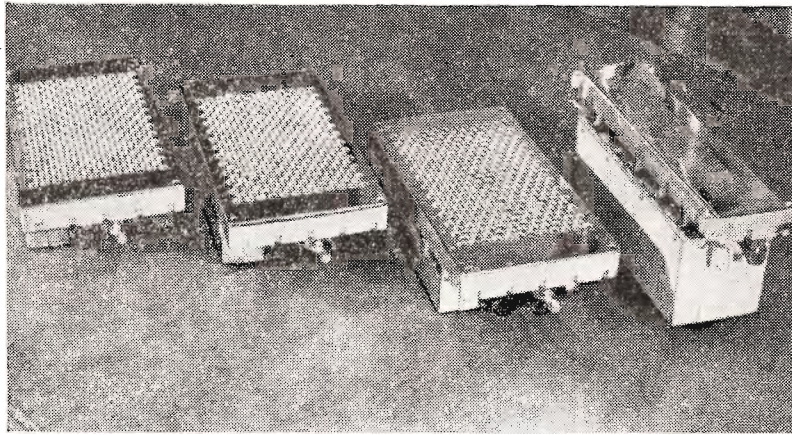
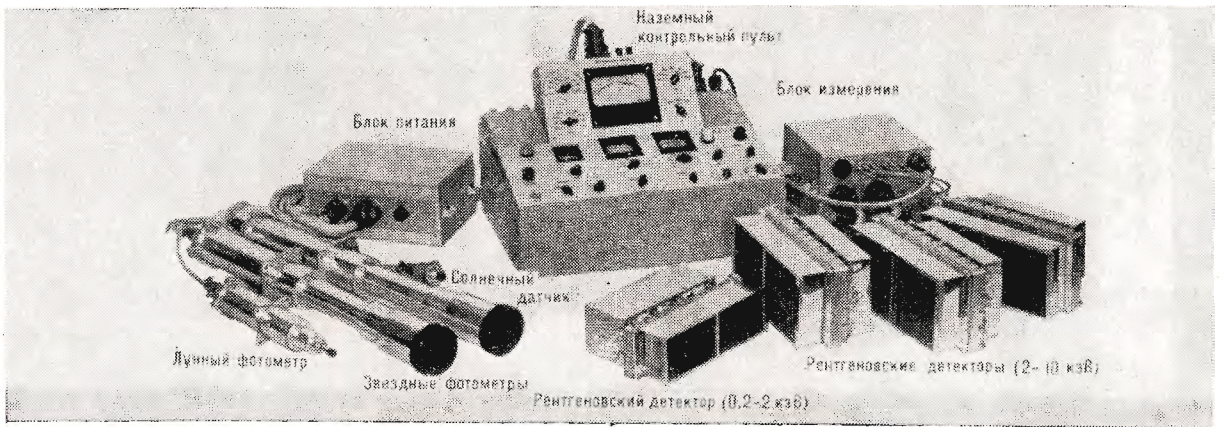
КАК УСТРОЕН ТЕЛЕСКОП-СПЕКТРОМЕТР «ФИЛИН»

Сейчас на околоземных орбитах находятся четыре искусственных спутника, оснащенных телескопами для рентгеновских наблюдений. Это — станция «Салют-4», английский спутник «Ариэль», американский SAS-3 (Small Astronomical Satellite) и голландский ANS (Astronomical Netherlands Satellite). Все они снабжены примерно однотипными приборами.

26 декабря 1974 года в Советском Союзе была запущена орбитальная научная станция «Салют-4». Среди нескольких десятков приборов на станции установлен и рентгеновский телескоп-спектрометр. Он предназначен для изучения потока и спектрального состава излучения от дискретных космических источников в области энергий от 0,2 до 10 кэВ.

Детекторами излучения в телескопе служат пропорциональные счетчики фотонов. Счетчик заполнен газовой смесью, в которой рентгеновский фотон поглощается, вызывая электрический разряд. Его и регистрирует электронная система. Импульс разрядного тока в таких счетчиках пропорционален энергии фотона. Этот метод исследования рентгеновская астрономия заимствовала у ядерной физики и физики космических лучей.

В телескопе «Филин» — четыре детектора рентгеновского излучения. Три из них регистрировали излучение в диапазоне от 2 до 10 кэВ, четвертый — в диапазоне от 0,2 до 2 кэВ. В детекторах использовались точные пропорциональные счетчики плоской прямоугольной конструкции.



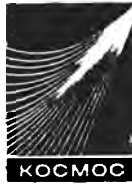
■ Детекторы рентгеновского излучения. Площадь входных окошек трех детекторов, регистрирующих излучение в диапазоне 2—10 кэВ, 450 см², четвертого, который принимает излучение в диапазоне энергий 0,2—2 кэВ, 40 см²

■ Устройство рентгеновского детектора

■ Механический коллиматор, ограничивающий поле зрения рентгеновского телескопа

■ Основные приборы рентгеновского телескопа-спектрометра «Филин»

■ Устройство механического коллиматора. Гофрированные пластины из латуни укладываются в виде сот в специальные обоймы



Выбор счетчиков в проточном варианте объясняется тем, что их окошки были закрыты тонкой органической пленкой из полипропилена, которая не является вакуумно-плотным материалом. Поэтому, чтобы компенсировать утечку газовой смеси через пленку, счетчики подключались к газопроточной системе с большим запасом газа. Газовая смесь (90% аргона и 10% метана) находилась в двух баллонах вместимостью 12 л под давлением 150 атм. Этого запаса газа достаточно для непрерывной шестимесячной работы аппаратуры. Электрический клапан многократно перекрывает подачу газовой смеси в детекторы.

Корпус каждого счетчика разделен на три секции. В верхней, рабочей секции происходит регистрация рентгеновского излучения. Под ней размещается точно такая же секция, которая отделена от рабочей тонкой перегородкой из бериллиевой фольги. Эта секция служит для блокирования сигналов от заряженных частиц высокой энергии, беспрепятственно проникающих сквозь счетчик. В третьей секции размещается радиоактивный изотоп Fe^{55} , который излучает почти монохроматическую линию с энергией 5,9 кэВ. За этим излучением следит схема управления. Если пик излучения смещается, значит изменилось газовое давление в счетчике или температура. И тогда схема управления автоматически устраняет влияние этих факторов, неблагоприятных для работы детектора.

Каждый детектор работает независимо от других. Кроме пропорционального счетчика в детекторе имеются узел высоковольтного пита-

ния и три предварительных усилителя сигналов с каждой секции. Сигналы затем поступают по высокочастотным кабелям в блок измерения. Здесь они опять усиливаются, производится их амплитудный анализ. Далее сигналы попадают в счетную схему, откуда информация передается на систему телеметрии.

Поле зрения рентгеновского детектора — вся небесная полусфера. Чтобы сузить его и точнее «привязать» рентгеновский источник к небесным объектам, перед детектором устанавливают коллиматор. Он состоит из тонких (0,1 мм) гофрированных латунных пластин, уложенных в специальные обоймы. Коллиматор телескопа-спектрометра «Филин» имел поле зрения $3 \times 10^\circ$.

Кроме рентгеновских детекторов и систем, обеспечивающих их работоспособность, в состав телескопа входили два звездных фотометра, лунный и солнечный датчики.

Звездные фотометры — обычные телескопы-рефракторы, диаметр объектива которых 50 мм, поле зрения 1° . Они регистрировали излучение звезд до 5,5 величины в желтой и синей частях оптического диапазона. Эти приборы обеспечивали «привязку» рентгеновских наблюдений к звездному небу. Для защиты фотометров от яркой Луны и отраженного света Земли использовался лунный датчик. По его сигналу отключалось высоковольтное питание фотумножителей звездных фотометров. Солнечный датчик предохранял все детекторы и фотометры от мощного излучения Солнца. Сигнал, поступающий с датчика, управляет работой электронной схемы, которая

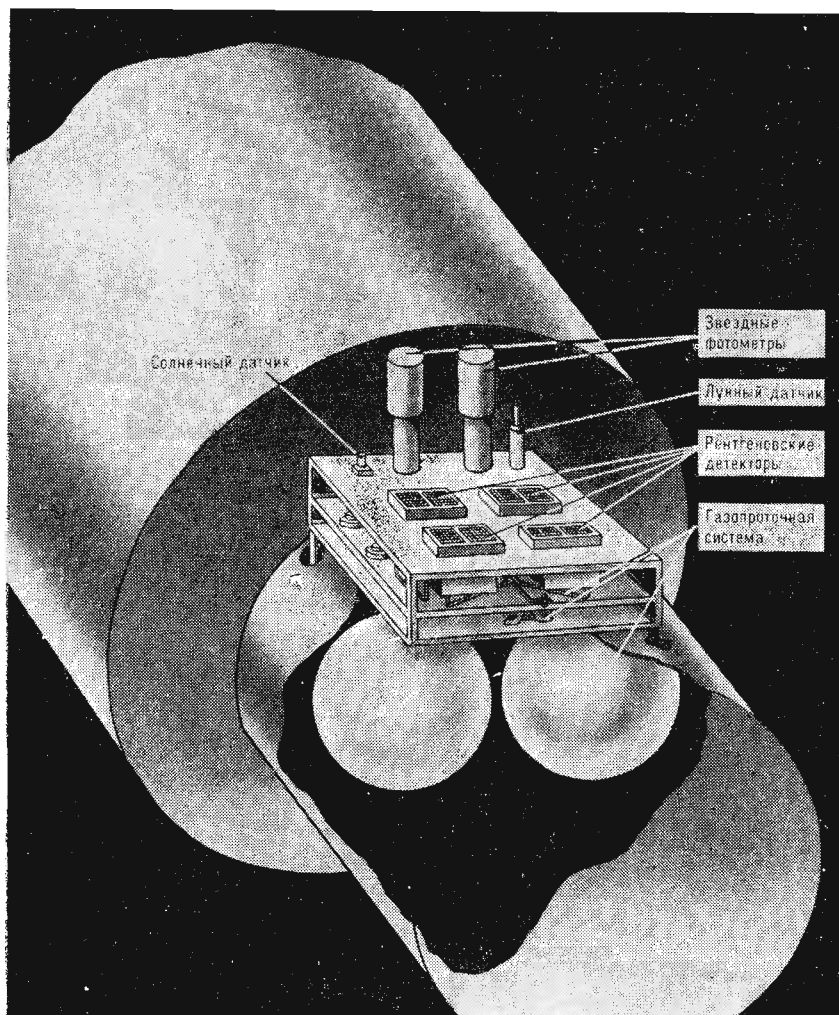
отключает высоковольтное питание рентгеновских детекторов и оптических датчиков.

Блок питания вырабатывал из напряжения бортовой сети необходимые низковольтные напряжения для всех блоков и устройств телескопа. В этом же блоке располагались электронные схемы, отключавшие высоковольтное питание детекторов и датчиков.

Рентгеновский телескоп-спектрометр «Филин» был установлен снаружи станции «Салют-4» на агрегатном отсеке. Рентгеновские детекторы и оптические датчики размещались на плите крепления. Под ней на кронштейнах крепились элементы газопроточной системы. Датчики и плиту крепления закрывал теплозащитный экран. В течение всего полета температура в агрегатном отсеке была около 20°C . Блоки измерения и питания находились внутри станции.

«САЛЮТ-4» ВЕДЕТ РЕНТГЕНОВСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Телескоп-спектрометр — достаточно автономный прибор. Он может функционировать без вмешательства космонавта, хотя с пульта управления также можно было включать или выключать прибор. На борт станции поступали команды на включение газопроточной системы и спустя 1,5—2 часа после того, как газовая смесь заполнит детекторы, следовала команда на подачу электрического питания телескопа. Запись информации осуществлялась запоминающим устройством в течение одного витка орбиты и передавалась в сеансах



связи с наземными пунктами на территории СССР.

Телескоп «Филин» работал в трех режимах полета станции «Салют-4»: орбитальной ориентации, вращения станции и инерциальной ориентации. Первые два режима использовались для обзора небесной сферы, третий применялся во время длительных наблюдений рентгеновских источников.

В режиме орбитальной ориентации при движении станции вокруг Земли оптические оси детекторов были направлены в местный зенит. Поле зрения телескопа описывало на небе большой круг шириной 10° . Из-за прецессии плоскости орбиты трасса обзора смещалась относительно

звезд на 5° в сутки. Благодаря этому часть небесной сферы в пределах 51° к северу и югу от небесного экватора могла быть осмотрена за 36 дней.

Гораздо быстрее осуществлялся обзор во втором режиме, когда станция вращалась вокруг продольной оси со скоростью около $0,5$ в секунду. Поле зрения телескопа также описывало большой круг на небесной сфере. За счет дополнительной прецессии станции в этом режиме даже

Размещение телескопа-спектрометра «Филин» на агрегатном отсеке станции «Салют-4»

за один оборот вокруг Земли удаётся осмотреть значительную часть небесной сферы.

В режиме инерциальной ориентации «Салют-4» разворачивался так, что оптическая ось телескопа направлялась на исследуемый источник с точностью $1-2^\circ$. При входе в тень Земли космонавты по специальным приборам оценивали пространственное положение станции относительно выбранных звезд и ручным управлением улучшали ее ориентацию до $10-15'$ дуги. За несколько минут до выхода станции на дневную сторону космонавты придавали ей вращение, чтобы измерить фоновое излучение вблизи источника.

На станции выполнялась калибровка телескопа. Калибровка включалась и выключалась на теневой части орбиты либо по команде с Земли, либо с пульта управления научной аппаратурой.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

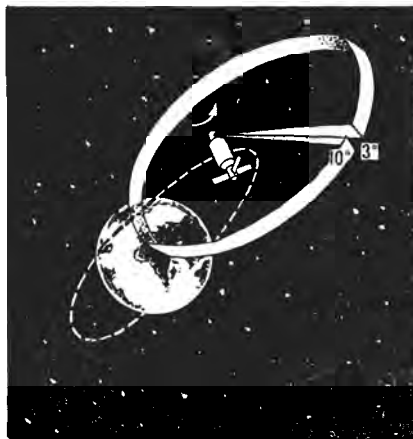
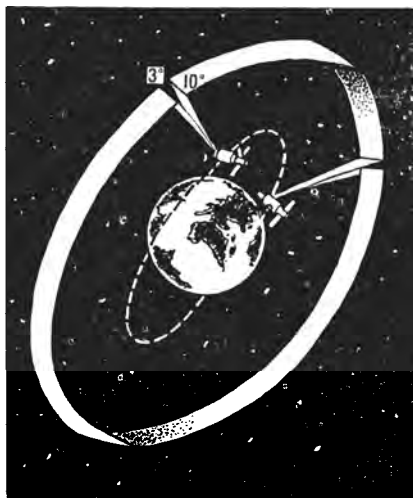
Во время работы первой экспедиции на станции «Салют-4» — космонавтов А. А. Губарева и Г. М. Гречко — основные исследования проводились в режиме орбитальной ориентации и в режиме вращения станции. Главная задача состояла в оценке способности аппаратуры регистрировать рентгеновское излучение от различных по интенсивности источников с разнообразными спектральными характеристиками.

Первый раз аппаратура опробовалась 16 января 1975 года на 328-м витке. Газопроточная система была включена на сутки раньше и функ-

ционировала до 3 февраля. Трасса орбиты станции в этот момент проходила вблизи источника Скорпион X-1. На протяжении нескольких дней он исследовался в режиме орбитальной ориентации. Полученные данные говорят о значительной переменности потока излучения от источника в спектральной области меньше 1 кэВ с характерным временем порядка нескольких часов. В жесткой рентгеновской области вариации потока не наблюдались. Если предположить, что излучение источника тепловое, то его переменность в мягкой области спектра может означать либо появление в источнике потоков горячей плотной плазмы, либо значительные изменения в количестве поглощающей материи.

В первой же экспедиции телескоп был наведен на «рентгеновский пульсар» Геркулес X-1. Известно, что жесткое рентгеновское излучение этого источника, находящегося в двойной звездной системе, то появляется, то исчезает («Земля и Вселенная», № 5, 1975, стр. 34—38.— Ред.). Из 35 дней источник наблюдается около 12, 23 дня его не видно. Космонавты попытались обнаружить мягкое рентгеновское излучение в период, когда отсутствовало жесткое излучение. Однако мягкое излучение зарегистрировано не было. Этот результат может служить дополнительным аргументом в пользу того, что пульсирующим источником может быть только быстровращающаяся нейтронная звезда.

Во время работы второй экспедиции — космонавтов П. И. Климук и В. И. Севастьянова — проводились исследования отдельных источников



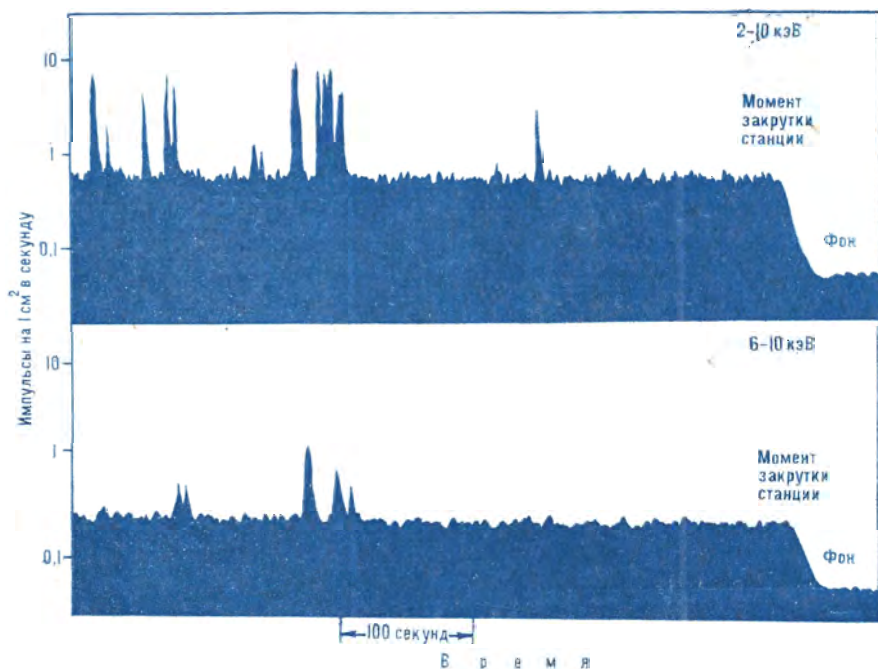
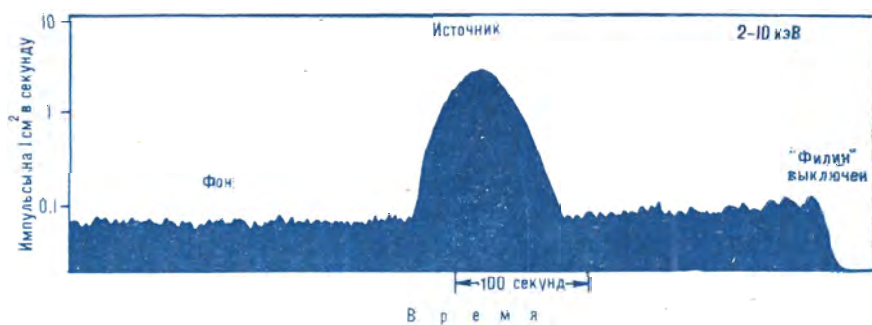
в режиме наведения. Продолжалось изучение временных характеристик источника Скорпион X-1. Одновременно источник наблюдался и в наземные телескопы. Исследования показали, что, по-видимому, существует связь между возрастанием яркости Скорпиона X-1 в оптических лучах и увеличением потока в мягкой области рентгеновского спектра. Это подтверждает гипотезу о появлении в источнике мощных потоков плазмы. К такому же выводу приводят наблюдения спорадических всплесков излучения в мягком рентгеновском диапазоне.

Интересные результаты получены при исследовании источника Лебедь X-1. В течение 30 минут удалось зафиксировать несколько мощных вспышек рентгеновского излучения и появление значительных флуктуаций. Надо сказать, что Лебедь X-1 — первый кандидат в черные дыры: источник входит в двойную звездную систему. Вещество, стекающее с нормальной звезды, образует диск

■
В режиме орбитальной ориентации телескоп, установленный на «Салют-4», просматривал за 36 дней большой участок небесной сферы между 51° с. ш. и 51° ю. ш.

■
В режиме вращения станции телескоп в течение одного ее оборота вокруг оси просматривал большой круг небесной сферы шириной в 10°

■
В режиме инерциальной ориентации телескоп станции «Салют-4» был постоянно направлен на один и тот же рентгеновский источник



вокруг черной дыры. По мере приближения вещества к черной дыре должна высвобождаться его гравитационная энергия. Особенно много энергии и за короткий промежуток времени освобождается вблизи по-

Запись сигнала от ярчайшего рентгеновского источника Скорпион X-1, полученная в режиме орбитальной ориентации

Запись сигнала от рентгеновского источника Лебедь X-1 в диапазоне энергий 2—10 и 6—10 кэВ. Запись сделана в режиме инерциальной ориентации

верхности черной дыры. Эта энергия почти полностью переходит в энергию электромагнитного излучения, которое и наблюдается как мощная рентгеновская вспышка.

Проводились исследования переменного рентгеновского источника Циркуль X-1. По данным, полученным американским искусственным спутником Земли «Ухуру», интенсивность его рентгеновского излучения меняется чуть ли не в 20 раз. На «Салюте-4» были зарегистрированы лишь плавные изменения потока излучения не более чем в 2—3 раза с характерным временем в несколько минут. Наблюдалось также некоторые другие рентгеновские источники, рас-

положенные в плоскости нашей Галактики.

В автоматическом режиме полета станции «Салют-4» 11 сентября 1975 года было выполнено наблюдение рентгеновского источника в созвездии Единорога, который вспыхнул 3 августа 1975 года. 10 августа его светимость в рентгеновском диапазоне была такой же, как у Скорпиона X-1 — ярчайшего рентгеновского источника всего неба. 15 августа источник в созвездии Единорога был уже в 4 раза ярче Скорпиона X-1 в области энергий 1,5—5 кэВ. По наблюдениям с «Салюта-4», источник в созвездии Единорога 11 сентября 1975 года оставался, по-прежнему, самым ярким. Поток от него в области энергий 2—3 кэВ в 4 раза превышал поток от Скорпиона X-1, а в диапазоне энергий 6—10 кэВ — примерно в 2 раза.

Обработка наблюдений, проводившихся на «Салюте-4» телескопоспектрометром «Филин», еще не завершена. Исследователей ждут многие интересные результаты. В подготовке и осуществлении этого эксперимента участвовал большой коллектив астрономов, физиков и инженеров Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, Института космических исследований АН СССР и ряда научно-исследовательских институтов приборостроения и предприятий, где создавалась станция «Салют-4».



Кандидат физико-математических наук
И. П. ТИНДО

Зеркальный рентгеновский телескоп станции «Салют-4»

РЕНТГЕНОВСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ НА ОРБИТЕ

Начатые в 1962 году при кратковременных вертикальных запусках ракет эксперименты по рентгеновской астрономии, как правило, сводились к поисковому обзору неба, обычно в «классическом» диапазоне энергий фотонов: 2—10 кэВ. Выбор диапазона диктовался, прежде всего, относительной простотой применяемых детекторов излучения — счетчиков фотонов. К началу 60-х годов газоразрядные счетчики фотонов были уже хорошо освоены в ракетных исследованиях коротковолнового излучения солнечной короны.

С другой стороны, как бы по случайной случайности, основной поток рентгеновского излучения у большинства обнаруженных космических источников приходится именно на «классический» диапазон. Кстати, до некоторой степени «случайным» было само рождение рентгеновской астрономии. Дело в том, что рентгеновское излучение звезды, подобной Солнцу, но удаленной от Земли на расстояние в сотни или тысячи световых лет, слишком малоинтенсивно, чтобы его могли зарегистрировать самые чувствительные современные приборы. Но оказалось, что наряду с обычными звездами и их скоплениями — галактиками — во Вселенной существуют совершенно необычные объекты, излучающие рентгеновский поток в миллионы и миллиарды раз больше солнечного. Самые близкие из этих, сравнительно немногочисленных источников были открыты в первых ракетных экспериментах.

К моменту запуска станции «Са-

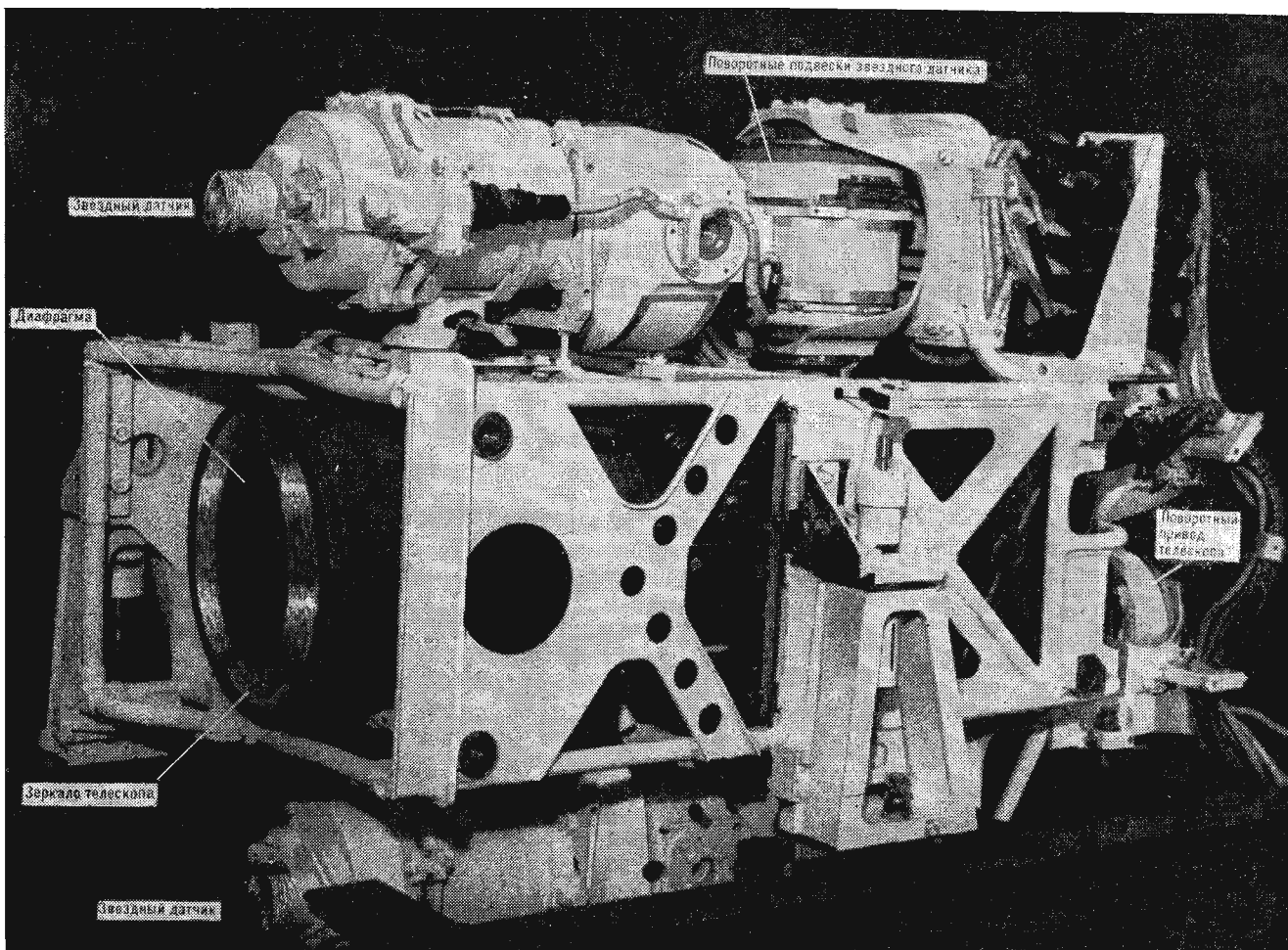
лют-4» в каталог космических рентгеновских источников было внесено свыше 160 объектов: галактических и находящихся за пределами нашей Галактики. К их числу относятся нейтронные звезды — пульсары, «рентгеновские пульсары» в двойных системах, возможно, черные дыры, сейфертовские галактики, квазары и скопления галактик. Общей особенностью всех этих источников является высокая концентрация энергии, приводящая к разогреву вещества до температуры в десятки и сотни миллионов градусов, а также к ускорению заряженных частиц до релятивистских энергий («Земля и Вселенная», № 6, 1970, стр. 24—32.—Ред.).

Развитие экспериментальной техники позволило в последние годы раздвинуть границы исследуемого спектра — как в сторону высоких энергий вплоть до сотен килоэлектронвольт, так и в сторону малых, до 0,1 кэВ. Удалось даже обнаружить несколько «мягких» рентгеновских источников, все излучение которых сосредоточено в длинноволновой части рентгеновского спектра, при энергиях фотонов меньше 1 кэВ. Все эти источники характеризуются невысокой, по космическим рентгеновским масштабам, температурой в несколько миллионов градусов. К ним относятся старые остатки сверхновых — десятки тысяч лет расширяющиеся в межзвездном газе оболочки, сброшенные при грандиозных взрывах звезд. В длинноволновой части рентгеновского спектра следует искать, например, излучение звезд с активными коронами.

Но и для «классических» источников, наблюдаемых при энергиях в

несколько килоэлектронвольт, крайне важно получить данные о спектре при малых энергиях, где проявляется заметное поглощение, происходящее в источнике или на пути излучения от источника к Земле. Данные о поглощении позволяют оценить плотность межзвездной и межгалактической среды, определить расстояние до источника и его абсолютную светимость. Исследуя поглощение во внешней атмосфере источника, можно сделать важные выводы о распределении в ней температуры и вещества.

Для изучения структуры, спектра и переменности дискретных источников необходимы приборы высокой чувствительности, в течение длительного времени направляемые на выбранный космический объект либо последовательно «просматривающие» небольшой участок неба, представляющий особый интерес. Чтобы выявить возможную пространственную структуру «диффузного» космического фона, желательно в одном эксперименте обследовать ряд областей небесной сферы. Все это можно осуществить лишь при установке телескопа на долгоживущем орбитальном объекте, снабженном системой точной астроориентации. Многие способны сделать беспилотные спутники, управляемые с Земли посредством стандартных радиоконанд. Но легко представить себе, в какой мере участие космонавта не только упрощает управление работой научных приборов, но и расширяет возможности измерений, повышает надежность эксперимента. Подтверждением служат результаты рентгеновских наблюдений, выполненных на орбиталь-



ных станциях «Салют» и «Скайлэб», а также в совместном полете кораблей «Союз» и «Аполлон».

УСТРОЙСТВО ЗЕРКАЛЬНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ТЕЛЕСКОПА

Установленный на станции «Салют-4» зеркальный телескоп РТ-4 предназначен для области энергий 0,14—0,28 кэВ (соответственно, 89—44 А). Телескоп разработан в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР под руководством профессора С. Л. Мандельштама.

Прибор состоит из двух частей: собственно рентгеновского телескопа и автономной системы звездной ориентации. Блок датчиков телескопа смонтирован на ориентируемой плат-

форме, которая находится снаружи станции «Салют-4». Основные электронные схемы телескопа и системы астроориентации, а также пульт управления располагаются внутри рабочего отсека станции.

Приходящие из космоса рентгеновские лучи фокусируются зеркалом на входное окно детектора излучения — газоразрядного счетчика фотонов. Зеркало телескопа напоминает слегка расширяющуюся к внешнему краю трубу с полированной внутренней поверхностью. Форма по-

Зеркальный рентгеновский телескоп станции «Салют-4», установленный на платформе астроориентации (с телескопа снят спиральный коллиматор)

верхности — параболоид. Но зеркало совсем не похоже на плоскую параболическую чашу оптического или радиотелескопа.

Выбор необычной формы зеркала объясняется тем, что на границе вакуум — вещество при используемых в оптике небольших углах падения отражается лишь ничтожная доля рентгеновского излучения — не более сотых долей процента. Основная же часть потока распространяется далее в веществе (преломленный луч). Но если угол падения близок к 90° (скользящее падение), то возникает новое явление — полное «внешнее» отражение, в результате которого почти вся энергия падающего рентгеновского излучения концентрируется в отраженном луче.

В «классической» области рентгеновского спектра полное «внешнее» отражение наблюдается при углах падения, отличающихся от 90° лишь на доли градуса. В длинноволновом же диапазоне допустимы углы падения вплоть до 85° , что позволяет создать светосильное зеркало телескопа. Для того, чтобы на счетчик не попали лучи, не испытавшие отражения от зеркала, на внешнем крае зеркала устанавливается диафрагма. Ее кольцевое отверстие закрыто спиральным коллиматором, который защищает счетчик от внеосевых лучей.

Применение фокусировки намного повышает чувствительность телескопа по сравнению с коллиматорным телескопом той же площади. В условиях космического эксперимента полезный сигнал от исследуемого источника приходится измерять над флуктуирующим уровнем «фона» импульсов, вызываемых в детекторе регистрацией частиц космических лучей. Чем больше площадь счетчика фотонов, установленного в коллиматорном телескопе, тем больше регистрируемый рентгеновский сигнал, а также и «фоновый» сигнал. Чувствительность же возрастает не так быстро, лишь как корень квадратный из площади счетчика. В фокусирующем телескопе поток, падающий на большое зеркало, можно сконцентрировать на детектор излучения площадью в доли квадратного миллиметра, что позволяет резко повысить отношение «сигнал/фон», определяющее чувствительность измерений. Фон измеряется с помощью кварцевого фильтра (толщина 1 мм), непрозрачного в мягкой рентгеновской области спектра. Этот фильтр

периодически помещается перед окном счетчика.

Диаметр зеркала рентгеновского телескопа станции «Салют-4» равен 20 см, фокусное расстояние 62,5 см. Эффективная собирающая площадь, с учетом потерь при отражении, около 100 см^2 . В фокусе зеркала расположен счетчик, диаметр окна которого 3 см. Это обеспечивает широкое поле зрения ($\pm 1^\circ,8$) при сохранении достаточной чувствительности. Окно изготовлено из полипропиленовой пленки толщиной 2 мкм, прозрачной в участке 44—89 Å. Счетчик с пленочным окном столь малой толщины применен в орбитальном эксперименте впервые. На пленку в вакууме напылен тонкий слой углерода для защиты счетчика от космического ультрафиолетового излучения. Это излучение столь же хорошо отражается зеркалом, как и рентгеновское, и потому может замаскировать полезный сигнал. Применяя в телескопе газоразрядный счетчик с тонкопленочным окном, приходится мириться с неизбежной утечкой газа через пленку. Для поддержания давления газа в заданных пределах используется система газонаполнения. Счетчик подключается к баллону с запасом газовой смеси лишь на время сеанса измерений, продолжающегося обычно несколько часов. При экономном расходовании запаса газа (5 л) вполне хватило для работы двух экспедиций космонавтов на станции «Салют-4». Автоматический контроль за постоянством рабочего режима счетчика осуществляется по калибровочному счетчику, который освещается препаратом радиоактивного изотопа Fe^{55} .

Для дальнейшего снижения скорости счета импульсов, вызываемых частицами космических лучей, используются схемы антисовпадений и «дискриминации» по амплитуде. Счетчик, имеющий форму короткого цилиндра, разделен по высоте на две секции. Верхняя секция (с пленочным окном) служит для регистрации рентгеновского излучения выбранного диапазона энергий. Нижняя секция регистрирует проникающие частицы больших энергий, которые оставляют ионизационный трек сразу в обеих секциях. Электронное устройство «отбраковывает» каждый импульс верхней секции, появившийся одновременно с импульсом в нижней секции (схема антисовпадения). Кроме того, отбраковываются («дискриминируются») импульсы с большой амплитудой, порождаемые частицами или фотонами большой энергии. Таким путем удается понизить фоновую скорость счета рабочего канала примерно в 10 раз.

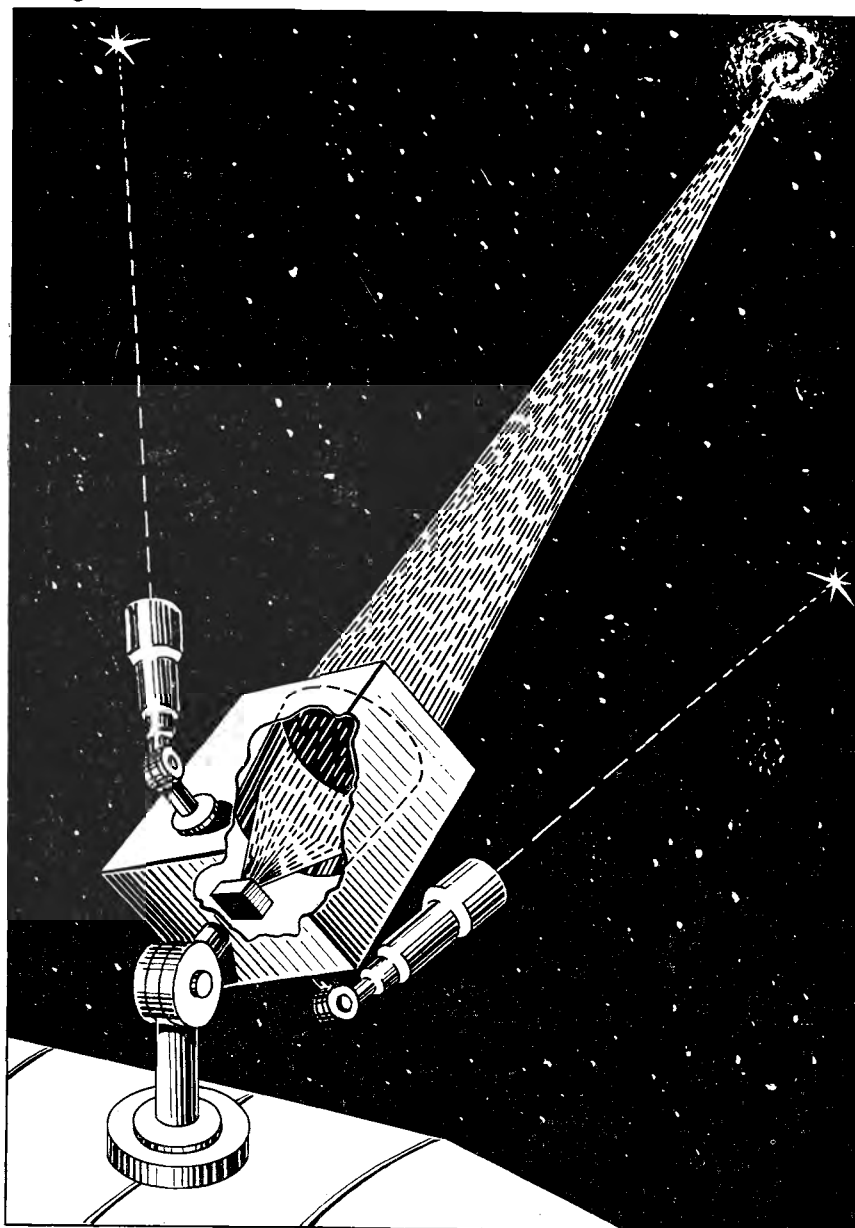
Важным достоинством телескопа следует считать его высокое временное разрешение. Бортовое запоминающее устройство «опрашивает» прибор от 25 до 800 раз в секунду (в зависимости от режима работы). Поэтому момент прихода каждого зарегистрированного импульса определяется с высокой точностью, что особенно важно при исследовании быстропеременных источников, таких, как пульсары.

Накопленная информация периодически передается на Землю, где записывается на магнитную телеметрическую ленту, которая в дальнейшем обрабатывается универсальной ЭЦВМ.

Ряд сложных технических проблем был решен при создании уникальной системы звездной ориентации телескопа. Эта система была разработана в Физическом институте АН СССР при участии предприятий промышленности и Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана.

Когда исследуются слабые сигналы от космических рентгеновских источников, зачастую приходится направлять телескоп в заданную точку неба, поблизости от которой нет ярких звезд — ориентиров. Кроме того, в условиях открытого космоса сложной проблемой оказывается точный механический поворот телескопа. В сверхглубоком вакууме самые лучшие подшипники и электродвигатели, годами надежно работающие в суровых климатических условиях, в считанные минуты могут выйти из строя.

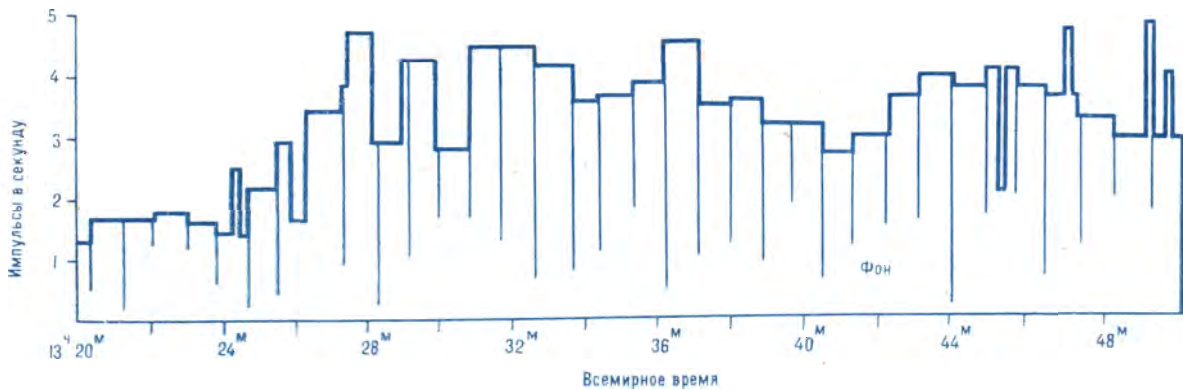
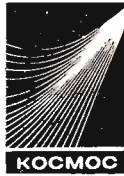
В созданной системе астроориентации впервые применен принцип «косвенного наведения». Телескоп соединен со станцией «Салют-4» поворотным устройством, обеспечивающим его наведение по двум взаимно перпендикулярным осям. На корпусе рентгеновского телескопа в поворотных подвесках установлены два небольших оптических телескопа — звездные датчики. Перед началом измерений командир корабля разворачивает станцию в заданном направлении, чтобы обеспечить грубую ориентацию телескопа. Бортинженер включает систему ориентации, переводит телескоп из транспортного положения в рабочее, разворачивает звездные датчики на заданные программой фиксированные углы (по отношению к телескопу). Затем



звездные датчики осуществляют автоматический поиск и наведение на выбранные яркие звезды, находя-

■ *Принцип работы зеркального рентгеновского телескопа и системы астроориентации. Лучи от рентгеновского источника падают на параболическое зеркало телескопа и фокусируются на счетчик фотонов. Ориентация телескопа производится по ярким оптическим звездам*

щиеся в их поле зрения. «Захват» обеих опорных звезд гарантирует точное «нацеливание» рентгеновского телескопа в заданную точку небесной сферы. Такое положение телескопа поддерживается на протяжении всего сеанса. Во время проведения эксперимента бортинженер следит за режимом работы автоматической аппаратуры: с помощью специального астровизира он контролирует ориентацию станции, по транспаран-



там пульт управления следит за работой телескопа и его автономной системы ориентации. В случае необходимости он может корректировать работу систем или вносить изменения в программу наблюдений.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Космонавты Г. М. Гречко и А. А. Губарев, а затем В. И. Севастьянов и П. И. Климук успешно исследовали зеркальным рентгеновским телескопом РТ-4 около полутора десятков галактических и внегалактических источников в созвездиях Скорпиона, Девы, Лебеда, Геркулеса, Парусов, Кормы и др. В мягкой рентгеновской области они изучали возможные пульсации источника Геркулес X-1 и центрального объекта туманности Петля в Лебеде, переменность источника Скорпион X-1. Впервые был осуществлен также поиск мягкого рентгеновского излучения от голубого сверхгиганта Ригель и нескольких вспышковых звезд. Обработка по-

лученной обширной информации продолжается. Пока можно рассказать лишь о самых первых, предварительных результатах.

Таинственная λ Скорпиона. Один из ярких рентгеновских источников отождествлен со вспышковой звездой λ Скорпиона (1,6 величины), удаленной от Земли на 360 световых лет. Источник был обнаружен в диапазоне энергий 0,4—2 кэВ японскими исследователями при запуске ракеты в мае 1971 года. В дальнейшем предпринимались попытки его наблюдения с англо-американского спутника «Коперник» (1972) и голландского ANS (1975). В обоих случаях зарегистрировать рентгеновское излучение не удалось, хотя чувствительность телескопов была достаточна, если исходить из полученной ранее оценки потока излучения. В оптическом диапазоне звезда λ Скорпиона характе-

ризуется повышенной интенсивностью ультрафиолетового излучения. В ее спектре наблюдаются периодические изменения, которые указывают, что λ Скорпиона — двойная система звезд. Период обращения компонентов вокруг общего центра масс 5, 6 суток.

По измерениям со станции «Салют-4» в феврале 1975 года поток от λ Скорпиона в области энергий 0,14—0,28 кэВ составил 1,4 фот/см²·с·кэВ. Это примерно в 7 раз меньше, чем следует из первого ракетного эксперимента в 1971 году, но в 20 раз превышает оценку возможного потока, сделанную спутником ANS в начале 1975 года. Рентгеновский спектр показывает, что источник в этой двойной системе имеет относительно низкую температуру, порядка 2—3 млн. градусов, и рентгеновскую светимость $6,5 \cdot 10^{31}$ эрг/с, что в 100 тыс. раз выше светимости солнечной короны!

Вероятнее всего, большой разброс результатов измерений связан с непостоянством источника, в частности,

■ *Рентгеновская вспышка λ Скорпиона (тонкие линии — измерения фона)*

со вспышками и с изменениями его рентгеновского спектра. Пока нельзя исключить и возможность альтернативного объяснения: «Салют-4» зарегистрировал излучение неизвестного источника, недавно вспыхнувшего в окрестности λ Скорпиона. Для однозначного вывода необходимы дальнейшие наблюдения.

Остаток Сверхновой в созвездии Парусов. Окрестности туманности Паруса X «Салют-4» исследовал 18 января 1975 года. В мягких рентгеновских лучах здесь наблюдается округлая оболочка диаметром около 5° с утолщением на границе оптических «волокон» туманности. Примерно в $2,5^\circ$ от центра оболочки в «классическом» рентгеновском диапазоне обнаружен еще один источник, совпадающий с остатком Сверхновой в созвездии Кормы. Из-за большой удаленности приходящий в окрестности Земли поток от этих мощнейших источников составляет в секунду лишь несколько фотонов на 1 см^2 . Расстояние до туманности Паруса X равно 1,5 тыс. световых лет, поэтому мягкое рентгеновское излучение этого источника заметно ослаблено поглощением в межзвездной среде. Источник Корма А расположен еще дальше — на расстоянии 6 тыс. световых лет, и из-за сильного поглощения его не удастся наблюдать в диапазоне 44—89 А.

Туманность Паруса X принадлежит к числу немногих остатков сверхновых, в которых обнаружена не только сброшенная оболочка, но и центральное сконденсированное ядро. Ядро известно по радионаблюдениям как пульсар PSR 0833-45. Неоднократно предпринимались попытки

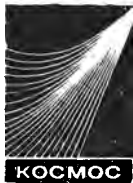
зарегистрировать также его рентгеновское излучение. В недавних ракетных экспериментах как будто бы обнаружено пульсирующее рентгеновское излучение в диапазоне энергий 10^4 эВ. В мягкой рентгеновской области спектра пока получены лишь сильно различающиеся между собой верхние оценки возможного потока.

В направлении на пульсар PSR 0833-45 телескоп станции «Салют-4» измерил средний поток излучения около $5 \text{ фот/см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$ (энергия 0,25 кэВ). Это составляет примерно 13% от полного рентгеновского потока туманности Паруса X, что хорошо согласуется с известным распределением яркости протяженного источника. Для выделения пульсирующей компоненты были построены пробные «световые кривые», изображающие форму рентгеновского импульса пульсара при различной величине его предполагаемого периода. Наиболее четкий импульс получен для периода 89,219 миллисекунды (период радиопулсара 89,2417 миллисекунды). Содержащийся в пульсирующей компоненте поток не превышает 1,5% от измеренной величины потока, или 0,1% от полного потока туманности в регистрируемом участке спектра. С учетом возможных экспериментальных погрешностей найденную величину следует считать, скорее, лишь верхней границей пульсирующего потока.

Вспышки голубого сверхгиганта Ригель. Поиск рентгеновского излучения Ригеля (звезда β Ориона) проводился 4 февраля 1975 года. Это довольно необычная система: вокруг массивной центральной звезды (0,15 величины) обращается не «разре-

шаемая» телескопами тесная пара звезд. Средний поток рентгеновского излучения от Ригеля не превосходит $0,5 \text{ фот/см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$. При удаленности в 600 световых лет это соответствует светимости около 10^{32} эрг/с. Во время измерений неожиданно были замечены возрастания показаний прибора. Наблюдалось два «всплеска» продолжительностью около 10 секунд. Если эти возрастания связаны с реальными рентгеновскими вспышками Ригеля, то можно предположить, что излучающие области центральной звезды похожи на области солнечных вспышек. Однако рентгеновский источник на Ригеле характеризуется более высокой плотностью плазмы и меньшей начальной температурой.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают обширной информации, полученной с помощью зеркального рентгеновского телескопа РТ-4. Пройдут еще многие месяцы, прежде чем будут сделаны окончательные выводы из этих уникальных наблюдений.



Кандидат технических наук
Я. Л. ЗИМАН
Доктор технических наук
А. А. БОЛЬШОЙ

Изучение природных ресурсов Земли из космоса

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

Удешевление космической техники, значительное удлинение срока активного существования искусственных спутников Земли, интенсивное развитие средств дистанционных измерений и математической обработки позволили резко снизить стоимость получения информации о природных ресурсах и контроля окружающей среды с помощью космических средств.

Традиционные наземные и самолетные средства оказались во многих случаях недостаточными, в то время как космические средства при изучении природных ресурсов Земли обеспечивают глобальность охвата, исследование малообжитых и труднодоступных территорий, возможность периодических наблюдений с заданной регулярностью в любое время года и суток, оперативность (быстроту) получения информации, возможность доставки ее потребителю непосредственно в ходе приема, разнообразие форм и наглядность результатов, экономичность.

Использование космической техники отнюдь не исключает применения самолетов и наземной аппаратуры. Космические средства могут быть наиболее эффективно использованы именно в сочетании с ними. Там, где необходим специализированный, выборочный контроль сравнительно небольших районов, детализация или проверка полученных из космоса результатов, целесообразно применять специализированные самолеты-лаборатории и наземные средства.

Требования к космическим методам и средствам изучения природных

Невиданно быстрое развитие космонавтики, разработка новых методов и средств дистанционного изучения земных образований, установление взаимосвязей природных явлений, происходящих в различных местах нашей планеты, сделали возможным и целесообразным изучение природных ресурсов Земли из космоса в интересах науки и народного хозяйства.

ресурсов и контроля окружающей среды весьма многообразны. Попытаемся их систематизировать и сгруппировать.

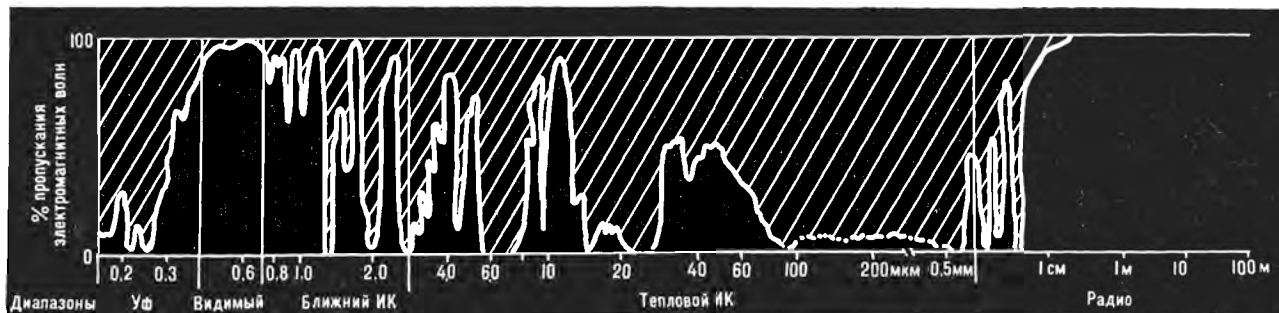
Прежде всего, необходимо увидеть, различить на Земле те или иные объекты, определить их геометрические и физические характеристики, выявить их изменимость во времени и в зависимости от других факторов. Эти задачи решаются методом дистанционного зондирования. Приборы дистанционного зондирования устроены так, что обследуемая земная поверхность разбивается на элементарные площадки. Размеры таких площадок колеблются от нескольких метров до километров и носят название пространственного разрешения. Измерив интенсивность электромагнитного излучения, идущего от отдельных элементарных площадок того или иного конкретного земного образования, и зная направление с космического аппарата на эти элементы, определяют местоположение, конфигурацию, размеры и физические характеристики образования.

Вторая группа требований — повторность, периодичность, регуляр-

ность наблюдений одних и тех же объектов или явлений. Если нужно в течение длительного срока непрерывно вести наблюдения за каким-либо участком земной поверхности, то можно использовать геостационарный спутник. Период обращения его вокруг Земли равен 24 часам; он как бы висит над определенным экваториальным районом земного шара, позволяя непрерывно и одновременно просматривать огромные территории. Однако высота такого спутника над земной поверхностью около 36 тыс. км; вести при этом наблюдения с разрешением в единицы, десятки и даже в сотни метров технически очень сложно. Используя низколетящие спутники (высота 200—1000 км), можно при определенных параметрах их орбит обеспечивать различную периодичность пролета над одним и тем же участком.

Если требуется наблюдать всю поверхность земного шара, то при ширине обследуемой полосы в 200 км каждая точка земной поверхности осматривается спутником один раз в 18 суток. Уменьшить этот период можно за счет расширения полосы обзора земной поверхности или использования нескольких спутников. Два спутника сокращают указанное время до девяти суток, три — до шести суток. В тех случаях, когда достаточно повторять обследования через год или через несколько лет, задачу могут решать специальные искусственные спутники Земли кратковременного существования, запускаемые по мере необходимости.

Обработка материалов дистанционного зондирования существенно упрощается, когда съемки заданных



участков земной поверхности выполняются при одной и той же высоте Солнца. Это позволяет исключить искажения, обусловленные изменениями освещения, что упрощает бортовую аппаратуру и делает более надежной интерпретацию получаемой информации. Достичь этого можно, если космический аппарат вывести на солнечно-синхронную орбиту, когда взаимное положение орбиты спутника и Солнца неизменно по отношению к Земле.

Каковы требования к оперативности получения результатов обследования Земли из космоса? Диапазон их очень широк — от минут до одного и более месяцев. Для решения неоперативных задач материалы съемок могут доставляться на Землю при возвращении самого космического аппарата или при сбрасывании специального контейнера. Большинство задач, однако, носит оперативный характер и требует передачи на Землю получаемых данных по радиоканалу. Требования к пропускной способности таких радиоканалов очень высоки. Если, например, спутником просматривается полоса земной поверхности шириной 200 км при

разрешении в 50 м и получаемые данные сразу же передаются на Землю, то нетрудно подсчитать, что за одну секунду должна быть передана информация приблизительно о 500 тыс. элементах земной поверхности. Если каждый такой элемент характеризовать 128-ю градациями его яркости, то есть семью разрядами двоичной системы, то за одну секунду на Землю поступит свыше 50 млн. сигналов.

Что касается вида и формы информации, в которых она должна поступать к потребителю, то опыт показывает, что около $\frac{2}{3}$ заказываемых материалов сводится к различным модификациям видеоинформации, то есть к передаче черно-белых и цветных изображений обследованных участков земной поверхности. Во

■
 Пропускание электромагнитных волн атмосферой в зависимости от длины волны. Атмосфера Земли пропускает электромагнитные волны лишь определенной длины: она прозрачна в видимой области спектра, имеет несколько «окоп» в ближней и тепловой инфракрасной (ИК) области, не препятствует прохождению радиоволн с $\lambda > 0,5$ см

многих случаях результаты съемки целесообразно представлять в цифровой, табличной, графической или условной форме — в виде, удобном для машинной обработки.

Аппаратура дистанционного зондирования Земли из космоса должна выявлять геометрические и физические характеристики земных образований. В основу дистанционных геометрических измерений положены принципы фотограмметрии — прикладной научной дисциплины, изучающей способы определения пространственного положения, формы и размеров земных образований на основе измерения их изображений. Наибольшую точность таких геометрических дистанционных определений обеспечивают кадровые фотоаппараты и телевизионные системы с передающими электронно-лучевыми трубками. Первые отличаются более высоким разрешением, но требуют возвращения отснятой фотопленки на землю и непригодны, следовательно, для решения оперативных задач. Вторые могут использоваться в оперативных системах, так как позволяют передавать информацию непосредственно в процессе ее получения.

«Продолжить изучение и освоение космического пространства, расширить исследования по применению космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в метеорологии, навигации, связи и для других нужд народного хозяйства».

[Из проекта ЦК КПСС к XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»]

Изображения, получаемые с помощью кадровых фотографических и телевизионных систем, могут рассматриваться как центральные проекции заснятого участка земной поверхности на плоскость снимка. Если покadroвая съемка проводится так, что каждый последующий снимок перекрывает предыдущий не менее чем наполовину, то получаемые стереоскопические снимки позволяют определить не только плановые, но и пространственные геометрические характеристики отснятых образований. В кадровых фотографических и телевизионных системах изображение строится за очень короткие экспозиции, равные сотым долям секунды. Это позволяет исключить искажения за счет движения космического аппарата и изменений его стабилизации в процессе полета.

Общий недостаток кадровых съемочных систем заключается в том, что они работают лишь в видимой области спектра электромагнитных волн (примерно от 0,4 до 0,8 мкм) и не позволяют с высокой точностью измерять интенсивности излучения.

Дистанционное изучение физико-химических свойств земных образований основано на существовании четко выраженной зависимости между свойствами объектов — цветом, массой, структурой, типом поверхности, теплопроводностью, пористостью, влажностью и многими другими — и характеристиками их собственного и отраженного излучения в оптическом и радиодиапазонах электромагнитных волн, пропускаемых земной атмосферой. Зная спектральные характеристики собственного и отраженного излучения того или

иного объекта (элемента земной поверхности), можно определить, что это за объект, к какому виду образований он относится и каково его состояние в данный момент.

Наибольшее количество информации о физико-химических свойствах элементов земной поверхности несет отражаемая ими солнечная радиация в видимой области спектра. Однако сведения о них можно существенно дополнить, используя тепловой инфракрасный диапазон электромагнитных волн длиной до 15 мкм. Кроме того, собственное излучение элементов земной поверхности и атмосферы в инфракрасной области измеряют и в ночное время, когда в видимой области съемку вести невозможно.

В ряде случаев для изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды очень эффективен сантиметровый радиодиапазон электромагнитных волн. В радиодиапазоне съемку можно вести не только ночью, но и сквозь густую облачность — съемочные системы радиодиапазона работают в любую погоду. Особенностью инфракрасной области и радиодиапазона является то, что здесь собственное излучение земных образований характеризует их температуру. Это чрезвычайно важно при выявлении районов скопления рыбы в океанах, при обнаружении невидимых очагов возгорания торфа, при контроле и диагностике заболеваний растений и для решения других народнохозяйственных задач.

Технически получить непрерывные характеристики спектрального излучения даже в какой-либо одной, например, всей видимой области

спектра довольно сложно. Вот почему системы дистанционного зондирования измеряют одновременно в нескольких узких спектральных зонах дискретные величины излучения данного элемента земной поверхности. Такой многоспектральный способ при достаточном числе узких спектральных зон позволяет с достаточной полнотой установить спектральные характеристики изучаемых земных образований и оценить их физико-химические свойства.

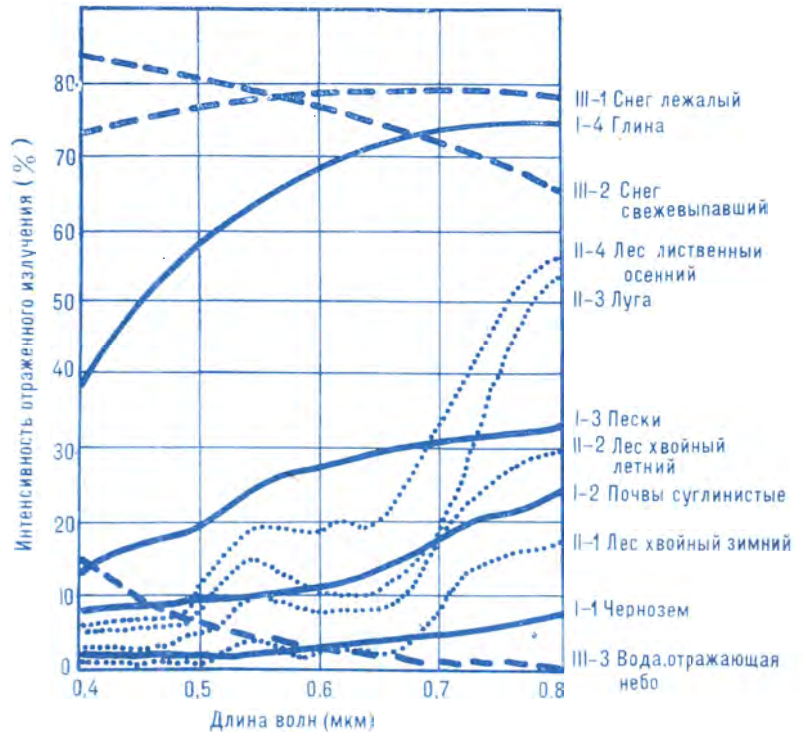
Обычный и тем более цветной фотоснимок, отображающий излучение земной поверхности во всей видимой области спектра, несет больше информации, чем изображение, полученное в одной узкой зоне спектра. Но одновременная съемка в нескольких зонах дает комплект узкоспектральных изображений, суммарно более информативных, чем одна «обычная» фотография. Можно сказать, что многоспектральная съемка — это несколько измерений, вскрывающих особенности и специфику изучаемого объекта, не выявляющихся при одном измерении общего, универсального характера. Увеличение числа спектральных зон повышает вероятность распознавания объектов, выявления их физической сущности. Целесообразно использовать три-пять зон в видимой, две-три в инфракрасной частях спектра и две-три в радиодиапазоне.

Из нескольких узкоспектральных изображений можно синтезировать черно-белые и цветные снимки. При этом цветные снимки получают как в естественных цветах, так и в условных, облегчающих дешифрирование тех или иных земных образований.

Характер и интенсивность излучения различных объектов в одних спектральных зонах могут отличаться незначительно; однако в других зонах различие в характеристиках излучения проявится сильнее и позволит не только различить эти объекты, но и выявить необнаруживаемые глазом их физико-химические характеристики. И тогда желтая нива и песок или зеленые леса различных пород, снятые в нескольких различных зонах спектра, покажут себя по-иному, и на синтезированных снимках, полученных в условных цветах, будут иметь различные оттенки и интенсивность окраски.

Наиболее распространенный тип многоспектральной аппаратуры — оптико-электронные сканирующие системы (сканеры). Сканеры измеряют излучение элементов земной поверхности одновременно в нескольких узких зонах видимой и инфракрасной областях спектра. Результаты этих измерений, как и в телевизионных системах, могут сразу же передаваться по радиоканалу на Землю и воспроизводиться в виде отдельных узкоспектральных и синтезированных из них цветных многоспектральных изображений.

Поэлементный просмотр — сканирование земной поверхности в направлении, перпендикулярном полету, производится в сканерах путем непрерывного качания специального зеркала; сканирование в направлении полета (набор строк) происходит в результате движения самого спутника. Отраженная от качающегося зеркала радиация расщепляется в оптической системе сканера на спектральные составляющие, каждая из



которых подается на соответствующий приемник типа фотоэлектронного умножителя, который преобразует световую энергию в электрические сигналы.

Сканеры используют всю оптическую область электромагнитного излучения (включая и тепловой инфракрасный диапазон). Они довольно просты, надежны и дают высокую точность спектральных измерений. К недостаткам этих приборов можно отнести меньшее, по сравнению с системами кадрового телевидения, разрешение и большую зависимость геометрии получаемых изображений от стабилизации космического аппарата в полете.

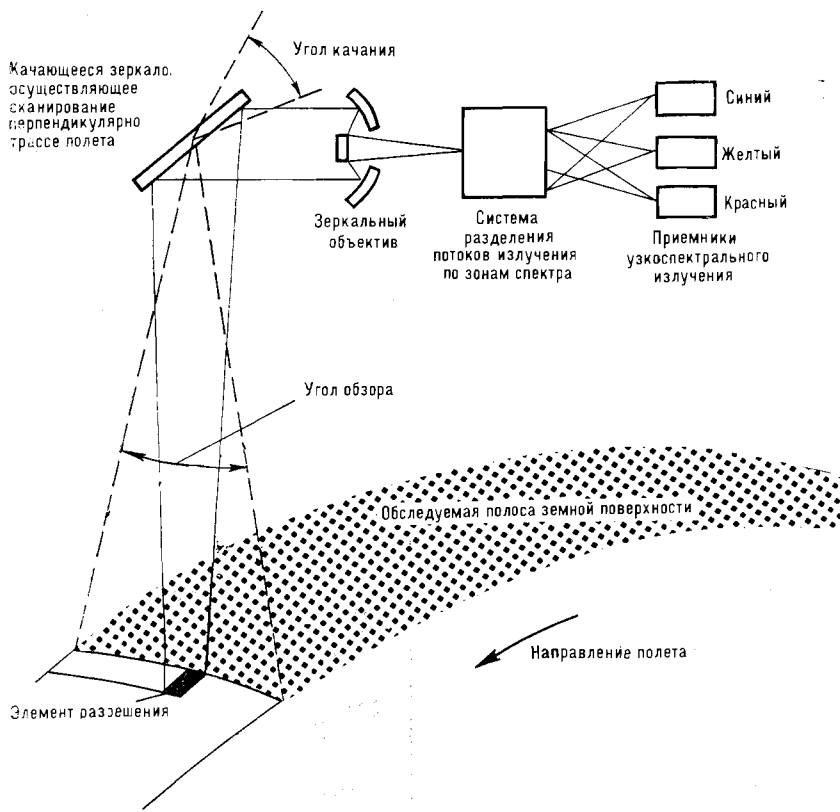
В отдельных случаях для решения узкого круга задач, требующих изме-

рения температуры земных образований, используют специализированные инфракрасные сканеры. В инфракрасной области излучения вести съемку с таким же разрешением, как в видимой области спектра, технически весьма сложно.

Многоспектральные съемки в видимой области спектра могут выполняться с помощью кадровых фотографических и телевизионных систем. При этом в комплект съемочной аппаратуры включают несколько (по числу зон) синхронно снимающих один и тот же участок камер, оснащенных различными светофильтрами.

И кадровые, и сканирующие многоспектральные устройства оптического диапазона электромагнитных волн нашли применение в системах изучения Земли из космоса. При этом были решены весьма нелегкие задачи сочетания большого разрешения (десятки метров) с захватом на земле полосы шириной в сотни километров. Была достигнута и необходимая геометрическая верность передачи

■ *Земные объекты в разных участках спектра по-разному отражают солнечное излучение. Измеряя характеристики спектрального излучения от различных объектов, мы можем их опознать*



изображений, позволяющая вести картографические работы.

На борту космического аппарата получают и радиоизображение объектов. Но если в оптическом диапазоне исследуемые наземные объекты в дневное зренье «безвозмездно» освещаются Солнцем, то при радиолокационных съемках их приходится

Принципиальная схема работы мультиспектрального сканера

облучать. Радиолокационные средства, хотя и обладают более низким разрешением, дают вполне удовлетворительные снимки исследуемых регионов. Помимо «всепогодности» радиолокационные средства обладают и другими весьма ценными свойствами. В частности, они позволяют получить рельеф местности, закрытой растительностью, при ледовой разведке хорошо выявляют структурные детали льда, дают возможность исследовать не только зем-

ную поверхность, но и подповерхностные слои.

Наряду с активными радиолокационными средствами весьма перспективно применение пассивных радиофизических систем — радиометров, измеряющих собственное излучение земных образований в радиодиапазоне электромагнитных волн. Радиометры позволяют измерять влажность почв, волнение водной поверхности, соленость воды в морях и океанах, вертикальное распределение температуры (температурный профиль) от поверхности Земли до космического аппарата и т. п. К недостаткам радиолокационных и радиофизических средств относятся их значительный вес и габариты, а также сравнительно большое энергопотребление, ограничивающее использование этих приборов в космосе.

Итак, в арсенале средств, используемых для изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды с помощью космической техники, имеется моно- и мультиспектральная фотографическая и телевизионная аппаратура кадрового типа, сканирующие устройства, приборы измерения ИК-излучения, радиометры, радиолокаторы.

«ЧТЕНИЕ» КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Получаемую из космоса мультиспектральную информацию о Земле необходимо «прочитать» — правильно истолковать, распознать заснятые объекты, определить их характеристики. Используя специальные полигоны — контрольные участки, расположенные в различных типовых при-

родных зонах и имеющие заведомо известные и постоянно контролируемые характеристики, можно получать регулярно обновляемые эталонные данные, необходимые для достоверного дешифрирования аэрокосмических снимков.

Указанные полигоны позволяют составить каталог типовых объектов и процессов, изучаемых и контролируемых аэрокосмическими средствами. В каталог включаются спектральные характеристики участков полей с различными культурами и в различных фазах созревания, лесов различных пород и возраста, почв различного типа и увлажненности, акваторий, горных районов, пустынь и т. д.; каталог включает и сведения о влиянии на эти характеристики различных внешних факторов.

Основной объем космической информации поступает на Землю по радиоканалу. По принятым сигналам можно сразу же воссоздать изображения обследуемых участков, но обычно эти сигналы предварительно подвергаются различным видам обработки, для чего эффективно использовать электронно-вычислительную технику.

ЭВМ позволяет отобразить информацию, интересующую тех или иных потребителей, рассортировать ее по районам, объектам и зонам спектра; выявить и исключить различные помехи, возникающие при получении, передаче на Землю и регистрации данных; осуществить привязку полученной информации к географической системе координат; трансформировать изображения в заданную проекцию карт и привести их к нужному масштабу; выполнить опреде-

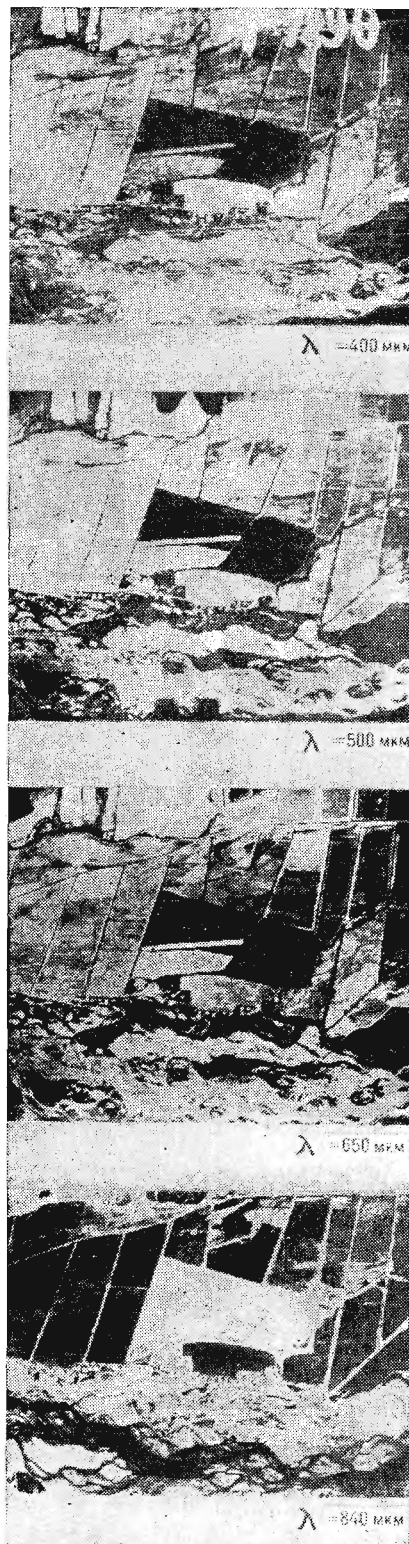
ленную тематическую обработку, облегчающую последующую интерпретацию и использование поступающих данных.

Обработку космических данных даже целая «армия» специалистов не выполнит вручную в нужные сроки. Кроме того, глаз человека — значительно менее чувствительный инструмент, чем устанавливаемые на спутниках приборы, не говоря уже о том, что он не воспринимает тепловое и радиоизлучение. По снимкам земной поверхности, переданным со спутника, специалист-дешифровщик легко заметит разные классы образований, но часто не улавливает различий внутри класса. Например, он не спутает сосновый лес с лиственным, но определить возраст леса он не может, так как различия снимков леса с изменением его возраста настолько малы, что глазом не воспринимаются. Спутниковые приборы улавливают эти оттенки хорошо, а ЭВМ может их проанализировать.

Следует также отметить, что человек, как правило, рассматривает одиночные снимки. С помощью биноклярных оптических приборов можно совместно анализировать два снимка. При съемке в разных зонах спектра мы получаем по четыре и более



Фотоснимки одного из районов орошаемого земледелия, полученные одновременно в четырех зонах спектра. Видны различия в яркостях одних и тех же полей. Эти различия позволяют распознавать виды сельскохозяйственных культур, оценивать их состояние, определять минеральный состав и влажность почв





изображений одного и того же участка земной поверхности, которые должны рассматриваться и анализироваться совместно. Без помощи электронно-вычислительной техники это сделать чрезвычайно трудно.

СБОР, ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В ходе и по окончании передачи со спутника на Землю природной информации производится ее первичная обработка. Выделяются сведения, имеющие срочный, оперативный характер, например данные о лесных пожарах, тайфунах, циклонах, наводнениях, паводках, движении лавин, извержениях вулканов и др. Об этих событиях вне очереди уведомляются соответствующие организации и службы. Затем принятые материалы по каналам связи и средствами транспорта поступают в специализированные центры, которые производят обработку этих материалов в соответствии с заданиями (запросами) потребителей. Подготовленные карты, снимки, таблицы, графики, магнитные записи оцениваются по их содержанию, масштабам, разрешению, спектрам съемки, качеству цвета, обзорности, ракурсам, допустимым геометрическим искажениям, проценту облачности, возможности последующей интерпретационной обработки на ЭВМ. После этого материалы отправляются потребителям. Одновременно по установленным и заранее известным всем потребителям формам создаются соответствующие фонды (каталоги, альбомы, микрофильмы, магнитофильмы

и др.), пользоваться которыми могут все заинтересованные хозяйственные и научные организации.

Системы изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды с использованием космической техники — перспективные комплексные системы большого народнохозяйственного значения. Уже в нынешней, начальной фазе своего развития и применения они весьма эффективны и приносят весомые результаты в деле изучения, использования и охраны природы. Вот лишь весьма небольшая часть практических задач, решенных с помощью космических средств: выявлены новые перспективные районы нефтяных и газовых месторождений (Сибирь, Туранская плита и др.); проведено картирование труднодоступных районов нашей страны (Памир, Горный Кавказ и др.); произведена оценка преобразования береговой линии и изучен характер осадконакопления в заливе Кара-Богаз-Гол (по материалам съемки с космического корабля «Союз-9»); на основании снимков с «Союза-9» и орбитальной станции «Салют» установлены и нанесены на карты новые крупные разломы, перспективные для поиска различных полезных ископаемых; проведено тектоническое районирование Центрального Казахстана, Тянь-Шаня, Тувы и других районов; получены новые сведения о территории Рудного Алтая — основной сырьевой базы полиметаллов (данные с орбитальной станции «Салют»); получены существенно важные сведения по нефтеносным районам Западной Сибири (по снимкам со спутников «Метеор»); внесены многочисленные изменения

в карты ряда районов Советского Союза и Антарктиды; произведена детальная ландшафтная съемка мелководной акватории северо-восточного Каспия у побережья полуострова Мангышлак (с помощью орбитальной станции «Салют» и пилотируемого космического корабля «Союз-12»); выявлены реки, озера и водоемы, в которых происходит интенсивный рост водорослей, вносятся илстые загрязнения — на основании этих данных разрабатываются мероприятия по их сохранению; обследованы обширные районы акватории Тихого океана на хлорофилл, а следовательно, и фитопланктон, что указывает на перспективность местонахождения в этих районах промысловых рыб и некоторых видов животных; получена оценка состояния и использования в ряде районов Средней Азии земель под различные культуры — хлопков, рис, клевер и др.

Применение космических средств в мирных целях, в частности, для изучения природных ресурсов Земли и рационального их использования, а также для охраны среды обитания человека — одна из важнейших и благородных задач нашего века.



Профессор
Д. Я. МАРТЫНОВ

Красный Сириус

Читатель, привлеченный странным заглавием этой статьи, наверно, изумится, а возможно, и воскликнет: «Не может быть!». Да, «острый Сириус», по выражению И. А. Бунина, белый, даже голубоватый Сириус был красным. По крайней мере так утверждал знаменитый астроном древности Птолемей. В своем не менее знаменитом «Альмагесте» он поместил Сириус в небольшую группу действительно красных звезд — Бетельгейзе, Антарес, Арктур, Альдебаран, Поллукс...

Столь необычное соседство отметил еще в 1760 году английский астроном Баркер, но лишь в 1874 году к этому факту вернулся известный датский астроном Шэллеруп, когда он опубликовал в Петербурге свой перевод замечательного сочинения персидского астронома X века Аль-Суфи. Это был звездный каталог, содержащий оценки блеска и цвета звезд, доступных невооруженному глазу. Разные звезды отмечены у Аль-Суфи как окрашенные, но Сириуса среди них не было: Аль-Суфи видел его таким же, каким видим его мы. Шэллеруп счел, что причина столь разительного расхождения между очень авторитетными астрономами II и X веков кроется в ошибке переписчика «Альмагеста», который не понял слово *Σείριος* — Сириус — и заменил его на *υπέρροζ* — огненно-красный, хотя Птолемей сравнивает Сириус скорее с Марсом, чем с такими красными звездами, как Бетельгейзе или Антарес. Быть может, Аль-Суфи пользовался тем экземпляром «Альмагеста», который не содержал указанной ошибки, а может быть, авторитет

В начале нашего летосчисления авторитетные ученые отмечали Сириус в числе красных звезд. Астрономы конца прошлого столетия и начала нынешнего в большинстве отвергали этот факт на основе современных представлений об эволюции звезд. Нынешние представления не исключают возможности, что спутник Сириуса — белый карлик — был красным гигантом. Только времени на такое превращение не хватает — тысячелетие слишком короткий срок. Как выйти из затруднения!

Птолемея у средневековых арабских ученых был так высок, что, даже видя свое расхождение с ним, Аль-Суфи не решается высказаться открыто и обходит вопрос молча.

Однако в 90-х годах прошлого столетия против объяснения, данного Шэллерупом, решительно выступил американский астроном Си. Наоборот, крупнейший среди астрономов знаток античной и доантичной астрономии и астрологии, открыватель каналов на Марсе Дж. Скиапарелли высказался за то, что Сириус и в начале нашего летосчисления выглядел таким же, каким мы видим его сейчас. В спор вмешались другие астрономы. Шайнер из Потсдамской обсерватории заявил, что изменение цвета Сириуса от красного к белому невозможно; директор той же обсерватории, спектроскопист Фогель, напротив, дипломатично утверждал, что «в небесах все возможно». Авторитетнейший в конце прошлого и в начале нынешнего века астроном С. Ньюком в своей известной книге «Звезды» соглашался со Скиапарелли, а венский профессор Холчек в 1918 году развивает дальше аргументацию Скиапарелли.

Во всех этих высказываниях, кроме соображений исторического характера, в скрытой или явной форме проявляется чисто астрономический подход к вопросу о звездной эволюции и, в частности, распространенная в начале нашего столетия идея о развитии звезды от горячей стадии к холодной (вспомните рассказ «Путешественника» в «Машине времени» Г. Уэллса). Фогель — чистый экспериментатор — не убежден в истин-



ности этой идеи, но и не может ее опровергнуть.

Между тем теория звездной эволюции прогрессировала, и в середине 20-х годов нашего столетия возможность обратного направления в развитии звезды — от красной к белой — уже признавалась реальной. Кроме того, стало совершенно ясным, что спутник Сириуса, Сириус В — звезда весьма своеобразная. Будучи очень малых размеров (порядка размеров Земли), он имеет массу Солнца и, следовательно, непомерно большую плотность. А температура его поверхности высока — не меньше, чем главной звезды, Сириуса А. Это был первый открытый белый карлик.

В 1927 году в авторитетнейшем журнале «*Astronomische Nachrichten*» появляется новая работа Си. Вопрос о Сириусе в ней рассматривается с тех же позиций, что и в 90-х годах, но обстоятельнее и с еще большей настойчивостью автор утверждает, что во времена Птолемея Сириус был красным.

Не менее уверенно высказывает то же мнение пять лет спустя крупнейший шведский астрофизик К. Лундмарк. Он основывается почти исключительно на астрономических соображениях. Идея невозможности эволюции звезды от красной к белой совсем не тяготеет над ним. Лундмарк очень хорошо знает, что Сириус В — необычная звезда. Уже много накоплено сведений об изменениях физического состояния звезд и взрывным, и консервативным путем. Уже установлено, что звезда может менять свой блеск в добрую тысячу раз на протяжении столетия,

как это случилось со звездой η Киля. А вот каким образом? — начинает проясняться лишь в середине XX века.

Но вернемся ненадолго ко временам античности.

Сириус, как самая яркая звезда на небе, играл заметную роль и в идеологии, и в обрядах Древней Греции, Египта, Рима. У египтян на протяжении тысячелетий первый замеченный в данном году восход Сириуса на фоне утренней зари, почти в лучах восходящего Солнца (гелиакический восход) обещал наступление половодья на Ниле. Сириус полубожествляли, считая, что он — Сотис, слеза Изиды; слеза эта, упав, переполняет верховья реки. В то же время и в Греции и в Риме появление Сириуса на небе знаменовало наступление изнуряющей жары. Древние астрономы помещали его в морде Большого Пса — *Canis Major*, и оттого эти дни назывались «каникулами». У нас же, у северян, наступают «собачьи холода», когда Сириус царит на зимнем звездном небе. Понятно, что он был предметом пристального внимания и философов, и астрологов, и простого люда.

Само название Сириус греческого происхождения. Но употребляется оно редко, гораздо чаще говорят о Псе, Собаке, видя в главной звезде представителя всего созвездия. Под таким именем Сириус встречается у многих писателей, начиная с Гомера и кончая римскими авторами II века н. э. В эту же пору жил и Птолемей. Он тоже избегает названия Сириус, а говорит о самой яркой звезде в пасти Пса, «называемой собачьей звездой и красной». Красной же ее

называют и многие писатели. Между тем для убаготворения небесного Пса в пору каникул древние греки еще в III веке до н. э. приносили в жертву рыжую собаку — обычай, перешедший позже в Рим и процветавший в эпоху Антонинов (II век н. э.).

Пожалуй, наиболее серьезным подтверждением оценки цвета Сириуса Птолемеем служит утверждение Сенеки, сделанное им за столетие до Птолемея: «...но краснота Собачьей звезды глубже, Марса — мягче, ее нет совсем у Юпитера, великолепие которого обращается к чистому свету...».

Итак, мы имеем основания считать, что Сириус в начале I тысячелетия н. э. был красным, а в конце его (ок. 980) белым. Когда произошло изменение, неизвестно. И было ли оно внезапным или постепенным, тоже неизвестно. Уже в III веке н. э. эллинистическая наука клонится к закату. Даже более крупные явления проходят незамеченными, и только в IX веке астрономия возрождается у арабов (в их числе и Аль-Суфи).

Но может ли астрономия XX века объяснить происшедшую с Сириусом метаморфозу, и если — да, то не поможет ли эта метаморфоза объяснить некоторые вопросы эволюции звезд?

Сириус — одна из очень близких к нам звезд. Он лишь в 2 раза дальше от нас, чем самая близкая к нам система трех звезд α Центавра. Его расстояние от Солнца составляет всего 2,7 пс — меньше 9 световых лет. Это — нормальная звезда спектрального класса A1 и умеренной температуры, около 10 тыс. градусов. Ее радиус равен 1,7 радиуса Солнца, а абсолютная звездная величина 1,4 — такой блеск имел бы Сириус на расстоянии 10 пс.

Уже более столетия Сириус известен как двойная звезда. Его спутник, Сириус В, обращается вокруг общего центра масс системы с периодом 50 лет на среднем расстоянии от главной звезды — Сириуса А — 18,5 а. е. Сириус В имеет абсолютную звездную величину 10,92, то есть слабее Сириуса А более чем в 6 тыс. раз, будучи горячее Сириу-



са А — по последним измерениям температура Сириуса В 24 тыс. градусов. Такое может быть только при очень малом радиусе. Вычисления приводят к радиусу Сириуса В порядка радиуса Земли. В двойной системе можно определить массы звезд. У Сириуса А она равна 2,31 солнечной, у Сириуса В — 0,98, чуть меньше массы Солнца. По всем этим характеристикам Сириус В относится к белым карликам. Белые карлики нельзя считать нормальными звездами, но они не так уж малочисленны в мире звезд.

По современным представлениям, звезда образуется из сгущения газопылевой материи. При этом она разогревается и, когда температура в центре ее поднимается до 10 млн. градусов, в ней включается в полную силу такой термоядерный источник энергии, как объединение четырех ядер водорода в одно гелиевое ядро. Звезда малой массы излучает мало, и ее водородный запас расходуется медленно, у массивной же звезды «сгорание» водорода идет быстро, звезда на первых порах разогревается сильно, так что даже на ее поверхности температура достигает 15—20 тыс. градусов. Но по мере выгорания водорода размеры звезды начинают увеличиваться, а температура падать до 4—3 тыс. градусов. Звезда превращается в красного гиганта. Ее масса остается той же — порядка 2—5 масс Солнца, а радиус превышает солнечный по крайней мере в 10 раз.

Ядро такого гиганта постепенно уплотняется и разогревается. Когда его температура достигает 100 млн. градусов, включается новая ядерная

реакция — объединение трех ядер гелия в одно ядро углерода. Такая гелиевая вспышка длится недолго, но вызывает крупные изменения облика звезды, которые теория не в состоянии проследить детально и до конца. Все же наблюдательные данные подсказывают, что поверхность звезды снова становится горячей, а химический состав ее — преимущественно гелиевый, она бедна водородом. Те же наблюдательные данные свидетельствуют в пользу такой эволюции: гелиевая звезда имеет очень уплотненное ядро, и если масса звезды велика, больше 2—3 масс Солнца, звезда сбрасывает с себя оболочку. Оставшееся ядро испытывает катастрофическое сжатие (коллапс), приобретает колоссальную плотность и начинает существовать либо в форме черной дыры, либо нейтронной звезды, либо белого карлика. Последнее — в случае, если оставшаяся масса невелика, порядка 1,0—1,5 солнечной и даже меньше.

Из сказанного ясно, что белый карлик много старше нормальной белой звезды. Но мы убеждены, что в двойной системе обе звезды образовались одновременно. Значит, одна из них, именно белый карлик, прошла свой жизненный путь быстрее другой, так сказать, преждевременно состарилась. Это возможно для звезды большой массы. В системе Сириуса Сириус В менее массивен. Поэтому, чтобы понять нынешнюю структуру этой системы, необходимо признать, что в прошлом Сириус В был более массивным, но сбросил значительную часть своего первоначального вещества.

Как это могло случиться?

Если сбрасывание вещества происходит быстро, вспыхивает сверхновая звезда: блеск звезды возрастает в 10—100 млн. раз, а потом медленно падает в течение десятилетия или дольше. Но можно представить себе и гораздо более спокойный процесс, когда под влиянием излучения изнутри звезда освобождается от внешних частей, которые расплываются в пространстве, образуя планетарную туманность. Ядра таких туманностей — очень горячие (до 100—200 тыс. градусов) маленькие звезды, то есть белые карлики.

Известен и третий путь эволюции, специфический для двойных систем. Можно представить себе такой ход событий: Сириус В, первоначально более массивный, опередив в развитии своего партнера — Сириуса А, расширился, превратился в красного гиганта и его периферические части настолько приблизились к Сириусу А, что стали перетекать на него, увеличивая массу Сириуса А и ослабляя свою, пока у Сириуса В не осталось $\frac{1}{3}$ первоначальной массы. Такая перекачка массы сопровождается сперва уменьшением взаимного расстояния звезд, а потом, когда массы сравняются, — их взаимным удалением и, естественно, удлинением орбитального периода. Расчеты показывают, что таким путем может получиться двойная система с периодом не больше 2,8 года. В системе же Сириуса период равен 50 годам. Значит, эта эволюционная схема не годится. Но ей может прийти на помощь неучитываемая до сих пор потеря массы системой в целом — то, что является главным в двух других эволюционных моделях.

Обе они пригодны для объяснения «красного Сириуса», но обе наталкиваются на одно и то же затруднение: эволюция звезды от красного гиганта до белого карлика требует миллионов лет, мы же располагаем всего лишь восемью столетиями — от II до X века. Конечно, процесс мог начаться задолго до II века и II век застал систему Сириуса уже в стадии, близкой к заключительной, когда она еще выглядит красной или красноватой. Скажем, общий блеск системы складывался наполовину из чисто белого света Сириуса А и наполовину из красного света Сириуса В. Это было давно. Давно — с точки зрения человеческой, а в звездной эволюции тысячелетие — очень короткий промежуток времени. Однако, если 18 столетий назад из массивного тогда Сириуса В шло истечение вещества (что наблюдается у многих звезд-гигантов), как далеко мог зайти этот процесс?

Наблюдения планетарных туманностей подсказывают нам, что в таком случае вокруг Сириуса В, а проще, вокруг системы Сириуса, должна существовать газовая туманность на угловом расстоянии до 1° . Возможно, мы ее увидели бы, если бы не соседство очень яркого Сириуса А. Сам он обладает слишком низкой температурой, чтобы своим излучением возбудить свечение туманности. Сириус В — более горячий, но его светимость слишком мала, чтобы возбудить дальше, чем самые близкие к нему части туманности. А тут все заливают своим светом яркий сосед! Да и есть ли они, эти близкие части? Ведь истечение материи давно прекратилось! Можно надеяться обнару-

жить туманность только при внеатмосферных наблюдениях в далекой ультрафиолетовой области.

Таким образом, медленная отдача значительной доли своей массы Сириусом В не противоречит наблюдениям, но и не подкрепляется ими. Не свободны мы и от сомнений, могло ли перетекание вещества осуществиться за несколько столетий?

Вернемся к первой модели эволюции. Если Сириус В полтора тысячелетия назад взорвался, то взрыв должен был привести к заметному увеличению эксцентриситета орбиты, а он сейчас действительно велик — 0,58. Исходя из этого, а также из нынешнего периода обращения в системе Сириуса и особенностей его движения в пространстве, можно подсчитать основные характеристики системы до взрыва. Подсчеты дают первоначальную массу Сириуса В 2,9 солнечной. Вместе со своим партнером он двигался вокруг общего центра масс по орбите размером 26 млн. км с периодом обращения 12 суток.

Здесь все правдоподобно, кроме самого факта взрыва. Сброс почти двух солнечных масс, конечно, должен был вызвать вспышку сверхновой звезды, которая должна была увеличить блеск Сириуса против прежнего до —11-й или —13-й звездной величины, то есть сделать его сравнимым с блеском Луны. Звезда была бы видна без труда и днем и, может быть, год-два. Могло ли это пройти незамеченным?

IV—X столетия в Европе были временем глубокого упадка всех наук, точнее, наук не существовало вовсе. Даже в XI веке в европей-

ских источниках совершенно не отражена вспышка Сверхновой 1054 года, которую, однако, отметили арабы, китайцы, японцы! Правда, в VI—VIII веках не было еще и арабской культуры, именно в VII столетии арабские завоеватели Египта довели разрушение александрийской библиотеки до конца. Но оставались японцы и китайцы. В их хрониках ничего интересного для нас не содержится. Или вспышка случилась перед «каникулами» и была непродолжительной?

Правда, летописцы часто отмечали появление «звезды-гостя». Но они могли оставить без внимания увеличение блеска самой яркой звезды на небе. И если бы блеск Сириуса возрос, скажем, на 4—5 величин, это вполне могло не найти отклика в старинных хрониках. Но тогда нужно считать, что вспышка была не такая, как у «настоящих» сверхновых, а, так сказать, как у «полусверхновых».

Современная астрономия знает немало вариантов вспышек звезд, которые рождают подозрения, не есть ли это отклонившийся от стандарта, неканонический феномен сверхновой, растянувшийся на долгие годы или столетия. Мы называли уже звезду η Киля. В XVII столетии ее отмечали звездой 3—4-й величины, в XVIII — даже 2-й, в начале XIX—4-й, а к середине XIX столетия она могла соперничать в блеске с Сириусом и Канопусом, достигнут — 1-й величины! К концу столетия она ослабела почти до 8-й величины, а сейчас стала раза в 2—3 ярче. Противоположный процесс медленного, но неуклонного на протяжении последних 80 лет увеличения блеска в 40—50 раз происходит у звезды FG Стрелы. «В небесах все возможно...», как сказал Фогель!

Красный Сириус Птолемея и Сенеки требует от теории поисков возможности таких процессов, которые еще не подвергались математическому анализу и физическому рассмотрению, — процессов, которые позволяют звезде сбросить в течение одного-двух столетий значительную часть своей массы, не вызывая слишком большого изменения блеска.



Кандидат физико-математических наук
Л. В. КСАНФОМАЛИТИ

Меркурий — брат Луны

Черное небо. Раскаленная горячими лучами близкого Солнца безжизненная поверхность. Причудливые скалы погружены в озера расплавленного металла. Ослепительный солнечный свет и глубокие черные тени. Таким представлялся Меркурий лет 15 назад.

В то время ученые уже располагали сведениями о высокой температуре на дневной стороне Меркурия, вполне достаточной для плавления свинца. Была известна орбита Меркурия, менее точно — его масса, диаметр и средняя плотность. Астрономы легко определяют массу планеты, если у нее есть спутник. Но у Меркурия спутников нет. Приходилось пользоваться трудно оцениваемым влиянием Меркурия на орбиты планет, в частности, на орбиту малой планеты Эрос. Неважно обстояли дела с изучением поверхности Меркурия. Хотя минимальное расстояние между ним и Землей всего 80 млн. км, наблюдать планету в это время не удается из-за близости ее к Солнцу (по направлению). Но даже в наибольшем удалении от Солнца (около 29°) яркий солнечный свет очень мешает наблюдениям этой планеты. Лишь самые опытные астрономы-наблюдатели утверждали, что они различают какие-то пятна на поверхности Меркурия. Однако составленные ими карты не совпадали. Неоднократно предпринимались попытки обнаружить разреженную атмосферу Меркурия. (Сейчас ученым уже известно, что она настолько разрежена, что искать ее с Земли было совершенно бесполезно.) Так следует ли, зная все это, противопоставлять наивному рисунку наше сегодняшнее знание?

Когда астрономы впервые увидели фотографии поверхности Меркурия, сделанные с близкого расстояния, их поразило ее удивительное сходство с лунной поверхностью: те же многочисленные кратеры, светлые лучи, прямые долины. Но, в отличие от Луны, Меркурий обладает собственным магнитным полем, а высокая средняя плотность планеты указывает на существование у нее массивного ядра.

РАДИОЛОКАТОР НАХОДИТ ОШИБКУ

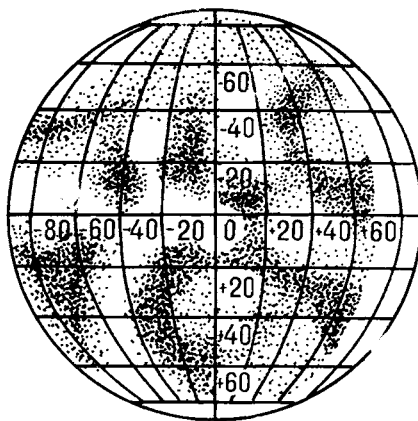
Меркурий — самая близкая к Солнцу планета. Порою высказывались предположения, что внутри орбиты Меркурия существует еще одна небольшая планета. Сейчас можно смело утверждать, что такой планеты нет.

Меркурий движется по сильно вытянутой орбите, наклоненной к плоскости орбиты Земли (эклиптике) на 7°. Орбита Меркурия такова, что его расстояние от Солнца меняется от 0,31 до 0,47 а. е. Среднее расстояние планеты от Солнца составляет 0,39 а. е., или 58 млн. км. Солнечный свет достигает поверхности Меркурия за три минуты. (Среднее расстояние до Земли 149 600 тыс. км, или 1 а. е., свет проходит за 8 минут 20 секунд.)

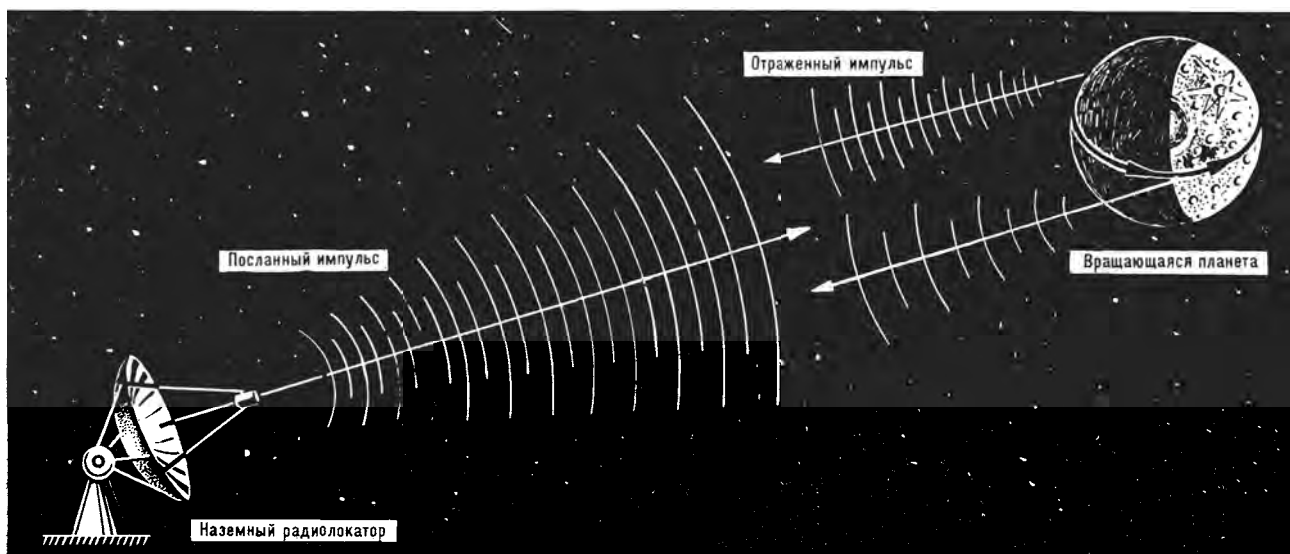
Среди планет Солнечной системы Меркурий — рекордсмен по спринту: скорость его движения на орбите 58 км/с — вдвое больше, чем Земли. На один оборот вокруг Солнца Меркурий затрачивает 88 земных суток.

Еще совсем недавно считалось, что вращение Меркурия синхронно с его движением вокруг Солнца, поэтому он всегда обращен к дневному светилу одним полушарием, как Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Действительность оказалась куда интереснее. И чтобы узнать истину, не потребовались космические аппараты. Решение было получено радиолокационным методом, которым можно пользоваться, «не выходя из дому».

В 1965 году 300-метровый радиотелескоп в Аресибо послал мощный радиопульс в сторону Меркурия.



Карта поверхности Меркурия, составленная О. Дольфусом в результате наземных наблюдений



Этот радиоимпульс сначала отразился небольшим «пятачком» в центральной области планеты и устремился во все стороны, в том числе и к антенне пославшего его радиолокатора. Возвратившийся импульс так слаб, что необходимо все могущество современной радиотехники, чтобы, как говорят радиоинженеры, выделить его. Вслед за первым импульсом пришел второй, отраженный примыкающим к «пятачку» узким кольцом. Расстояния всех точек этого кольца до радиолокатора равны между собой. А на очереди уже было третье, четвертое кольцо, и так до последнего, ограничивающего диск планеты. (Конечно, в действительности отдельных колец не существует и весь процесс отражения радиосигнала непрерывный.) Дальняя от радиолокатора сторона планеты находилась в радиотени, и потому от нее ничего не отразилось. Изучая пришедшие с разным запаздыванием импульсы, можно, например, найти, как меняются на данной длине волны отражательные свойства Меркурия. Но главное — впереди.

Поскольку планета вращается, импульсы, отраженные каждым кольцом, не совсем однородны. Частота, на которой был принят сигнал, не равна точно частоте посланного импульса. Так как в своем движении

вокруг Солнца Земля и Меркурий либо удаляются друг от друга, либо сближаются, возникает эффект Доплера и частота смещается. Намного ли? Для Меркурия наибольшее смещение сигнала радиолокатора, который работает на длине волны 10 см, составляет 500 кГц — огромная величина по радиотехническим меркам. Однако этим дело не ограничивается. Меркурий вращается, а потому западная (левая) его сторона движется навстречу импульсу, вызывая дополнительно положительный доплеровский сдвиг, восточная же (правая) удаляется от него и дает отрицательный доплеровский сдвиг. Эти сдвиги, их называют остаточными разностями, на экваторе у Меркурия составляют 32 Гц — величина вполне измеримая.

После анализа остаточных разностей отраженного от Меркурия сигнала удалось определить скорость вращения планеты. Вот эти-то данные никак не согласовывались с уже записанным в конце задачи ответом, полученным раньше из оптических

■ Отражение радиоволн вращающейся планетой. Вследствие вращения возникают разности в доплеровских сдвигах: частота сигнала, отраженного движущимся на наблюдателя краем планеты, несколько возрастает, от наблюдателя — убывает

наблюдений. И тогда ученые поступили так же, как поступает иной школьник, у которого не сходится ответ, — они сказали, что в задачке ошибка! И были правы.

Еще до радиолокации Меркурия астрономы не сомневались в том, что при сближении с Землей Меркурий всегда повернут к ней одной стороной. И это было верно. Но и только! А ведь отсюда был сделан вывод о синхронном движении Меркурия. Конечно, можно было допустить, что между противостояниями Меркурий делает целое число оборотов вокруг своей оси, но это представлялось маловероятным. И тем не менее вращение планеты вокруг оси таково, что, проходя перигелий, Меркурий поочередно обращен к Солнцу то одной, то другой стороной. За $\frac{2}{3}$ своего года он завершает полный оборот вокруг оси. Засвидетельствовав свое уважение к владыке — Солнцу, Меркурий к тому моменту, когда он окажется на линии Солнце — Земля, успевает оборачиваться к последней всегда одной и той же стороной. Такая сложная синхронизация, по-видимому, объясняется приливным воздействием Солнца и вытянутостью орбиты Меркурия.

Солнечные сутки длятся на Меркурии 176 земных дней. Но перемещение Солнца по меркурианскому небу



было бы непривычно для нас. Движение планеты по сильно вытянутой орбите в сочетании с медленным вращением вокруг оси приводит к тому, что Солнце может остановиться в своем видимом перемещении по меркурианскому небу и даже вернуться назад. В некоторых зонах планеты восходы и заходы Солнца наблюдаются дважды в сутки, причем подняться и опуститься Солнце может как на востоке, так и на западе. Все это светопредставление (иначе и не скажешь!) длится регулярно по две недели — «утром» и «вечером», если здесь годятся наши привычные понятия. Очень долгие — по одному меркурианскому году — день и ночь почти не подвержены сезонным изменениям, ибо полярная ось Меркурия слабо наклонена к плоскости орбиты.

Таковы были наши знания о Меркурии в начале 1974 года, очень урожайного года в исследовании планет, когда люди впервые увидели поверхность Меркурия. Изображения его поверхности передали на Землю телевизионные камеры «Маринера-10» — космического аппарата, запущенного в конце 1973 года в США. «Маринер-10» — аппарат пролетного типа. Исследования Меркурия и Венеры он проводил в процессе кратковременного сближения с планетами. Вначале он пролетел около Венеры, а затем возле Меркурия, к которому он возвращался еще дважды, обогнув Солнце.

МЕРКУРИЙ ИЛИ ЛУНА?

На телевизионных снимках Меркурия астрономы увидели поверхность, сплошь покрытую кратерами и внеш-

не неотличимую от Луны. Правда, на Луне кратеры более крупные. Одна из причин этого — большее ускорение свободного падения на Меркурии (368 см/с^2), чем на Луне (162 см/с^2). На Меркурии есть крупные кратеры, диаметр которых несколько десятков километров, и более мелкие — вплоть до 50 м. — Таково было разрешение лучших телевизионных снимков.

Поверхность любой планеты, как своеобразный «дневник», рассказывает о событиях той поры, когда формировалась эта поверхность. На крупных, но сильно разрушенных меркурианских кратерах заметны более молодые и более мелкие кратеры. Значит, Меркурий бомбардировали сначала глыбы всяких размеров, а потом все более мелкие, следами которых усеяны древние кратеры. Но случилось, что крупные метеоритные тела врезались в поверхность Меркурия и на поздней стадии. И еще одну важную «засечку» последовательности событий можно разглядеть на снимках. Дно отдельных кратеров залито потоками лавы. Извержения происходили после выпадения основного объема метеоритного вещества и даже после появления мелких кратеров на дне больших. Редкие и сравнительно мелкие глыбы выпадали на поверхность уже застывшего лавового потока.

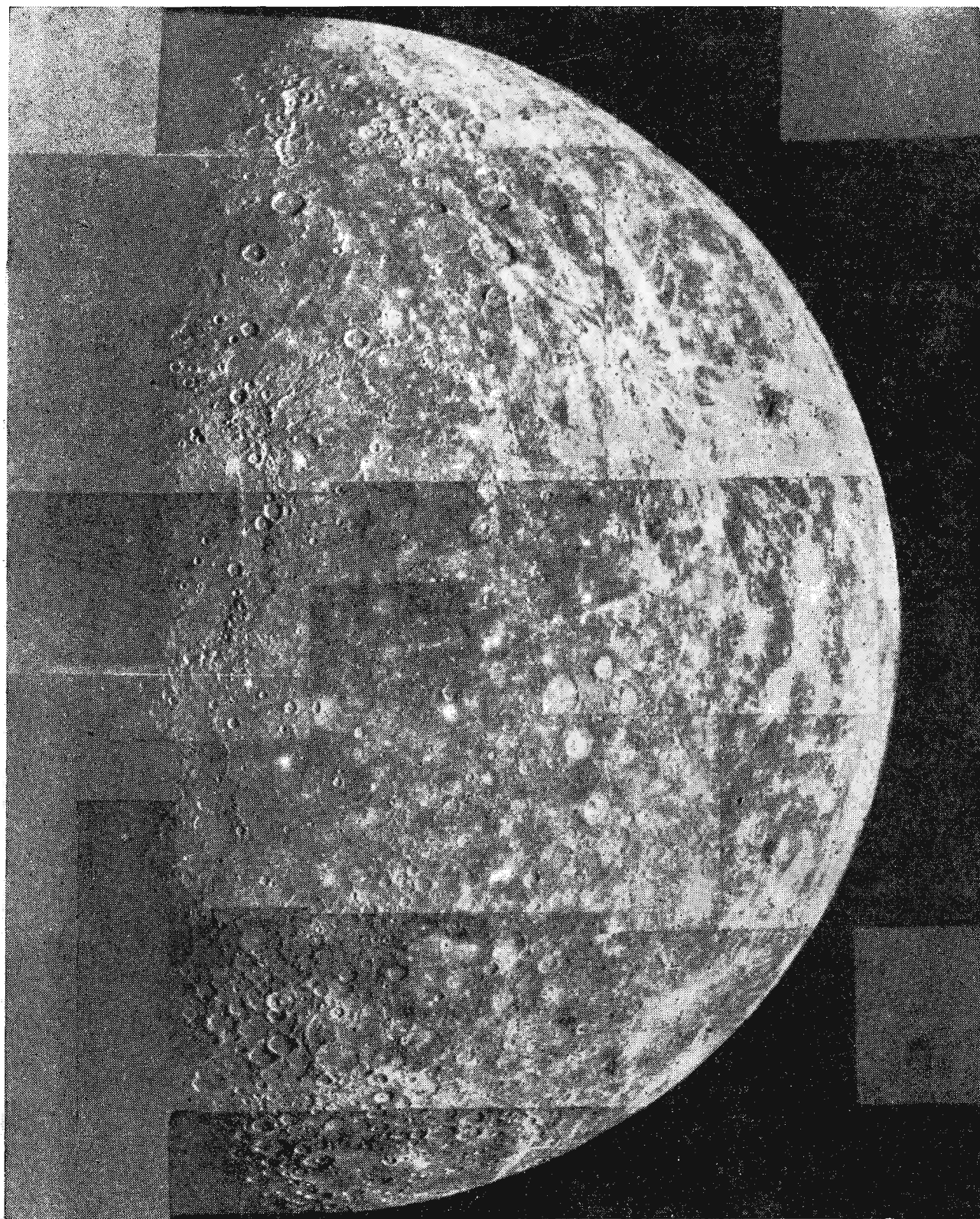
Что, казалось бы, дают все эти «до» и «после»? — Очень многое. В природе все датировано. Сейчас мы умеем читать часть этого календаря и знаем, что поверхность Меркурия формировалась давно, 4—4,6 млрд. лет назад. Об этом говорит

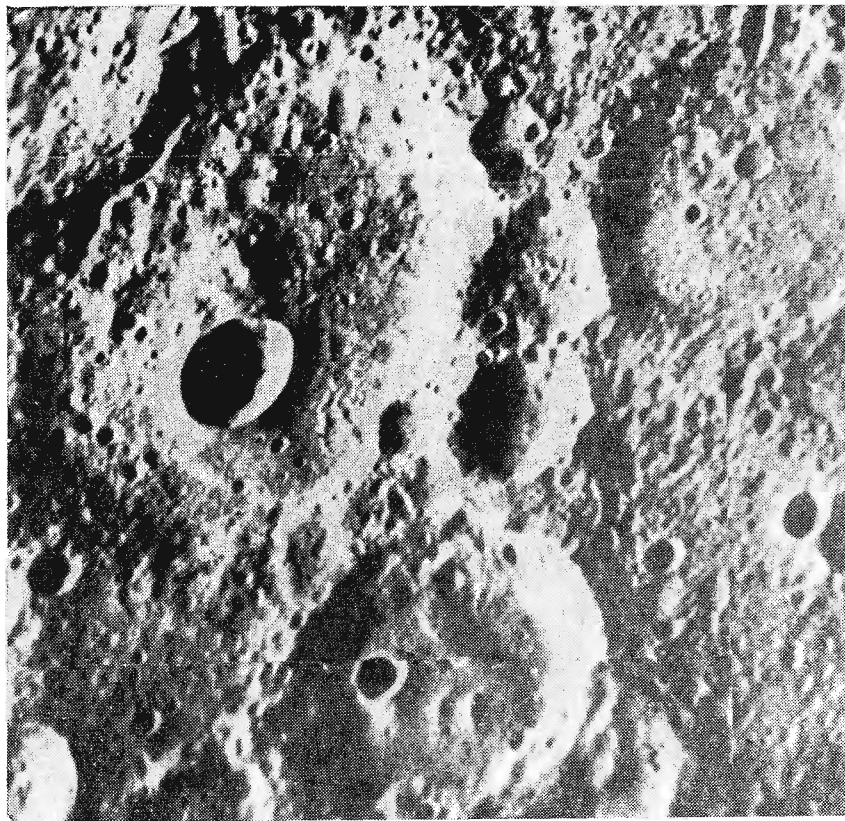
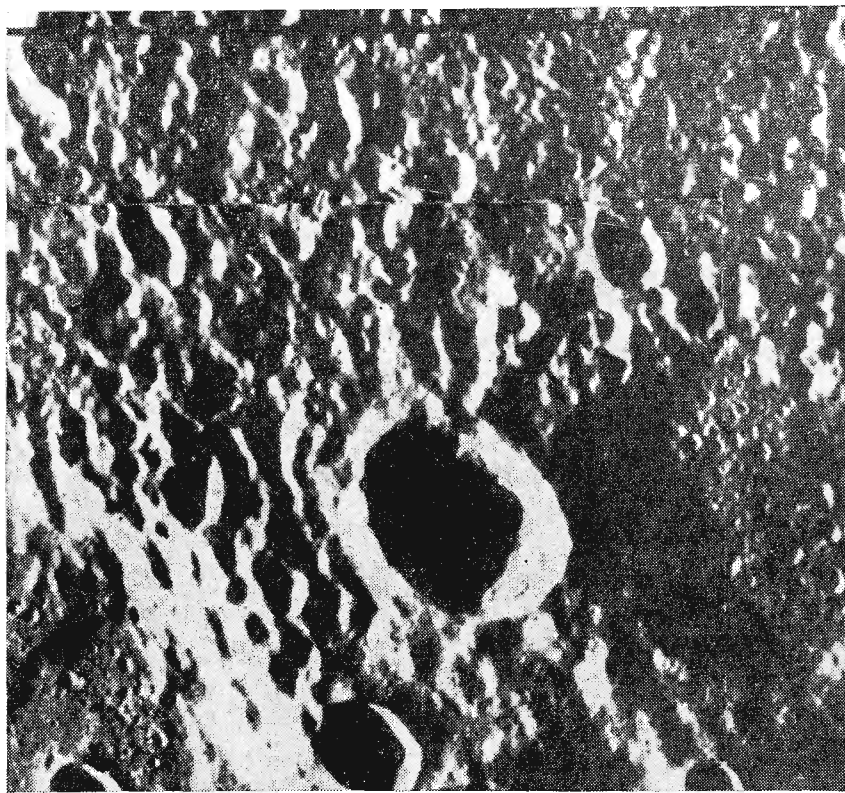
такая же картина поверхности Луны, возраст образцов которой определен непосредственно.

Во многих небольших меркурианских кратерах видны центральные горки. Такие горки хорошо знакомы по лунным пейзажам. Еще одна примечательная деталь на снимках Меркурия — прямая долина. И точно по заказу, такая же долина известна на Луне. Сходство внешнего вида Луны и Меркурия поразительно. Даже мелкораздробленный материал, которым покрыт Меркурий, обладает такими же фотометрическими и поляризационными свойствами, как у Луны. По имеющимся данным, это — анортозитовые породы, происхождение которых обязательно требует, чтобы геологическая история планеты включала магматическую дифференциацию недр («Земля и Вселенная», № 1, 1975, стр. 22—28. — Ред.).

Некоторые кратеры Меркурия имеют систему лучей, простирающихся на огромные расстояния. На Луне такими же лучами обладает ряд кратеров, например знаменитый Тихо. Яркость этих лучей регулярно усиливается к полнолунию, а затем снова ослабевает. Происхождение их, по-видимому, связано с ударным возникновением больших метеоритных кратеров. При ударе о поверхность крупного метеорита огромное количество вещества выбрасывается на значительное расстояние, образуя вторичные кратеры. Их цепочки и

■
Меркурий (монтаж из первых снимков, переданных «Маринером-10»). В районе терминатора видно наполовину освещенное Солнцем Mare Caloris





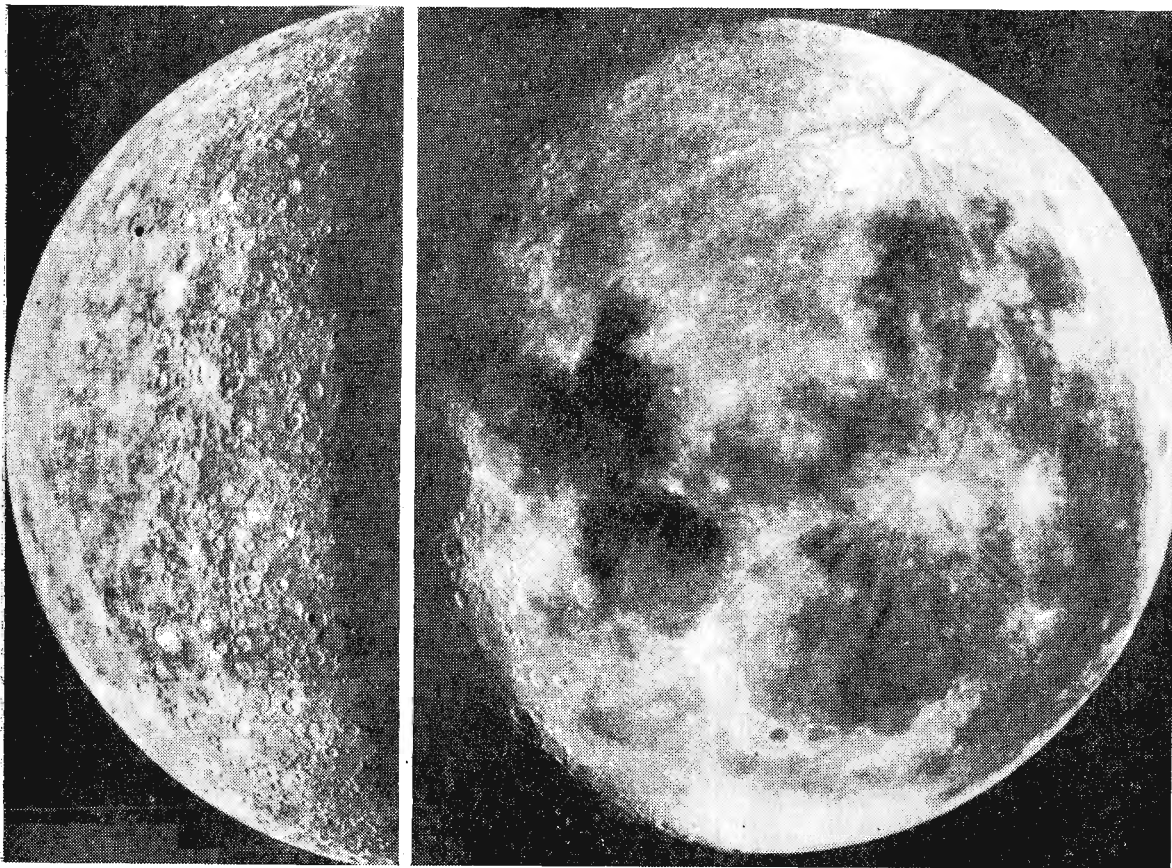
складываются в венец «лучей». Долгое время было неясно, почему лучи светлые? Наиболее вероятная причина — «космический загар»: поверхность планеты, лишенной атмосферы, приобретает темную окраску под действием длительного облучения протонами солнечного ветра. Увеличение яркости к полнолунью объясняется тем, что дно в мелких кратерах отражает свет в основном по тому же направлению, откуда приходят солнечные лучи.

Может возникнуть вопрос: если сходство Меркурия и Луны так велико, есть ли здесь вообще что-нибудь новое? Может быть, «выучив урок» о Луне, мы все знаем о Меркурии? Оказывается, новое есть.

На первых снимках Меркурия только в районе терминатора было видно гигантское Mare Caloris (Море Жары), на Луне же моря занимают обширные пространства. На Меркурии часто встречается совершенно

■
Поверхность Меркурия. Почти в центре снимка виден хорошо сохранившийся 25-километровый кратер, чуть правее расположен кратер поперечником 45 км. На дне его можно разглядеть мелкие кратеры, образовавшиеся позднее. Слева, внизу находится 60-километровый кратер, дно которого несет следы извержения лавы

■
Участок поверхности Меркурия. «Свежий» кратер диаметром 12 км (почти в середине снимка) имеет центральную горку, которая хорошо знакома нам по лунным фотографиям



новая для нас деталь поверхности — эскарпы. Это — обрыв высотой 2—3 км, разделяющий два, в общем, ничем не отличающихся района. Протяженность такого обрыва составляет сотни и тысячи километров. Местами эскарпы перекрываются крупными кратерами или, наоборот, пересекают их. Похоже, что происходило сжатие Меркурия, сдвиги и наползание отдельных участков его коры. Такое явление не известно ни на Луне, ни на Марсе, но в несколько ином виде встречается на Земле.

Высоты кратерных валов, центральных гор, обрывов оценены только предварительно по длине отбрасываемых теней. Эти высоты значительно меньше, чем на Луне, и не превышают 2—4 км. Лунные Скалистые горы возвышаются на 5,8 км.

ВЕЧНАЯ ТЕРМООБРАБОТКА

На каждый квадратный метр земли, расположенный перпендикулярно падающим лучам, Солнце посылает 1,4 кВт в секунду. При тех же

■ *Западное полушарие Меркурия. Кратер с лучами (примерно в центре снимка) получил имя известного исследователя планет Дж. Койпера. Такие же светлые лучи встречаются вокруг некоторых лунных кратеров*

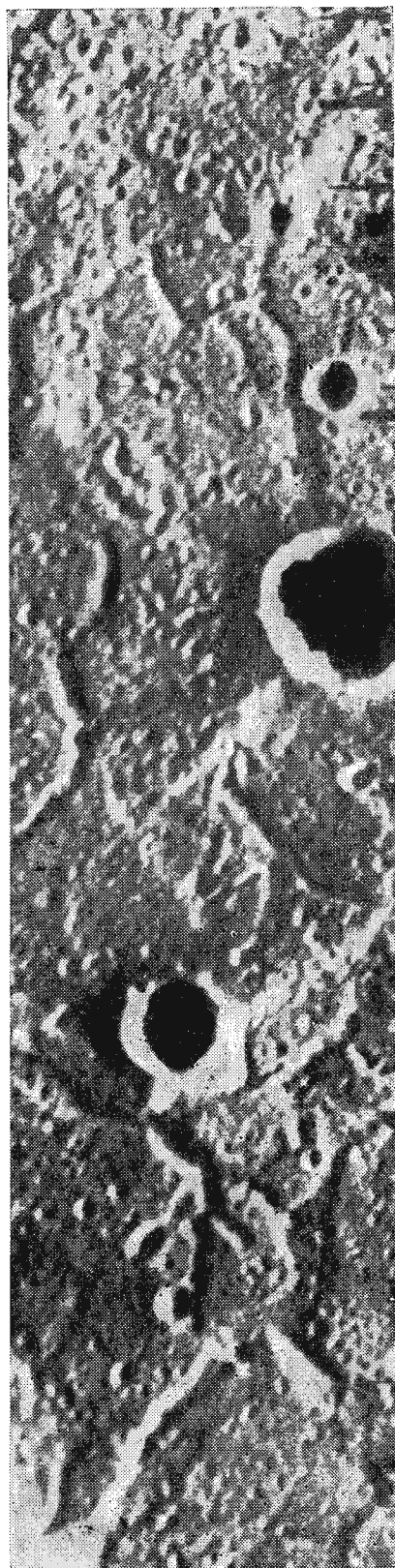
■ *Луна. Наиболее заметный кратер с системой светлых лучей — Тихо. Лучи представляют собой цепочки вторичных кратеров, образованных в результате выбросов поверхностного материала*

условиях Меркурий получает более 9 кВт.

Поверхность Меркурия очень темная. Она лишена ярких цветовых оттенков. Вследствие ее плохих отражательных свойств только 7—10% падающего света рассеивается в пространство, остальное поглощается. Около 8 из 9 кВт уходит на нагрев каждого квадратного метра поверхности Меркурия в подсолнечной точке (где Солнце в зените). Поверхность в течение длинного меркурианского дня нагревается до 345° С. В перигелии днем температура поднимается еще выше — до 420° С, в афелии снижается до 290° С. Глинистые породы, встречающиеся на Земле, при такой температуре необратимо теряют воду (обжигаются). Однако очень высокую температуру

имеет лишь поверхностный слой. Он сильно измельчен и служит прекрасной теплоизоляцией для более глубоких слоев. Согласно радиоастрономическим данным, уже на глубине нескольких десятков сантиметров температура, вероятно, не превышает $70-90^{\circ}\text{C}$ и очень мало меняется. Такая низкая теплопроводность поверхности Меркурия приводит к тому, что после захода Солнца поверхность быстро остывает. Уже через два часа температура снижается до -140°C , а ночью может упасть до -180°C . Именно эти значения температуры и были получены с борта «Маринера-10». На Луне днем температура может подниматься до 100°C , а ночью — уменьшаться до -180°C .

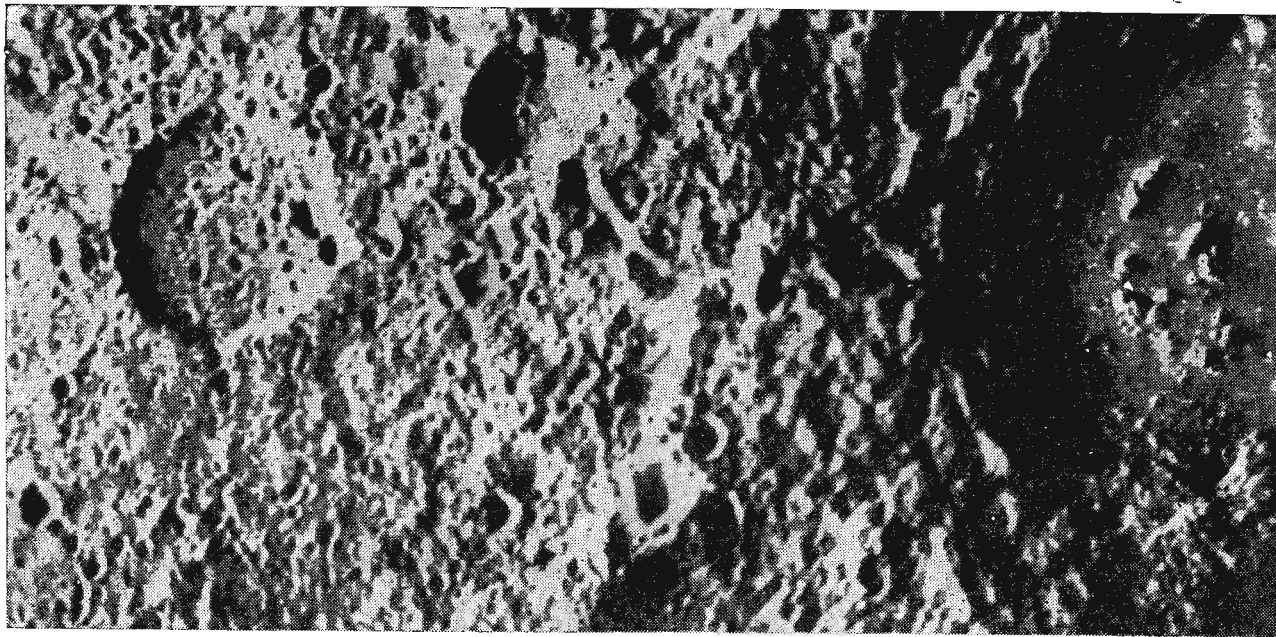
Интересно, что измерения температуры поверхности вдоль трассы пролета космического аппарата позволяют исследовать физические свойства пород, из которых сложена поверхность. Делается это так. Измерения проводятся радиометром — прибором, определяющим тепловой поток, который излучается поверхностью. Если днем на фоне нагретого окружающего района будет обнаружен холодный участок с такими же отражательными свойствами (их определением занимается фотометрия), это означает, что тепло куда-то уходит. Но куда? Если поверхность сухая, как у Меркурия и Луны, отток тепла может идти лишь в глубину. О таком участке говорят, что он обладает повышенной тепловой инерцией, которая зависит от плотности и коэффициентов теплоемкости и теплопроводности. Например, холодным будет скальный массив, окру-



женный тем же, но сильно раздробленным материалом. Ночью, наоборот, раздробленный материал быстро остывает, излучив свои небольшие запасы тепла, а скала будет ярко светиться в инфракрасных лучах. Такие детали тоже обнаружил «Маринер-10». Их немного, что свидетельствует об однородной поверхности планеты.

Гораздо сложнее вопрос об однородности ее недр. Читатель, вероятно, знает, что земной шар в разрезе изображают как систему сферических оболочек вокруг центрального ядра. Для массивной планеты, как наша Земля, эта модель, в общем, близка к натуре. Иначе устроена Луна. Когда первые космические аппараты, запущенные на орбиту спутника Луны, начали свою работу, ученые с удивлением заметили в движении спутников какие-то рывки. Эффект был небольшим, но вполне измеримым. Оказалось, что внешние слои Луны (сотни километров) неоднородны. Это как бы несколько крупных массивных глыб, которые присыпаны песком, придающим всему сооружению вполне пристойную форму шара. Но каждая из глыб проявляет себя неоднородностью в общем поле тяготения. Так родилось новое понятие «масконы» — сокращенное от английского *mass concentration* — концентрация масс («Земля и Вселенная», № 3, 1970, стр. 32—38. — Ред.).

■
Крупномасштабный снимок центральной части *Mare Caloris*. В этом районе Меркурия значительно меньше кратеров, чем в других (Фото из журнала «*Sky and Telescope*», 49, 5, 1975)



Поскольку у Меркурия еще не было искусственного спутника, нет пока и определенного заключения о наличии там масконов. Впрочем, в научной литературе уже появилась попытка объяснить резонансный период вращения Меркурия (равный $\frac{2}{3}$ меркурианского года) существованием маскона, который скрыт под уже известным нам *Mare Caloris*.

■
Поверхность Меркурия. Справа видна часть кратера поперечником 100 км. Похоже, что отдельные хребты на его дне выступают из затвердевшей лавы. Однако сам кратер имеет метеоритное происхождение

Такой маскон должен быть положительным, то есть обладать повышенной плотностью. (На Луне имеется и отрицательный маскон в Заливе Радуги.)

Меркурий — маленькая планета, его диаметр равен всего 4880 км. Но масса планеты довольно велика, она составляет 5,5% массы Земли. Средняя плотность Меркурия почти такая же, как Земли, 5,44 г/см³. Плотность его поверхностных пород должна быть того же порядка, что и у Луны (3,0—3,3 г/см³). Чтобы получить среднюю плотность 5,44 г/см³, необходимо железное ядро. Возможно также, что благодаря очень высокому давлению в центре Меркурия силикатные породы уплотняются и переходят

в металлизированное состояние. Предполагается, что массивное ядро занимает 50% объема планеты. Ядро окружено силикатной оболочкой толщиной 600 км. Ускорение свободного падения на Меркурии 368 см/с². Если космонавт в гермокостюме будет весить на Земле 1000 Н, то на Меркурии только 380 Н.

ГЕЛИЙ ВМЕСТО УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

«Маринер-10» обнаружил, наконец, у Меркурия атмосферу. Однако ее состав и плотность не имеют ничего общего с тем, что ожидали астрономы. Существование или отсутствие атмосферы у планеты определяется целым рядом обстоятельств.



Прежде всего, это — сила тяжести. Чем массивнее планета и меньше ее радиус, тем надежнее она удерживает даже самые легкие газы. Очень важно, каков молекулярный вес газа. Чем он меньше, тем труднее удерживать газ. Огромную роль играет и температура внешней части атмосферы. Энергия хаотического теплового движения атомов и молекул газа зависит только от их температуры. С повышением температуры растет скорость частиц. Она может превысить предельное значение — вторую космическую скорость. Тогда частицы навсегда покинут планету. Наша Земля ежедневно теряет около 100 т легкого водорода, но практически полностью сохраняет запасы тяжелого кислорода.

Малая масса Меркурия, его близость к Солнцу, а следовательно, высокая температура определили быструю потерю первичной атмосферы. Одним из первых в таких случаях «убегает» (именно этот термин принят) гелий. И вот в нынешней атмосфере Меркурия найден гелий. Противоречие? Автомобиль, у которого кончился бензин, останавливается. Электропоезд получает энергию непрерывно, ее приток равен затратам. А как же гелий? Его непрерывно поставляет Меркурию находящееся поблизости Солнце, поставляет в виде облаков солнечного ветра. Облака эти очень разреженные, но и меркурианская атмосфера им подстать. Давление гелия у поверхности в районе терминатора в 200 млрд. раз, а полное давление всех газов в полмиллиарда раз меньше, чем давление у поверхности Земли.

Углекислый газ, который астроно-

мы надеялись обнаружить в атмосфере Меркурия, приборы «Маринера-10» не зарегистрировали. Однако чувствительность приборов известна, значит, можно указать верхний предел — не более 40 триллионов ($4 \cdot 10^{13}$) молекул в столбе над 1 см² поверхности. Гелия же в атмосфере Меркурия в 10 раз больше — 400 триллионов ($4 \cdot 10^{14}$) молекул в столбе над 1 см². Эти числа, большие сами по себе, соответствуют невероятно разреженной атмосфере, которая в земных условиях считается глубоким вакуумом. Ведь в атмосфере Земли над 1 см² поверхности находится $2 \cdot 10^{25}$ молекул.

ЗАГАДКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЛАНЕТ

В облаках солнечного ветра помимо гелия содержится огромное количество заряженных частиц различной энергии — как электронов, так и протонов. Достигая Земли, заряженные частицы прежде всего наталкиваются на ее магнитосферу. Хотя магнитное поле постепенно убывает с расстоянием, можно указать границу, где начинается взаимодействие плазмы солнечного ветра с магнитосферой. Эта граница находится там, где давление магнитного поля достигает величины, равной газодинамическому давлению плазмы. Именно вдоль границы тянется слой, по которому течет ток. Впереди слоя набегающая плазма образует ударную волну, в которой сильно разогревается. Все эти события происходят далеко от Земли, на расстоянии 50—100 тыс. км.

Магнитное поле Земли определяет также существование у нее радиационных поясов большой мощности и протяженности. Невидимая «крыша» из магнитного поля над планетой способствовала когда-то возникновению жизни — без такой защиты на Земле вряд ли появились бы сухопутные животные.

Медленно вращающаяся Луна сейчас практически лишена общего собственного магнитного поля («Земля и Вселенная», № 5, 1975, стр. 26—32.— Ред.). Тем более неожиданным оказалось обнаружение ударной волны плазмы и магнитного поля вблизи Меркурия. Правда, после первого пролета «Маринера-10» нельзя было категорически утверждать, что это магнитное поле — дипольное поле самой планеты. Известны сложные механизмы наведения на планету обрывков солнечного магнитного поля, перенесенного плазмой. Но предположение о собственном дипольном поле Меркурия несколько лучше. Во время третьего сближения было подтверждено, что поле действительно принадлежит планете. Напряженность его на экваторе $35 \cdot 10^{-4}$ Э, у полюсов $70 \cdot 10^{-4}$ Э, наклон оси диполя к оси вращения Меркурия 7°.

Среди множества глубоко скрытых тайн природы — механизм, создающий магнитное поле Земли. В последние годы все чаще магнитное поле Земли связывают с ее вращением и возбуждением кольцевых токов в ее металлическом ядре — модель планетарного магнитного динамо («Земля и Вселенная», № 5, 1973, стр. 25—29.— Ред.). Один из главных выводов теории — несоосность маг-

нитного поля с осью планеты. К сожалению, наши представления о недрах Земли поверхностны в буквальном смысле слова, а о недрах других планет известно еще меньше. Но так как в природе все закономерно, можно предположить, что возникновение магнитного поля на разных планетах подчинено общим правилам. Что тогда все это может означать:

у Земли большая масса, быстрое вращение и сильное магнитное поле;

у Венеры большая масса, медленное вращение и нет магнитного поля или оно очень слабое;

у Меркурия масса в 10 раз меньше земной, быстрое вращение и, кажется, есть очень слабое магнитное поле;

у Луны очень малая масса, медленное вращение и нет магнитного поля;

у Меркурия масса меньше, чем у Марса, медленное вращение и есть магнитное поле?

Перед полетом космических аппаратов к Луне их стерилизовали, чтобы не занести земные микроорганизмы и не исказить картину жизни на Луне. Меры оказались излишними, ибо никаких микроорганизмов на Луне нет. Можно с уверенностью сказать, что их нет и на Меркурии. Эта планета еще менее приспособлена для жизни, чем Луна.

Сравнительно скоро на Меркурий опустятся автоматические аппараты. Их аппаратура проведет научные исследования не только Меркурия, но и Солнца. Наземная Служба Солнца ныне обеспечивает пилотируемые полеты информацией о солнечных яв-

лениях, опасных для людей в космосе. Таковы, например, вспышки на Солнце, когда доза радиации в окрестностях Земли может достичь опасных пределов. Солнечная патрульная аппаратура, установленная на Меркурии, могла бы заблаговременно посылать на Землю более исчерпывающую информацию. И конечно же, меркурианская научная станция будет изучать физику Солнца. Здесь предстоит еще очень многое.

Большинство снимков к настоящей статье любезно переданы советским ученым сотрудниками Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США.

ПРИРОДА ПУЛЬСАРА В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ

Из 130 известных пульсаров только один PSR 1913+16 входит в двойную систему. Период его пульсаций всего 0,059 секунды. Это означает, что объект еще очень молод — возраст его должен быть порядка нескольких тысяч лет. Предпринимались безуспешные попытки отыскать вблизи пульсара газовую туманность — остаток вспышки сверхновой звезды. По мнению голландского астрофизика С. ван ден Берга, если около пульсара и есть остаток сверхновой, размер этой туманности должен превышать

100 пс. В противном случае, ее поверхностная яркость была бы велика, и туманность, конечно бы, заметили.

Но возникает противоречие: остаток сверхновой такого большого диаметра должен иметь возраст в сотни тысяч лет — намного больше возраста пульсара. Чтобы разрешить противоречие, ван ден Берг предложил две гипотезы. Первая: пульсар в двойной системе появился без вспышки сверхновой. Однако такое предположение кажется маловероятным. Согласно второй гипотезе, пульсар вовсе не молод, и прежде чем достичь современного состояния, эта двойная система прошла через

стадию рентгеновского источника типа Геркулес X-1. Компонент пульсара — нормальная звезда — когда-то начала терять вещество, которое падало на нейтронную звезду (пульсар), вызывая рентгеновское излучение. Падающее на пульсар вещество не позволяло ему замедлять вращение. Потом стадия переноса массы закончилась, рентгеновское излучение погасло и пульсар стал виден в радиодиапазоне. Эта гипотеза снимает и трудность с возрастом и объясняет, почему радиосветимость пульсара мала.

«Astrophysical Letters», 16, 3, 1975.



Кандидат технических наук
М. Д. НУСИНОВ
Ю. Б. ЧЕРНЯК

Лунные стеклянные шарики — откуда они?

ЛУННЫЙ ГРУНТ

Поверхность Луны (вероятно, и других небесных тел с очень разреженными атмосферами, например Меркурия) покрыта слоем своеобразного, весьма раздробленного, рыхлого материала — реголитом. Этот слой на Луне имеет толщину до 10 м. Предполагается, что он образовался в результате переработки поверхностных пород.

В образцах лунного грунта, доставленных на Землю, довольно неожиданно обнаружено большое количество — в отдельных случаях до 90% (в оранжевом грунте «Аполлона-17») — стеклянных частиц разнообразной формы (сферы, «гантели» и др.). Кроме того, после определения химического состава выяснилось, что лунный грунт сильно отличается от аналогичных земных пород пониженным содержанием некоторых элементов, особенно весьма летучих (Na, K и др.). Выявлены специфические тепло- и электрофизические, оптические, физико-механические и другие его характеристики. Эти данные вызвали оживленную дискуссию о природе обнаруженных свойств. Перед учеными возникло множество вопросов. В их числе и такой: были ли на Луне лавовые озера? Требовалось также понять причины низкой концентрации летучих элементов в лунном веществе, оценить возможности протекания на Луне процессов испарения — конденсации — разбрызгивания и выяснить, как образовались разнообразные стеклянные частицы.

Так доставка лунного грунта дала новый импульс лабораторному моделированию лунных процессов.

В лабораторном физическом эксперименте моделировались образование стеклянных частиц лунного реголита и процесс улетучивания из него химических элементов.

ЛУНА В ЛАБОРАТОРИИ

Академик А. П. Виноградов и другие ученые, анализируя геологические и геохимические данные, развили гипотезу о важной роли магматических процессов в формировании лунного реголита. Однако геологи и геохимики имеют дело с лунным веществом как продуктом некоторой конечной эволюции поверхностных пород. Раскрыть их предысторию помогло лабораторное физическое моделирование. Оно позволило ответить на вопросы о том, как протекают испарение — конденсация — разбрызгивание, которые сопровождают и вулканизм, и метеоритную бомбардировку? Какова взаимосвязь между характерными особенностями реголита?

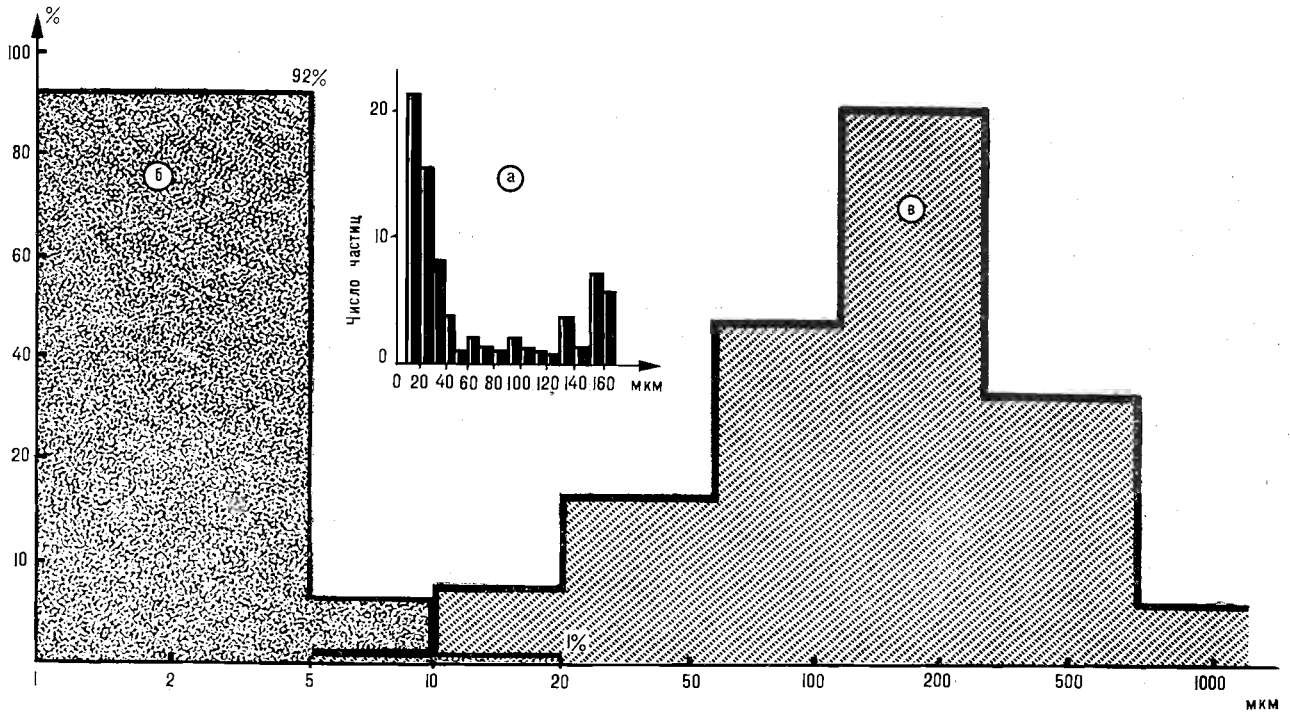
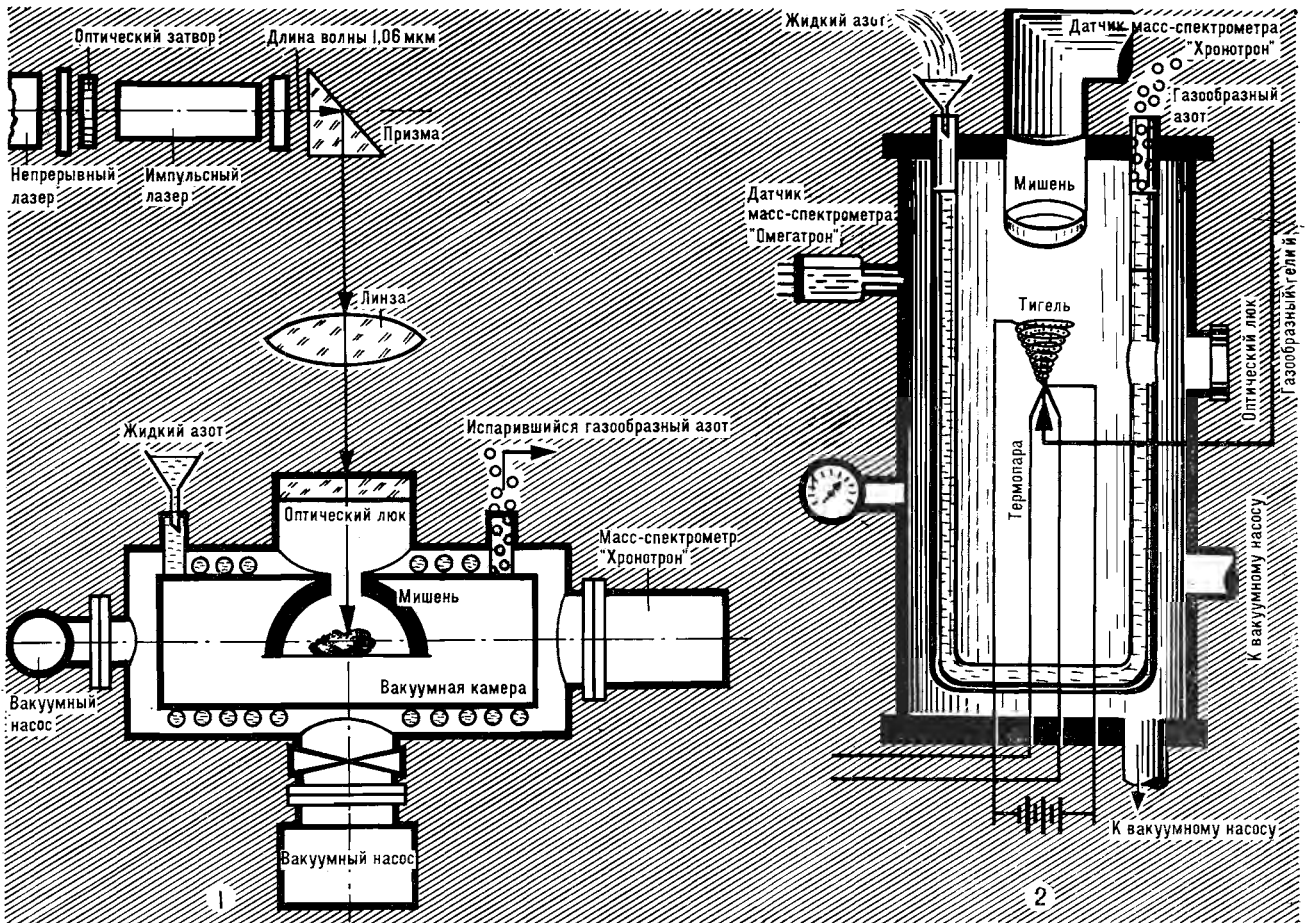
Занимаясь статистическим анализом размеров стеклянных частиц в лунном реголите, авторы обратили внимание, что кривые распределения имеют два максимума. Один максимум соответствует мелким (1—10 мкм) частицам, а другой — крупным (100—500 мкм). Естественно было предположить, что этим максимумам должны соответствовать и два различных природных процесса — многовековая метеоритная бомбардировка лунной поверхности и лунный магматизм в прошлом. Такая эволюция должна была привести к опреде-

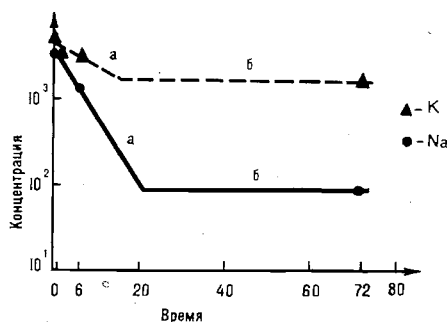
ленному виду распределения частиц по размерам. Это обстоятельство важно было подтвердить экспериментально.

При моделировании лунных процессов мы разделили их на быстрые (метеоритные соударения; всплески, связанные с пробулькиванием газа через расплав, и т. п.) и медленные (улетучивание элементов из расплавов). Эти процессы изучались в вакуумных установках, где земные базальты и другие породы расплавились либо путем пропускания электрического тока через тигельки из вольфрамовой проволоки, заполненные измельченной породой с продувкой газа через расплав (или без продувки), либо воздействием на базальтовые мишени импульсов лазерного излучения. Лазерное излучение позволило моделировать испарение и разбрызгивание, возникающие при ударах микрометеоритов о лунную поверхность. Испытуемое вещество выдерживалось в расплавленном состоянии при различных температурах в вакууме — так производилось улетучивание элементов из расплава и образование конденсата при различных магмати-



Схемы вакуумных установок для моделирования соударений микрометеоритов с поверхностью Луны лазерными импульсами (1) и статического испарения базальтовых расплавов в вакууме (2). Примерные габариты вакуумных камер: диаметр 250 мм, высота 300 мм. Распределение размеров лунных стеклянных частиц (а). Распределение искусственных частиц, полученных в первой установке (б) и во второй установке (в)



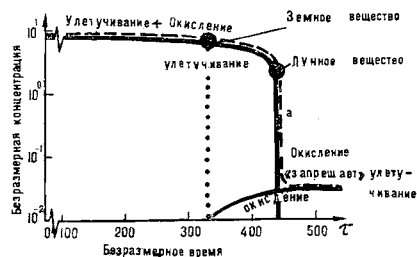
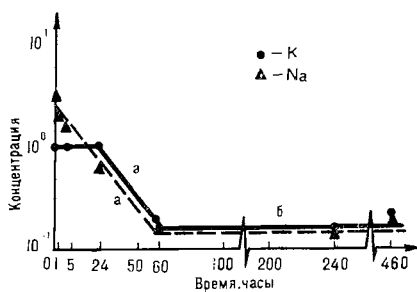
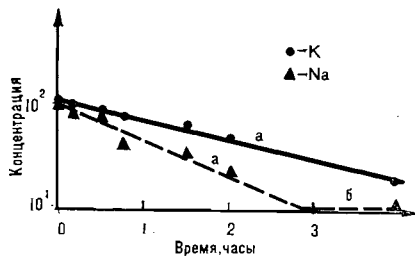


ческих процессах (растекание лавы и т. п.). Продувка инертного газа (гелия) через расплав сопровождалась выбросом фонтанчиков жидкого вещества и образованием стеклянных частиц разнообразных форм. Сферические стеклянные частицы малых размеров возникали также при воздействии лазерных импульсов на породу в вакууме.

В результате модельных экспериментов было получено вещество, состоящее из пленок базальтового конденсата, стеклянных частиц и остаточного стекла. Это вещество подвергалось тщательному анализу. Анализировались физико-механические, оптические, сорбционные, электрофизические и другие характеристики, его химический состав. По ряду характеристик (химический и гранулометрический состав, удельная поверхность, электрофизические характеристики, характеристики трения и др.) новое вещество похоже на лунную пыль, то есть на наиболее тонкодисперсную часть лунного реголита, доставленного автоматической лунной станцией «Луна-16».

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И НЕКОТОРЫЕ ОБОБЩЕНИЯ

На основании результатов моделирования удалось развить теоретические представления о процессах испарения — конденсации — разбрызгивания на лунной поверхности. Эксперимент показал, что улетучивание чувствительно не только к температуре расплава, но и к давлению остаточного газа в вакуумной установке. Последнее можно объяснить своеобразным механизмом улетучи-

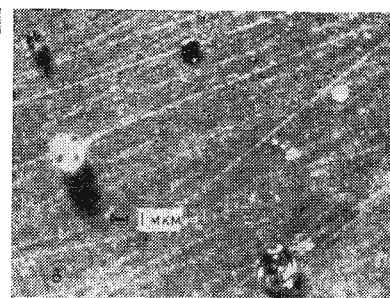
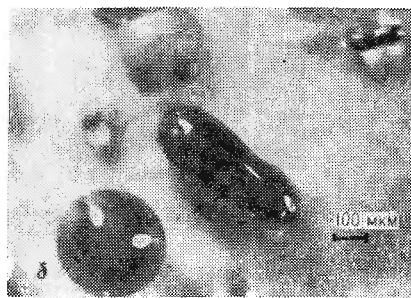
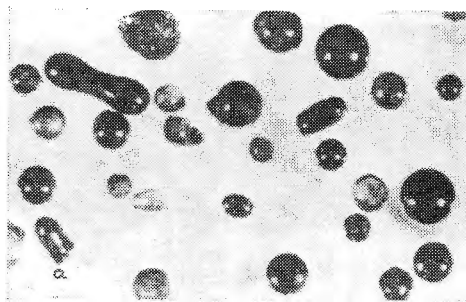


Типовые зависимости изменения концентрации летучих элементов в остаточном веществе от времени, полученные в лабораторных опытах в вакууме при постоянной температуре и давлении. Сверху вниз: зависимость для лунного вещества, двух типов земных базальтов и теоретические кривые. На всех рисунках: а — участок кривой улетучивания, где концентрация уменьшается по экспоненциальному закону, б — квазистационарное улетучивание

вания, в котором конкурируют два одновременных процесса — собственно улетучивание и окисление элементов кислородом остаточного газа. Кислород при этом сорбируется на сильно нагретой (до температуры более 1300°С) поверхности расплава.

Естественно, чем выше давление газа, тем плотнее сорбционная пленка и тем большее число атомов окисляется, а меньшее улетучивается. Окислы значительно менее летучи, чем атомы, и после окисления атомы практически выбывают из «игры», оставаясь в расплаве. Такой процесс мог приводить к химической «откачке» кислорода и других активных газов из планетных атмосфер при условии, если на поверхностях планет были большие площади, залитые расплавленным веществом, а в их атмосферах присутствовали активные газы.

Экспериментально установлено, что из расплавленных в вакууме пород происходит быстрое (по экспоненциальному закону) улетучивание элементов в результате испарения. После затвердения пород улетучивание продолжается возгонкой (сублимацией), когда элемент переходит в газообразное состояние, минуя жидкую фазу. Однако скорость такого процесса на много порядков меньше, чем в первом случае. Улетучивание калия, натрия и других элементов из лунного вещества в лабораторном эксперименте, проведенном американскими учеными Э. Гибсоном и Н. Хаббардом, началось сразу с экспоненциального участка кривой. Это означает, что вещество затвердело на Луне без окисления. Действительно, если бы



испарение на Луне прекратилось в результате окисления, то улетучивание из этого лунного вещества не шло бы вообще. Можно сделать заключение, что процесс быстрого улетучивания на Луне был остановлен затвердеванием расплава. Вероятно, мелкодисперсное состояние реголита способствует тому, что медленное улетучивание в тонком приповерхностном слое может продолжаться столетиями даже при «комнатной» температуре затвердевших пород. Если учесть, что поверхностный слой непрерывно обновляется перемешиванием в результате метеоритной бомбардировки, то становится понятным, почему лунный реголит обеднен летучими элементами. Такова в общих чертах картина улетучивания при магматических процессах.

А что произойдет при метеоритной бомбардировке лунной поверхности? Многие считали (и считают по сей день), что улетучивание существенно и тогда. Эксперимент и теоретические соображения подтверждают, что при метеоритной бомбардировке оно мало: расплавленное вещество образуется в основном в виде мельчайших частиц или тонких пленок на стенках кратеров. В обоих случаях, несмотря на более высокую, чем при лавовых излияниях, начальную температуру жидкости, она из-за малых количеств быстро охлаждается и затвердевает. Это доказано специальными опытами по моделированию импульсных процессов.

Итак, для моделирования высокоскоростных процессов использовались мощные лазерные импульсы,

сфокусированные на мишени из горных пород и минералов. При этом образовывались структуры, похожие на кратеры в лунных частицах. В выброшенной массе содержались сферические стеклянные частицы преимущественно микронных размеров. Первые эксперименты показали, что, как и предполагалось, обеднение стекла летучими элементами незначительно.

ЗАГАДКИ СТЕКЛЯННЫХ ШАРИКОВ

Стоит ли заниматься вопросами образования стеклянных частиц микронных размеров?

Так как поверхность Луны, в отличие от земной, лишена атмосферы, то она подвержена воздействию метеоритов, космических излучений и т. д. и очень долго сохраняет в неизменном виде их следы. Поэтому изучение стеклянных частиц и динамики их образования, как следствия процессов на лунной поверхности, поможет лучше понять эволюцию Луны.

По двугорбому (с двумя максимумами, или «модами») характеру распределения частиц можно судить о различных механизмах их формирования. Разбрызгиванием жидкости при

Сферические и гантелевидные стеклянные частицы из лунного реголита, доставленного на Землю возвращаемым аппаратом «Луна-16» (а), а также полученные в модельных лабораторных опытах в вакууме в результате продувки базальтового расплава газообразным гелием (б) и взаимодействия лазерного луча с горной породой (в)

метеоритном ударе можно уверенно объяснить образование мелких (1—10 мкм) частиц. Это подтверждается двумя сериями лабораторных опытов на лазерах, моделирующих процессы разбрызгивания при соударениях микрометеоритов (массы около 10^{-6} и 10^{-4} г, соответственно) с поверхностью. Несмотря на то, что кратеры получались в первом случае диаметром 0,3—0,5 мм и во втором 2—3 мм, стеклянные частицы были практически одного и того же размера — приблизительно 1 мкм, что близко к размерам мелких стеклянных шариков реголита.

При продувке базальтового расплава гелием формировались преимущественно крупные частицы, близкие по величине соответствующим стеклянным шарикам реголита. Отсюда следует, что мелкие и крупные частицы образовывались в результате разбрызгивания в процессах различной продолжительности.

Мелкие частицы рождаются при высокоскоростных процессах (скорости порядка километра в секунду), сопровождающих метеоритные удары, а крупные — при низкоскоростных (скорости порядка метров в секунду), связанных с магматическими процессами. На основании таких представлений можно ожидать, что крупные частицы «старше» мелких.

Теоретически показано, что многочисленные стеклянные симметричные шарики образуются в результате распада струй при разбрызгивании. Жидкие частицы в полете периодически изменяют свою форму (колеблются). Этот процесс продолжается до момента их затвердения. Форма, полученная стеклянной частицей,—



В ЦЕНТРЕ ГАЛАКТИКИ — ЧЕРНАЯ ДЫРА

Радиоастрономам давно известен яркий радиосточник Стрелец А, который ассоциируется с центром Галактики. Радиосточник состоит из оболочки и ядра. Угловой размер оболочки около $10''$, размер ядра определить не удается (предполагают, что оно меньше оболочки по крайней мере в 100 раз). Известно еще, что радиоизлучение Стрельца А нетепловое, иначе на том же месте был бы виден и мощный инфракрасный источник. А такой источник, хотя и наблюдается, но очень слабый.

Член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, предположив, что механизм излучения радиосточника Стрелец А синхротронный, определил его размеры. Диаметр оболочки оказался равным 10^{16} см, ядра — меньше 10^{14} см. Полная энергия быстрых частиц в оболочке около 10^{48} эрг. Практически невозможно удерживать так много релятивистских частиц в столь малом объеме. По мнению И. С. Шкловского, частицы рождаются внутри радиосточника, а затем покидают его. Тогда ежедневно должны генерироваться быстрые электроны с полной энергией около 10^{40} эрг. И. С. Шкловский считает, что генератором быстрых частиц может быть массивная черная дыра, на которую падает межзвездный газ. Масса черной дыры 30 тыс. солнечных, по размерам она меньше Солнца почти в 10 раз.

Существование черной дыры в центре Галактики способно объяснить возникновение радиосточника Стрелец А. Сама же черная дыра могла появиться в процессе эволюции звезд. Звезды постепенно теряют вещество, которое стекает к центру Галактики. Это и ведет к образованию в центре нашей и других галактик массивных черных дыр.

«Письма в «Астрономический журнал», 1, 7, 1975.

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ — ГЕНЕРАТОРЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

На американском исследовательском спутнике SAS-2 были проведены эксперименты по детектированию космического гамма-излучения. В ходе экспериментов удалось зарегистрировать гамма-излучение в области энергий выше 100 мэВ от остатка Сверхновой в созвездии Парусов. Оно оказалось неожиданно мощным — пульсар PSR 0833, который находится в остатке, вряд ли может дать больше 15% обнаруженного потока гамма-излучения. По оценкам американских ученых Д. Хигдона и Р. Лингенфельтера, полная энергия быстрых протонов и более тяжелых ядер в остатке Сверхновой в созвездии Парусов должна быть около $1,5 \cdot 10^{51}$ эрг.

Этот результат показывает, что взрывы сверхновых приводят к образованию космических лучей, заполняющих Галактику. Но если при каждом взрыве генерируется столько же космических лучей, что и при взрыве Сверхновой в созвездии Парусов, то полная энергия космических лучей в Галактике должна быть на порядок больше, чем на самом деле. Хигдон и Лингенфельтер предлагают два объяснения. Возможно, что не каждая сверхновая генерирует космические лучи. Достаточно, чтобы космические лучи появлялись при вспышке одной из 10—30 сверхновых. Возможно также, что космические лучи возникают всегда, но большую часть энергии они теряют при движении внутри самого остатка сверхновой. Вырываясь на просторы Галактики, основная часть протонов и тяжелых ядер уже не обладает значительной энергией. Какое из объяснений справедливо, покажут дальнейшие наблюдения.

«Astrophysical Journal Letters», 198, 1, 1975.

сферическая или удлинённая — зависит от того, в какой фазе колебания ее «застынет» момент затвердения. Причем, соотношение между временем затвердения и размером частиц наводит на мысль о том, что доля вытянутых (удлинённых) частиц увеличивается с возрастанием размера частиц — это и наблюдается в лунном веществе. Можно полагать, что высказанные теоретические построения соответствуют действительности.

В результате экспериментальных и теоретических работ стали более ясными вопросы о механизмах образования стеклянных частиц реголита и о роли магматических процессов. Разработана физическая модель и теория улетучивания в вакууме из расплавов лунного вещества и подтвержден факт улетучивания элементов из поверхностных слоев лунного грунта.

■
Микрократер диаметром около 500 мкм, полученный при взаимодействии импульсного ($t \approx 10^{-3}$ с) лазерного излучения ($E = 10$ Дж) на мишень из диоксида в вакууме.



Памяти Ростислава Владимировича Куницкого

31 октября 1975 года на 85 году жизни скончался член КПСС с 1944 года доктор физико-математических наук, профессор Ростислав Владимирович Куницкий.

Астрономией Р. В. Куницкий заинтересовался еще в юношеском возрасте. Чтение научно-популярной литературы по астрономии, наблюдения переменных звезд и пятен на Солнце помогли ему рано выбрать профессию. В 1908 году Р. В. Куницкий стал студентом Петербургского университета, который готовил высококвалифицированных астрометристов.

Астрометрия и практическая астрономия всегда были одним из основных направлений научной деятельности Р. В. Куницкого — вдумчивого исследователя, первоклассного наблюдателя и вычислителя. Второй своей научной специальностью Ростислав Владимирович считал звездную астрономию, которой он много лет плодотворно занимался с начала 20-х годов. За свои работы, посвященные функции светимости звезд, распределению звездной плотности и исследованию местной системы звезд, Р. В. Куницкий был удостоен ученой степени доктора физико-математических наук без защиты диссертации.

Р. В. Куницкий был ученым-патриотом, человеком, безгранично любившим свою Родину. В 1905—1906 годах он помогал передавать нелегальную литературу, а впоследствии участвовал в Великой Октябрьской социалистической революции и гражданской войне. В годы Великой Отечественной войны Ростислав Владимирович руководил штурманской службой советской бомбардировочной Авиации дальнего дей-



ствия. За проявленные в годы войны мужество и отвагу Р. В. Куницкий был награжден орденами Отечественной войны 1-й степени, Красной Звезды, Красного Знамени и медалями. Инженер-полковник Р. В. Куницкий был автором многих книг, пособий, таблиц, которые оставили неизгладимый след в советской авиационной астрономии.

Огромное место в жизни Р. В. Куницкого занимала педагогическая деятельность в различных учебных заведениях. На этом поприще он неутомимо трудился сначала в средней школе, Московском университете, Ивановском педагогическом институте, а затем в Военно-воздушной академии имени Ю. А. Гагарина и в Московском государственном педагогическом институте имени В. И. Ленина (МГПИ).

*Ростислав Владимирович Куницкий
(1890—1975)*

В МГПИ Р. В. Куницкий с 1957 по 1967 год возглавлял кафедру астрономии и проводил исключительно большую работу со студентами и аспирантами. Он всегда живо интересовался проблемами методики преподавания астрономии в средней и высшей школе, не жалея сил, делал все возможное, чтобы расширить и улучшить астрономическое образование в нашей стране. Для своих учеников Ростислав Владимирович был примером честности и принципиальности, примером добросовестного отношения к служебным и многочисленным общественным обязанностям. Достойна подражанию многолетняя плодотворная деятельность Ростислава Владимировича в рядах Всесоюзного астрономо-геодезического общества. С 1934 года он — член президиума ЦС ВАГО, ряд лет начиная с 1960 года — председатель Учебно-методической секции ЦС ВАГО и вице-президент ВАГО. Авторский коллектив и читатели «Земли и Вселенной» хорошо знают Р. В. Куницкого как активного члена редакционной коллегии журнала, исключительно доброжелательного и в то же время принципиального рецензента. Свои последние статьи Ростислав Владимирович написал незадолго до смерти, и они вышли в свет, когда их автора уже не стало.

Ростислав Владимирович — учитель многих. И не просто учитель, а замечательный учитель, наставник и друг. Такой человек навсегда останется жить в памяти и благородных делах учеников и последователей.

Группа товарищей



Николай Николаевич Зубов

(К 90-летию со дня рождения)

В современной науке о море велика роль Николая Николаевича Зубова. Это имя известно не только маститым ученым, но и теперешней молодежи — студентам, аспирантам.

Н. Н. Зубов родился в Измаиле, в семье военнослужащего, учился в Петербургском кадетском корпусе, затем во время русско-японской войны окончил Морской корпус и в звании мичмана приступил к службе в действующем флоте. На миноносце «Блестящий» участвовал в Цусимском бою и был тяжело ранен. Об этом эпизоде жизни Н. Н. Зубова можно прочесть в романе Новикова-Прибоя «Цусима».

После войны он учился в Морской академии, которую окончил в 1910 году и получил трудную и редкую специальность гидрографа-геодезиста. Будучи слушателем академии, он опубликовал свою первую научную работу «Мысли о сигнализации в бою» (1908), а затем на протяжении многих лет — до 1927 года — вышло больше полутора десятков его работ по морской тактике.

По окончании Морской академии он был назначен командиром миноносца «Бурный» на Балтийском флоте, затем — сторожевого корабля «Бакан», на котором он проводил гидрографические съемки берегов Новой Земли. Перед первой мировой войной Н. Н. Зубов был слушателем океанографических курсов в Бергене. Ими руководил Б. Гелланд-Гансен — известный норвежский исследователь океана, много сделавший для развития науки. И хотя по роду занятий (командование миноносцем во время первой мировой войны, служба в штабе Военно-Мор-

ских Сил после Октябрьской революции) его интересы лежали в сфере военных наук, впоследствии он полностью отдался научной работе, связанной с изучением океана.

В 1921 году по Декрету, подписанному В. И. Лениным, был создан Плавучий морской научный институт — Плавморнин, в задачи которого входило исследование Белого, Баренцева и Карского морей с целью выяснения их сырьевых ресурсов и возможностей освоения этих ресурсов. В те голодные годы весьма остро стоял вопрос продовольствия, вот им-то и должен был заниматься в первую очередь новый институт. Н. Н. Зубов вошел в состав научных сотрудников отдела гидрологии.

Плавморнин имел не только прикладную задачу «сегодняшнего дня», но и большую перспективную цель комплексного исследования Мирового океана: процессов и явлений физических, химических, биологических и геологических, развивающихся в океанах взаимосвязанно и взаимозависимо. Эти идеи были положены и в основу знаменитой экспедиции «Челленджера» (1872—1876), которая дала жизнь новой науке — океанографии.

Плавморнин развивал количественные аспекты исследований, изучал взаимосвязь явлений, решал прикладные задачи в интересах народного хозяйства, сочетая научную работу с подготовкой молодых ученых. Организатор и директор Плавморнина, профессор Московского университета И. И. Месяцев сплотил замечательный коллектив ученых главным образом из профессоров университета: В. И. Вернадского, Л. А. Зен-

кевича, Я. В. Самойлова, В. С. Буткевича, С. Б. Бруевича, В. В. Шулейкина, В. А. Яшнова и многих др. Около них группировалась молодежь: В. Г. Богоров, М. В. Кленова, Т. И. Горшкова, А. А. Шорыгин и др., а несколько позднее присоединились еще Б. П. Мантейфель, Ю. В. Болдовский, В. П. Зенкович, В. Б. Штокман (в их числе и автор этой статьи). Плавморнин с его легендарным судном «Персей» по праву считается зачинателем советской науки о море («Земля и Вселенная», № 3, 1970, стр. 50—58.— Ред.).

Одной из наиболее ярких фигур в новом институте стал Н. Н. Зубов. Все направления работ института были ему близки: он привык иметь дело с числом и не ограничивался качественными характеристиками, он понимал природу диалектически, видя взаимосвязь и взаимообусловленность процессов, наконец, он никогда не довольствовался «академическим» исследованием, а всегда старался добиться результатов, приложимых к практической деятельности человека. Работа же с молодежью ему была особенно дорога. До последних дней жизни он учил молодежь — сотрудников, аспирантов, студентов; писал научно-популярные книги — и при этом сам все время учился. Так, в 1930 году, когда я пришел к нему на практику, будучи студентом Московского гидрометеорологического института, он «предупреждал» меня, что он пока только «аспирант в океанологии»... Первые его работы по океанологии (1926) были посвящены элементарным вопросам — методике сбора проб, определению температуры и

приемам ее обработки. Уже в ранних работах проявилось его стремление решать задачу по возможности простым способом. Он нередко говорил, что занимается «боцманской гидрологией», то есть наиболее простой. И с гордостью замечал: «Книги иных видных ученых хранятся в шкафах, а мои — валяются на столах». Этим он подчеркивал рабочую актуальность своих книг, и был совершенно прав. Книги Н. Н. Зубова обладают необыкновенно глубоким содержанием, обилием идей, которые разрабатывались им лично и молодыми учеными. Они служили основным и руководящим пособием на трудном пути исследований Мирового океана.

В 1932 году вышла его первая большая работа под скромным названием «Гидрологические работы Морского научного института в юго-западной части Баренцева моря летом 1928 года на э/с «Персей». В этой глубокой по содержанию работе поставлены и в значительной степени развиты многие актуальные проблемы современной океанологии. Вот лишь некоторые из этих проблем: динамический метод вычисления течений, конвективное перемешивание, придонная вентиляция, холодный промежуточный слой, влияние отклоняющей силы вращения Земли на приливные явления, прогноз ледовитости Баренцева моря по температуре атлантических вод в его юго-западной части.

Позднее кроме интересных статей и брошюр по отдельным вопросам океанологии стали выходить его фундаментальные работы, которые до сих пор служат науке: «Морские



воды и льды» (1938), «Льды Арктики» (1945), «Динамическая океанология» (1947), «Основы учения о проливах Мирового океана» (1954). Кроме того, Н. Н. Зубов составил необходимые для научных исследований и для океанологических расчетов «Океанологические таблицы» (первое издание в соавторстве с В. В. Шулейкиным и Н. И. Чигириным



Николай Николаевич Зубов (1885—1960)

вышло в 1931 году, а третье уже без соавторов — в 1957 году).

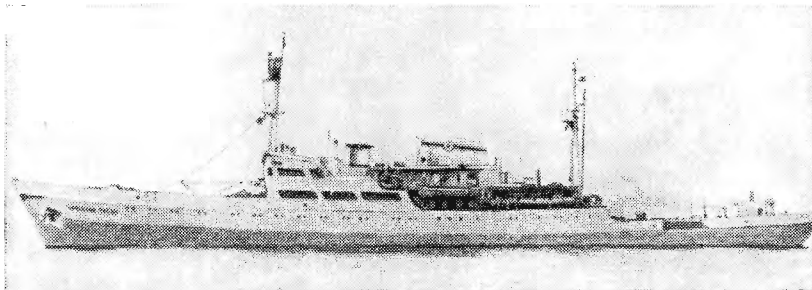
Много работал Н. Н. Зубов в области популяризации истории науки. Особенно интересны его книги «В центре Арктики» (1948) и «Отечественные мореплаватели — исследователи океанов и морей» (1954).

Внушительное количество перечисленных работ (а неперечисленных значительно больше) может навести на мысль, что Зубов был кабинетным ученым, не покидавшим письменного стола. Однако это не так. Он плывал на миноносце в годы

службы в Военно-Морском Флоте, провел немало исследований в полярных морях на «Персее», «Садко», «Книповиче», участвовал и в воздушных экспедициях. Плавал он и на маленьких ботах по Черному морю во время практики студентов-океанологов.

Работа со студентами — это особая сторона деятельности Н. Н. Зубова. Приступив к ней в научном институте, он быстро освоил педагогический процесс высшего учебного заведения. В 1930 году на основе геофизической специальности физико-математического факультета Московского университета был создан Московский гидрометеорологический институт. На гидрологическом факультете этого института сформировалась первая в мире кафедра океанологии, которую возглавлял Н. Н. Зубов. В начале Великой Отечественной войны Н. Н. Зубов добровольно вступил в состав Военно-Морского Флота.

Во время войны он служил в штабе Северного флота в Архангельске, а спустя несколько лет, когда он был уже в звании инженера-контр-адмирала, его назначили директором Государственного океанографического института Главного управления гидрометеорологической службы. Здесь он развернул интенсивные исследования в области физической океанологии. Понятие океанологии как науки, изучающей процессы в океане, ввел именно Н. Н. Зубов в 30-х годах. Он подчеркивал, что наука о море из стадии описательной (океанография) перешла в стадию глубокого исследования многообразных явлений в их



взаимосвязи, а описание остается лишь одним из элементов такого исследования.

Пребывание Н. Н. Зубова на посту директора института отмечается яркой вехой в общей линии бурного развития советской океанологии в послевоенные годы. Особенно интересны были объединявшие научную общественность «зубовские пятницы» — заседания ученого совета Океанографического института. На эти заседания приезжали ученые из других городов, а также представители учреждений, иногда имеющих лишь косвенное отношение к изучению океана.

В конце 40-х годов Н. Н. Зубов возвращается к педагогической деятельности. Будучи профессором кафедры гидрологии географического факультета Московского университета, он начал организовывать кафедру океанологии. В 1953 году кафедра океанологии была открыта, и Зубов работал на этой кафедре до конца своей жизни.

■
Гидрографическое судно «Николай Зубов»

Основатель современной океанологии Н. Н. Зубов был не просто ученым-созидателем, но и обаятельным человеком. Конечно, прежде всего в нем покорял талант ученого. Главные его идеи с успехом развиваются и в наше время. Характерной чертой Н. Н. Зубова была способность, ставя задачу, охватить самую суть ее и умение решить наиболее простыми средствами на самом ограниченном материале. Так, например, знаменитый «динамический метод», благодаря которому определяют составляющие скорости течения, разработан на материале двух пар гидрологических разрезов в Баренцевом море.

Еще одна особенность личности Н. Н. Зубова — увлеченность. Проблема, которой он занимался, захватывала его целиком, он не переставал работать над ней, пока не находил решения. Хорошо помню, как он бился над переводом весьма сложной теории прохождения волн Герстнера на язык элементарной геометрии. И он не успокоился, пока не получил удивительно простое и изящное решение, имеющее очень большое педагогическое значение.

Наконец, поражала его способ-



ЛЮДИ
НАУКИ

ность увлекать других. Он умел расшевелить человека, заставить его работать с интересом, «с живинкой». Нередко его парадоксальные высказывания на научных собраниях вызывали бурные столкновения самых различных точек зрения. Сам же он, бросив искру, мудро выжидал, когда стгорит «солома» и определятся полезные направления огня научного спора. Вот тогда-то он и приводил в порядок результаты горячих дебатов и делал четкие и конструктивные выводы. Н. Н. Зубов никогда не боялся очень смелых нападок. В этом отношении он особенно поддерживал студентов, которые нередко высказывали «завиральные», но свежие идеи.

Н. Н. Зубов был человеком высокой культуры, интеллигентом в лучшем смысле этого слова. С ним интересно было беседовать о литературе и театре, о музыке и философских проблемах. Его эрудиция вызывала уважение, а доброжелательность и простота — чувство любви. Он и сам относился к людям уважительно и ровно: со студентом первого курса говорил так же, как с академиком.

Все эти замечательные качества Н. Н. Зубова и позволили ему вырастить многочисленных учеников, создать свою замечательную школу. Н. Н. Зубов широко известен полярникам и географам. Он был награжден знаком «Почетный полярник» и

был почетным членом Географического общества. Его многогранная деятельность отмечена орденами Трудового Красного Знамени, Отечественной войны и др.

Уже немало лет плавают в океане исследовательские корабли «Профессор Зубов» и «Николай Зубов», напоминая о том, что жил такой замечательный моряк-ученый. Редко кто удостоивается этой высокой чести. Зубов — был одним из таких редких людей.

Профессор
А. Д. ДОБРОВОЛЬСКИЙ



ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ НОВОЙ

Известно несколько космических рентгеновских источников, которые неожиданно вспыхнули, быстро набрали яркость, а потом погасли. Такие источники назвали рентгеновскими новыми. До недавнего времени их не удавалось отождествить с какими-либо оптическими объектами.

21 апреля 1975 года рентгеновская новая вспыхнула в созвездии Орiona. Она была замечена приборами английского спутника Земли «Ариэль-5» и некоторое время оставалась самым ярким рентгеновским источником на небе после Солнца. Доктор Ф. Болей (Ганновер) и астрономы обсерватории Китт Пик обнаружили на месте вспышки

рентгеновской новой пекулярный звездообразный объект 12-й величины. Свои снимки они сравнили с паломарскими снимками неба и на одной из фотографий нашли объект 18-й величины, который совпал по координатам с рентгеновской новой. Если отождествление правильно, то оптический объект во время вспышки увеличил яркость по крайней мере в 250 раз. В спектре этого объекта нет ни звездных линий поглощения, ни небулярных эмиссионных линий. Исследования необычного оптического объекта продолжаются.

«Circular Letter» 15, Commission
IAU, 42

Двуликый Янус французской астрономии

В 1975 году исполнилось 350 лет со дня рождения Джана Доменико Кассини*, члена Парижской академии наук и первого официального руководителя Парижской обсерватории, одного из наиболее видных астрономов-наблюдателей второй половины XVII века, автора известных открытий в области изучения планет и основателя «астрономической династии» Кассини.

Научная деятельность Кассини во Франции протекала в «золотой век» французского абсолютизма. То была эпоха Расина, Мольера и Лафонтена, период расцвета французской музыки, архитектуры, декоративной скульптуры и парадной дворцовой живописи, время перестройки Лувра и создания Версаля. После нескольких десятилетий владычества всесильных кардиналов Ришелье и Мазарини молодой король Людовик XIV, деспотичный и тщеславный, упраздняет должности первого министра и сюринтенданта финансов, забрав всю полноту власти в свои руки. Крылатая фраза «государство — это я» с предельной точностью отражает стиль правления короля-Солнца. На этом фоне в разных сферах науки и искусства процветают признаваемые королем авторитеты — способные, но такие же, как и он сам, деспотичные, тщеславные деятели, не терпящие ни возражений, ни соперничества.

* В связи с переездом в Париж и принятием французского подданства Кассини изменил итальянские имена Джан Доменико на французские Жан Доменик. В литературе часто встречается ошибочное указание на его имя Джованни.



■ *Джан Доменико Кассини (1625—1712)*



ва. Безжалостно изгоняет из Парижа всех конкурентов придворный композитор Жан Батист Люлли, диктатором в вопросах художественного мастерства ведет себя первый живописец короля Шарль Лебрен, бразды правления французской астрономией с 1669 года попадают в руки семьи Кассини.

Джан Доменико Кассини родился в северной Италии 8 июня 1625 года.* Его путь в науку не отличался по тем временам оригинальностью: он учился в иезуитских колледжах, увлекался астрологией, и именно репутация Кассини как астролога сыграла немаловажную роль в его последующих успехах при дворе Людовика XIV. Юноша начитанный и разносторонний, Кассини пробовал свои силы также в поэзии и в математике.

В возрасте двадцати с лишним лет, после завершения образования, Кассини поселился близ Болоньи, в загородной вилле влиятельного болонского сенатора маркиза Корнелия Мальвазия. Здесь он имел возможность совершенствовать свои астрономические знания под руководством двух известных астрономов — иезуитов Джованни Батисты Риччиоли и Франческо Мария Гримальди.

В 1650 году Кассини по протекции своего патрона занимает пустовавшую после смерти Бонавентуры Кавальери кафедру астрономии Болонского университета. Его интересы

сосредотачиваются на наблюдениях планет, он вступает в переписку с крупными астрономами, обменивается письмами, в частности с Пьером Гассенди.

Благоприятный случай предоставляет Кассини возможность проявить свои практические навыки в перестройке громоздких солнечных часов в церкви Сан-Петроньо: с их помощью Кассини в дальнейшем выполняет измерения полуденных высот Солнца. Успех окрыляет начинающего ученого, и он ищет новое поприще для приложения недюжинных способностей экспериментатора. Как официальный эксперт от города Болонья Кассини принимает участие в разрешении споров между Болоньей и Феррарой по поводу регулирования течения реки Рено, занимается проблемой паводков на реке По. Он знакомится с папой римским Александром VII и в 1663 году защищает уже интересы Ватикана перед великим герцогом Тосканским. Тогда же он получает звание сюр-интенданта фортификационных сооружений Перуджи. Он еще не сделал окончательного выбора жизненного пути и отклоняет предложение папы принять духовный сан, продолжая совмещать выполнение поручений папы с преподаванием в Болонском университете.

Многочисленные разъезды по Италии расширяют кругозор Кассини. Находясь в Тоскане, он принимает участие в заседаниях флорентийской Академии дель Чименто (Академии опытов), попутно занимается изучением насекомых, вникает в проблемы кровообращения. Но в центре его интересов постоянно остаются

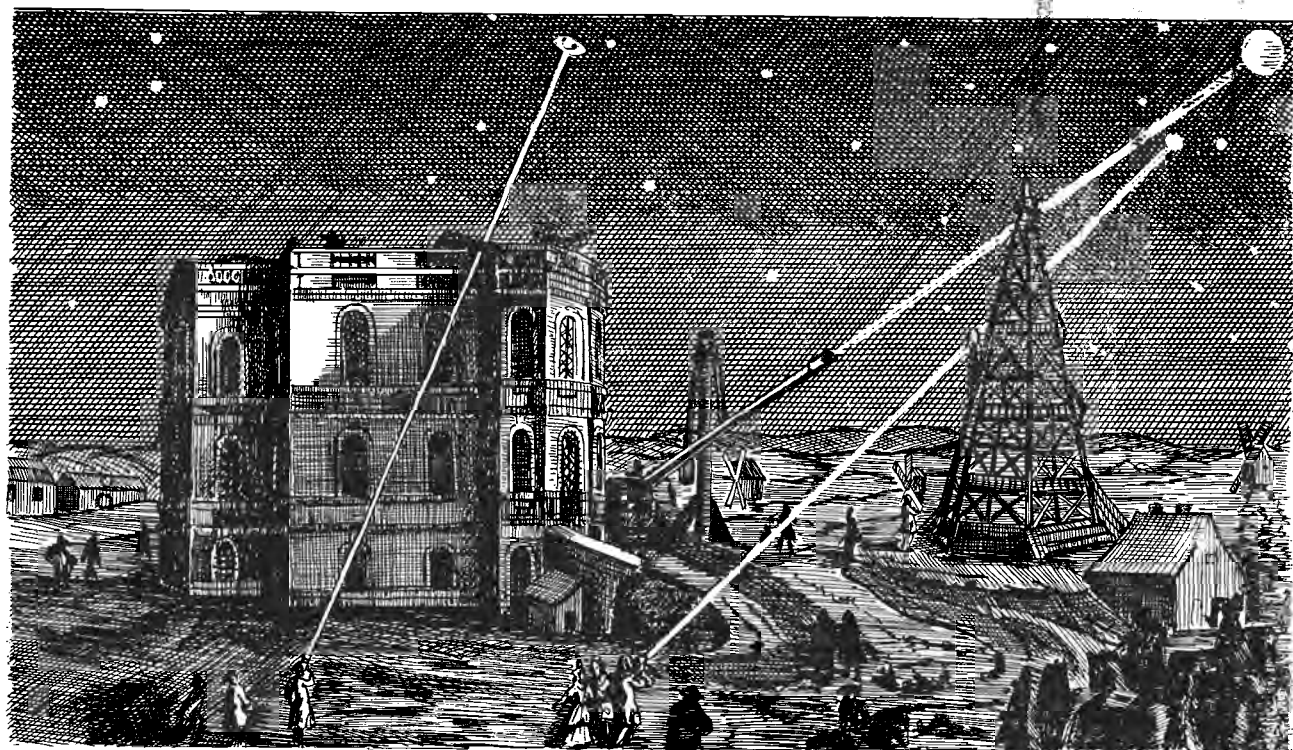
телескопические астрономические наблюдения.

Успеху Кассини в наблюдениях сопутствуют два важных обстоятельства: его удивительно зоркое зрение и дружба с искусными итальянскими мастерами-оптиками Кампани и Дивини. Владея секретами венецианского стекла, эти мастера добились изготовления превосходных астрономических объективов, лучшие из которых зачастую попадали в руки Кассини.

В 1652 и 1664 годах Кассини занимается наблюдениями комет. В 1664 году он замечает на диске Юпитера тени его спутников. Кассини наблюдает движение спутников и осевое вращение самого Юпитера, получая для него период, равный 9 часам 56 минутам (результат, очень близкий к современному). Тогда же он принимается за составление эфемерид для наблюдений спутников Юпитера. В 1666 году Кассини открывает осевое вращение Марса с периодом 24 часа 40 минут.

Между тем во Франции назревают значительные для истории науки события. Энергичный Кольбер, генеральный контролер финансов, еще пользовавшийся в это время по существу безграничной поддержкой короля, занимаясь развитием мореплавания, торговли и ремесел, уделяет большое внимание надлежущей организации научных исследований. 22 декабря 1666 года в Париже состоялось торжественное открытие созданной под эгидой Кольбера королевской Академии наук, во главе которой встал специально приглашенный для этого из Нидерландов Христиан Гюйгенс. 7 марта следую-

* На статуе Кассини в Парижской обсерватории выбита дата рождения 8 января 1625 года, однако и в его автобиографии, и в остальных источниках указывается 8 июня.



шего года Кольбер от лица короля покупает участок земли под астрономическую обсерваторию. Участок находился в предместье Сен-Жак, на улице Ада, вблизи старых заброшенных каменоломен. 21 июня 1667 года, в день летнего солнцестояния, состоялась церемония определения меридиана будущей обсерватории.

Вдохнителем идеи создания в Париже крупной астрономической обсерватории был французский астроном аббат Жан Пикар. Пикар имел четкие представления о необходимом оснащении и об основных направлениях работы будущей обсерватории. Она должна была способствовать решению ряда практических задач, в первую очередь задачи определения долготы в открытом море для нужд мореплавания. Пикар, ученик и последователь философа Пьера Гассенди, интересовался также наблюдениями, которые могли расширить фундаментальные знания о за-

конах мироздания. Пикар видел в будущей Парижской обсерватории цитадель французской науки, и не случайно для строительства здания обсерватории был приглашен знаменитый архитектор, один из авторов проекта перестройки Лувра, Клод Перро.

Непростым организационным вопросом в этот период оказался выбор кандидатуры на пост руководителя обсерватории. Насколько можно судить по сохранившимся источникам, Пикар, по всей вероятности человек скромный и застенчивый, не имея склонности к административной деятельности, постоянно отнекивался от настойчивых предложений Кольбера. Известно, что Кольбер от имени короля обращался с предложением занять этот пост к Яну Гевелию.

В конечном счете, по рекомендации самого Пикара, выбор Людовика XIV пал на итальянца Кассини. Этому назначению предшествовала длительная переписка, в результате которой были оговорены на редкость выгодные материальные условия.

Считалось, что Кассини уезжает из Италии во временную командировку, и за ним сохранялись все должности и соответствующие им вознаграждения. Кроме того, он получал ежегодную королевскую пенсию в размере 9 тыс. ливров, в то время как руководителю Парижской академии наук Гюйгенсу причиталось от казны только 6 тыс. ливров в год. Еще тысяча экю выделялась Кассини на дорожные расходы.

Переезд из Италии в столицу Франции отнял без малого полтора месяца, и Кассини приехал в Париж только 4 апреля 1669 года. 6 апреля он был удостоен благосклонного приема при дворе. Личное покровительство Людовика XIV сразу же поставило Кассини в привилегированное положение среди всех других работавших в Париже ученых.

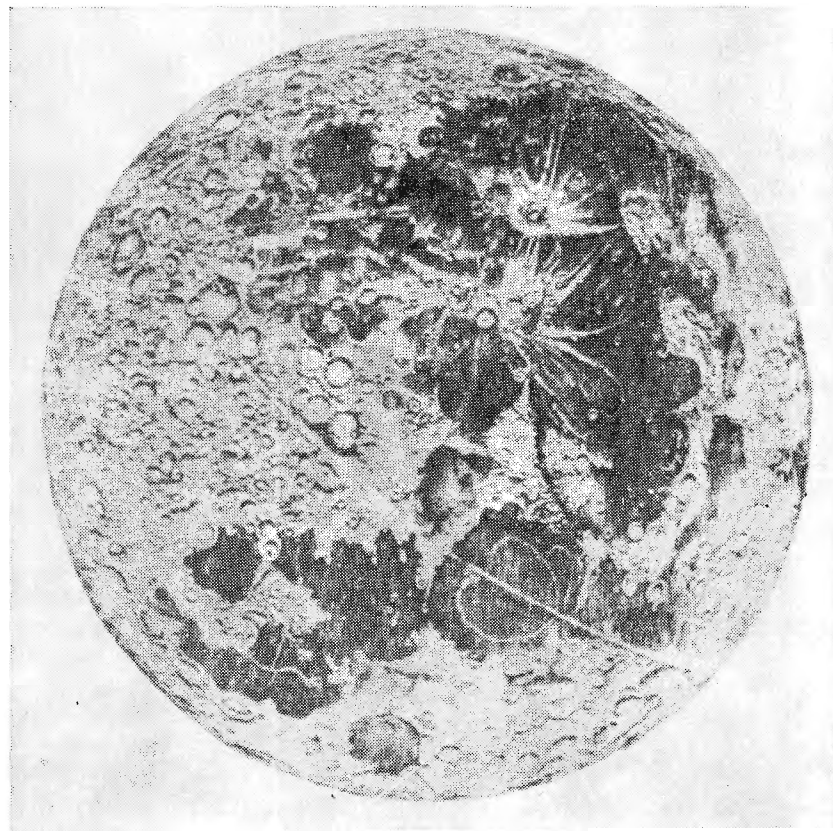
Во Франции в эту эпоху нарастает мутная волна религиозной нетерпимости и преследований гугенотов, апофеозом которой стала в 1685 году полная отмена Нантского эдикта. Несносные условия работы вынуждают в 1681 году протестанта

Парижская обсерватория во времена Кассини

Гюйгенса навсегда покинуть Париж. Но подобного рода морально-этические вопросы отнюдь не затрагивают доброго католика Кассини, который не упускает случая подчеркнуть свои давние и прочные связи как с кругами иезуитов, так и с папской курией. Если принять во внимание также заносчивость, резкость и безапелляционный характер суждений Кассини, нетрудно представить себе, что его взаимоотношения с коллегами с самого начала сложились не просто.

В сентябре 1671 года Кассини занимает специально приготовленные для него апартаменты в новом здании обсерватории. Положение при дворе и материальная обеспеченность удовлетворяют тщеславие Кассини, и он быстро отказывается от планов возвращения на родину: 14 июля 1673 года Кассини получает патент на французское подданство. Годом позже он женится на дочери генерал-лейтенанта княжества Клермон и обретает в качестве приданого замок Тюри на реке Уазе и дворянский титул.

Саймон Ньюком, изучавший архивы Парижской обсерватории, ко всеобщему удивлению не обнаружил там документов о назначении Кассини на должность директора. Это обстоятельство давало иной раз повод считать, что Кассини юридически никогда не был директором обсерватории и потому не мог нести ответственность за ее судьбу; он оставался как бы «первым среди равных» — всего-навсего наиболее авторитетным и близким к королю среди других французских астрономов. Думается, что этот курьез жи-



дется на недостаточном знакомстве с традициями французского двора той эпохи. Мемуаристы сообщают, к примеру, любопытные подробности о назначениях министров. Людовику XIV достаточно было сказать



Большая карта Луны, выгравированная по зарисовкам Кассини. Это — наиболее подробная из лунных карт XVII века

мимоходом кому-либо из придворных: «Заходите завтра к нам в совет», и этот сановник впредь совершенно официально именовался министром. Более того, титул министра сохранялся за ним на всю жизнь, даже после того, как его вдруг начали забывать приглашать на заседания королевского совета.

Король пригласил Кассини из Италии, назначил неслыханное содержание и сам лично поручил ему руко-



водство обсерваторией. Потом временам это было веселее любого покупного патента на должность. И нет ошибки в том, что все без исключения энциклопедии называют Кассини первым директором Парижской обсерватории. В этом назначении не сомневался никто из современников Кассини ни на протяжении 43 лет, откуда он руководил обсерваторией, ни после его смерти, когда должность директора — как и все должности в ту эпоху — стала одной из составных частей наследства Кассини.

Успеху астрономических наблюдений Кассини в Париже по-прежнему способствуют первоклассные объективы, изготовленные его друзьями Кампани и Дивини. В сентябре 1671 года Кассини обнаружил второй спутник Сатурна (Япет), в 1672 году им был открыт третий спутник (Рея), а 21 марта 1684 года — еще два. В 1671—1673 годах Кассини возглавил работы по определению параллакса Солнца из наблюдений Марса в противостояниях. Наблюдения выполнялись в Париже и в Кайенне, куда выезжал астроном обсервато-

рии Жан Рише. В 1675 году были опубликованы наблюдения «кассиниева деления» колец Сатурна.

В течение 1671—1679 годов Кассини создал подробную карту Луны, исследовал проблему лунных либраций и вывел законы, описывающие вращение Луны вокруг оси. Они известны теперь в научной литературе как законы Кассини. Впрочем, следует подчеркнуть, что все результаты Кассини получены чисто эмпирическим путем и его вклад в теоретические основы астрономических знаний был неощутим.

■
Жан Пикар (1620—1682) — известный французский астроном, инициатор создания Парижской обсерватории. Точное определение радиуса Земли, выполненное Пикаром, позволило Ньютому подтвердить правильность закона всемирного тяготения на примере движения Луны

■
Оле Рёмер (1644—1710) — выдающийся датский астроном, ученик Пикара. Работал в Парижской обсерватории с 1672 по 1681 год

Кассини оставался очень активным наблюдателем на протяжении нескольких десятилетий. В 1683 году он впервые наблюдал зодиакальный свет. В 1688 году он следил за перемещением солнечных пятен и в связи с этим предложил метод надежного определения вращения Солнца.

Кассини круто изменил направление работы Парижской обсерватории, задуманное Жаном Пикаром. Изменился и стиль работы французских астрономов. По мысли Пикара, в центре внимания обсерватории должно было находиться выполнение длительных, систематических рядов наблюдений, связанных в первую очередь с нуждами мореплавания. Такого рода работы целесообразно вести коллективно. Но сотрудничество с Кассини было, по видимому, мало для кого привлекательным. С появлением Кассини уезжает из Франции известный астроном Адриен Озу, автор первой петиции королю о необходимости создания государственной обсерватории. Постепенно отходит от работы в обсерватории Жан Пикар.

В 1669—1670 годах он занимается градусным измерением дуги меридиана Париж—Амьен, потом уезжает в экспедицию в Данию и работает на острове Вен, определяя координаты разрушенной обсерватории Тихо Браге. Кстати, именно из этой экспедиции Пикар привез с собой в Париж молодого энтузиаста Оле Рёмера, который впоследствии стал «отцом» современной астрометрии, а в 1675 году в Париже по результатам наблюдений затмений спутников Юпитера установил конечность скорости распространения света. Кассини не признал этого важнейшего физического открытия и вскоре принудил Рёмера покинуть Париж.

Влияние Кассини на ход развития астрономии весьма противоречиво. Его выдающееся положение при дворе короля-Солнца, вне сомнения, укрепляло престиж астрономии как одной из важнейших областей науки XVII—XVIII веков. Ценным наследием Кассини служат выполненные им самим обширные ряды астрономических и геодезических наблюдений. Вместе с тем, многие историки науки приходили к неутешительному выводу, что Кассини не умел придавать своим работам подлинной творческой новизны и все те научные идеи, которые питали его неутомимую наблюдательную деятельность, без излишней щепетильности, без ссылок заимствованы им у других. В изучении Луны Кассини шел по стопам своих учителей Риччиоли и Гримальди. Детальные наблюдения системы Сатурна он начал после Гюйгенса, который обнаружил первый спутник этой планеты и впер-

вые распознал в телескоп кольца Сатурна. Успех измерения дуги меридиана, выполненного Пикаром, навел Кассини на мысль предпринять через год после смерти Пикара Большое градусное измерение Франции. Эта последняя крупная работа Кассини, которая заключалась в измерении дуги Парижского меридиана по всей территории страны от северной границы до южной, началась в 1683 году и была завершена лишь через 35 лет его сыном Жаком Кассини.

Результаты Большого градусного измерения Франции были сопряжены с ошибками, которые долгое время лили масло в огонь великого спора «*oblatum sive oblongum?*» — «сжатая или вытянутая?». Этот научный спор разгорелся после выхода в свет трактата Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687). Одним из следствий опубликованного в нем закона всемирного тяготения было утверждение о сплюснутости земного шара у полюсов. Кассини категорически отвергал эту «английскую выдумку», возглавив широкую оппозицию взглядам Ньютона. Центральным аргументом в полемике служили геодезические измерения, выполненные Кассини, из которых, как заявлял автор, будто бы следовало, что Земля вовсе не сжата у полюсов, а вытянута и имеет форму яйца.

Неверные взгляды по отдельным частным вопросам Кассини высказывал еще в юности. Комету 1652 года он рассматривал как недавнее порождение эманаций, исходящих от Земли и других планет. Центр движения кометы 1664 года он удивитель-

ным образом поместил в Сириус. Впоследствии Кассини занимал грубо ошибочные позиции по всем без исключения принципиальным научным проблемам своей эпохи. Следует добавить, что Кассини не признавал системы мира Коперника, а неравенства в движениях планет пытался объяснить без законов Кеплера. Он считал, что планеты движутся не по эллипсу, а по иной кривой, для которой он придумал название кассиноид*.

Для историков науки Кассини, подобно мифологическому богу Янусу, имеет два лица. Одно — выдающегося астронома, научные труды которого были устремлены в будущее, закладывали фундамент изучения планет. Второе лицо Кассини обращено в прошлое. Это лицо противника новой астрономии, созданной гением Галилея, Кеплера, Ньютона.

Что же перевешивает в деятельности Кассини: его огромный позитивный научный вклад в планетную астрономию или отрицательное влияние деспотичного ретрограда, на длительное время преградившего доступ в Парижскую обсерваторию новым идеям и молодым талантливым ученым с самостоятельным мышлением? Открытия Кассини до наших дней не утратили своего значения, имя автора по-прежнему живет в научных терминах: «законы Кассини» и «деление Кассини». Но, вспоминая об открытых Кассини —

* Кассиноидом или овалом Кассини называется кривая второго порядка, описываемая уравнением вида $(x^2 + y^2) - 2b^2(x^2 - y^2) = a^4 - b^4$; при $a = b$ овал Кассини переходит в лемнискату Бернулли.



ученого, мы в интересах справедливости должны резко осудить руководителя обсерватории, который, пользуясь своим высоким положением, тормозил научный прогресс, корыстно защищая предвзятые догматические концепции.

В 1711 году Кассини полностью потерял зрение и умер в Париже 14 сентября 1712 года на 88-м году жизни, за три года до кончины своего августейшего покровителя Людовика XIV. Звание академика и пост директора Парижской обсерватории по наследству перешли к его сыну Жаку Кассини. Директорство членов семьи Кассини в Парижской обсерватории прекратилось лишь в 1793 году, с началом Великой французской революции.

Автор пользуется случаем выразить свою искреннюю признательность французским коллегам — профессору Одуэну Дольфюсу и профессору Жану Ковалевскому, а также хранительнице библиотеки Парижской обсерватории мадам Г. Фэйбуа за консультации и предоставление ряда фактических материалов.

Кандидат физико-математических наук
А. А. ГУРШТЕЙН

■
Мраморная статуя Кассини работы Муатта (1790) в Парижской обсерватории



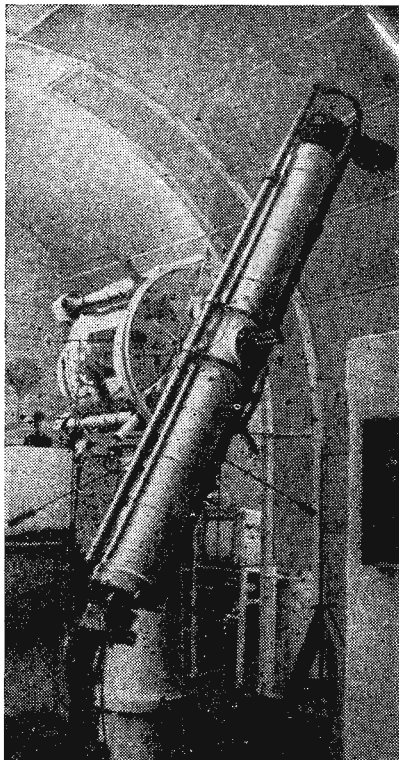
Доктор физико-математических наук
А. К. КОРОЛЬ

Главная астрономическая обсерватория Украинской ССР

Первые астрономические исследования в системе Академии наук Украинской ССР были начаты в 1939 году на Полтавской гравиметрической обсерватории, основанной в 1926 году известным астрометристом А. Я. Орловым. Вопрос о новой астрономической обсерватории на Украине возник в связи с развертыванием в 1940 году в Советском Союзе грандиозной работы по созданию Каталога слабых звезд. Этот каталог точных положений и собственных движений около 20 тыс. звезд, объединенный с фундаментальным Каталогом ярких звезд, должен представить собой координатную систему на небесной сфере, необходимую для решения многих практических задач и для изучения структуры звездного мира. Всесоюзное совещание по проблеме Каталога слабых звезд, состоявшееся в сентябре 1943 года, обратилось к Академии наук Украинской ССР с просьбой организовать под Киевом первоклассную астрономическую обсерваторию.

В марте 1944 года президиум Академии наук Украинской ССР, заслушав доклад академика А. Я. Орлова, принял решение о строительстве обсерватории. Совнарком УССР утвердил его 17 июля 1944 года. Эта дата считается днем основания Главной астрономической обсерватории Академии наук Украинской ССР. В августе того же года А. Я. Орлова назначили директором обсерватории. Основным направлением ее деятельности должна была стать астрометрия.

Решение о строительстве новой обсерватории на Украине было в то время очень символичным. Еще не кончилась Великая Отечественная война,



еще не всю Украину освободили от захватчиков, везде были руины и опустошения, а Страна Советов готовилась возродить разрушенную до основания обсерваторию на Пулковских высотах и возвести новую на Голосеевских. Да и первыми научными сотрудниками новой обсерватории в январе 1945 года стали войны-фронтовики Ш. Г. Горделадзе и А. К. Ко-

роль, демобилизованные из Красной Армии.

В глубине Голосеевского леса, простирающегося к югу от Киева, для обсерватории был выделен участок 500×600 м. Павильоны и здания обсерватории расположились на просторной лужайке. Она возвышается на 90 м над уровнем Днепра, что соответствует высоте 180—185 м над уровнем моря.

Небольшой штат обсерватории (в 1944 году — 4 человека, в 1945 году — 9, в 1946 году — 13) занимался главным образом, организационными вопросами: освоением отведенного участка, приобретением оборудования, сооружением временных построек и т. д. В 1945—1946 годах обсерватория получила первые инструменты — двухкамерный короткофокусный астрограф конструкции Пономарева (диаметры объективов 12 см, фокусное расстояние 70 см), большой вертикальный круг Ваншаффа (диаметр объектива 19 см, фокусное расстояние 252 см), большой астрограф Тепфера (диаметр объектива 40 см, фокусное расстояние 550 см). Первые постройки — жилой и служебный дома, башня для астрографа Тепфера и временные павильоны для короткофокусного астрографа и вертикального круга — были завершены в 1948 году, а в 1949 году все инструменты были установлены и начались наблюдения. В том же году по рекомендации А. Я. Орлова директором обсерватории назначили члена-корреспондента АН УССР В. П. Цесевича.

Признание научного мира принесли новой обсерватории астрометрические работы. По плану Каталога слабых звезд на вертикальном кругу

■
Большой вертикальный круг, на котором определяют склонения звезд

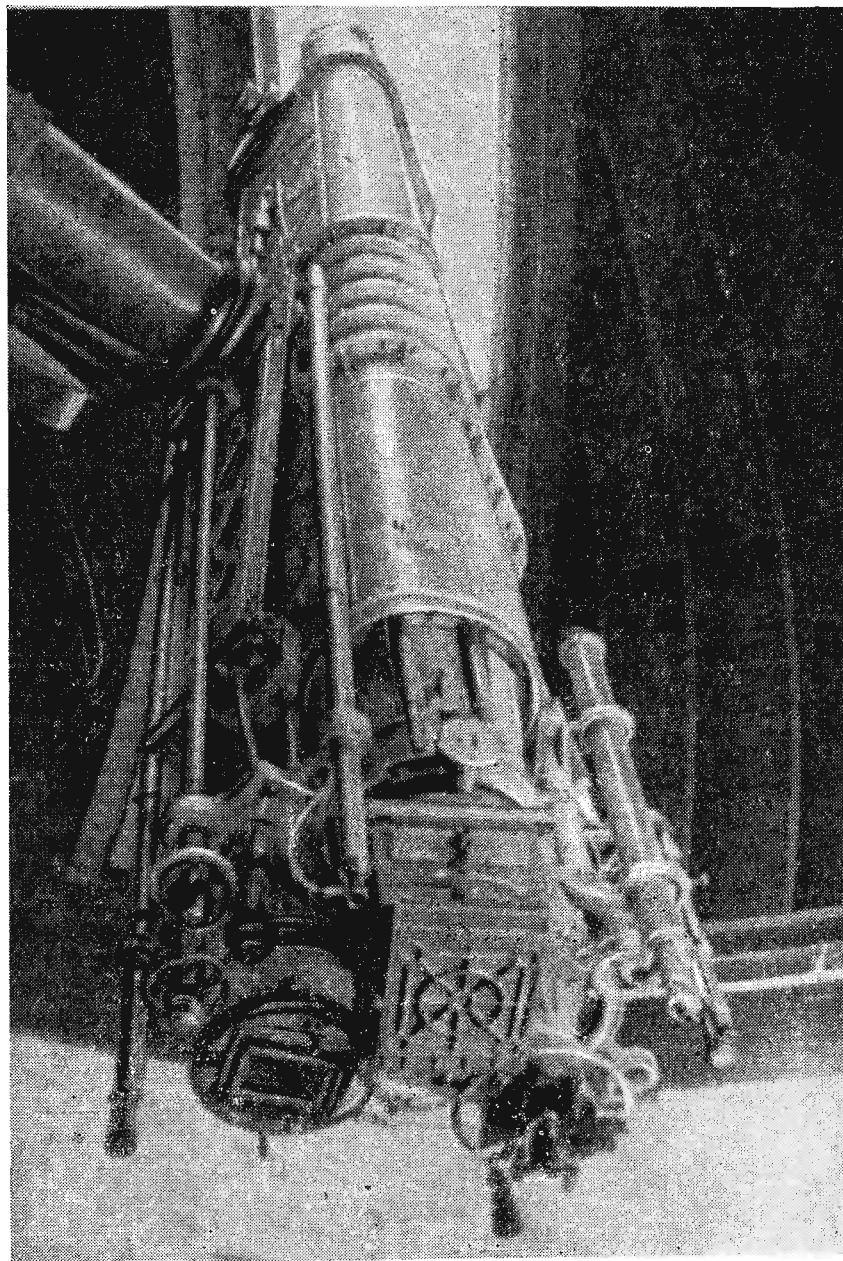
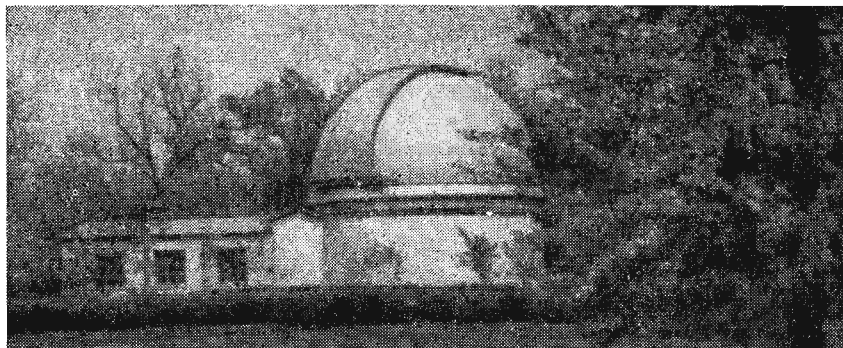
ге определялись склонения звезд. Уже опубликовано два крупных каталога склонений, которые содержат 588 фундаментальных слабых звезд от Северного полюса до склонения -20° и 1792 фундаментальные яркие и слабые звезды до склонения -30° . Кроме того, измерены склонения 2076 звезд, входящих в программы зенит-телескопов всех отечественных и зарубежных служб широты. Сейчас в кооперации с Пулковской обсерваторией разрабатывается новая методика сравнения, оценки и объединения отдельных каталогов, составленных на разных обсерваториях, в сводный фундаментальный Каталог слабых звезд.

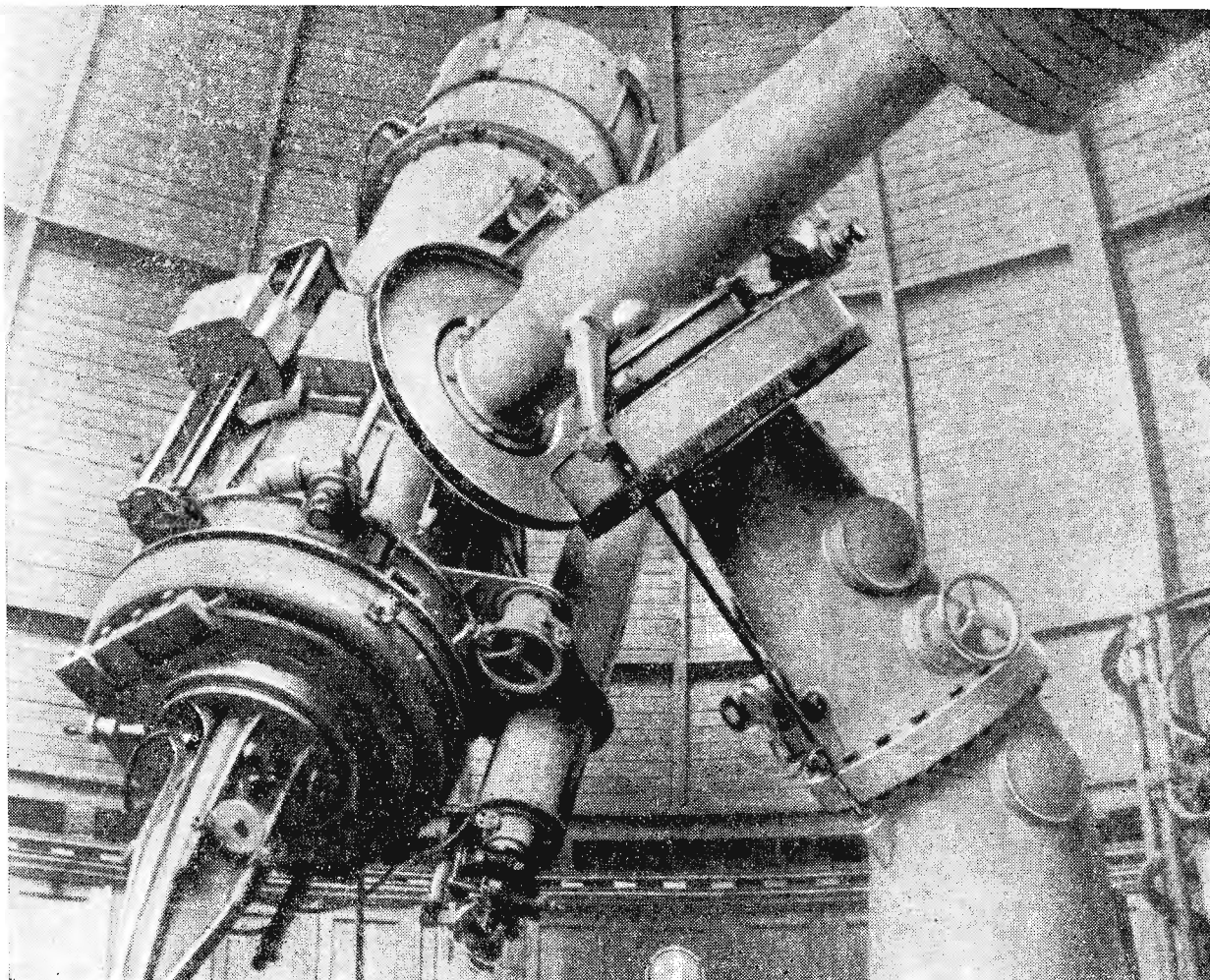
На астрографе Тепфера сделано уже около 2 тыс. снимков неба. Эти снимки помогут определить собственные движения слабых звезд относительно далеких галактик.

Изучение переменных звезд и строения Галактик — это направление научных исследований основал в обсерватории В. П. Цесевич. Особое внимание сейчас уделяется нестационарным объектам, которые находятся в начальных и конечных стадиях эволюционного развития. Сотрудники обсерватории ведут регулярные фотоэлектрические наблюдения таких звезд, изучают их спектры, методами математической статистики определяют характер изменения блеска, создают модели звезд и рассчитывают пути эволюции.

■
Башня астрографа Тепфера

■
Астрограф Тепфера. На этом инструменте фотографируются объекты по программе Каталога слабых звезд





Успешно исследуется и процесс гравитационного сжатия протозвезд. Решение этой проблемы, которой обсерватория занимается совместно с Институтом прикладной математики АН СССР, позволит продлить эволюционную шкалу космических объектов от молодых звезд типа Т Тельца и RW Возничего до самогравитирующих газо-пылевых комплексов.

Строение нашей Галактики украинские астрономы исследуют фотометрическими и спектральными методами. Составлены три фотометрических каталога звезд, на основе которых изучены спирали Галактики в радиусе 5—6 кпс, соотношения между ее звездной, газовой и пылевой компонентами. Эти работы ведутся в содру-

жестве с астрономами Абастуманской обсерватории АН ГрузССР.

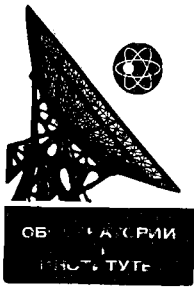
Еще одно направление исследований, развивающееся на обсерватории, связано с именем ее директора—члена-корреспондента АН УССР А. А. Яковкина, который возглавил обсерваторию в 1952 году. По его инициативе выполнены фотографические наблюдения Луны на астрографе Тепфера. Получено более 500 снимков, предназначенных для исследований лунной фигуры, и около 150 фотографий Луны среди звезд для определения ее точных положений. По дан-

■
70-сантиметровый рефлектор, предназначенный для наблюдения планет

ним этих наблюдений созданы первые в СССР каталоги селенодезических координат точек лунной поверхности. Они послужили математической основой при картографировании Луны. Под руководством А. А. Яковкина были также составлены первые в мире таблицы и эфемериды для наблюдений с поверхности Луны.

Постепенно обсерватория оснащалась новым оборудованием, ее коллектив увеличивался, расширялась научная тематика. В 1953 году увидел свет первый выпуск «Известий Главной астрономической обсерватории АН УССР».

Интерес и внимание к астрономии возросли в 1957 году, когда проводился Международный геофизиче-



ский год и, особенно, после запуска первого в мире советского искусственного спутника Земли 4 октября. На обсерватории заблаговременно была организована станция визуальных наблюдений за искусственными спутниками, а позже начались и фотографические наблюдения. Материалы наблюдений немедленно обрабатывались и пересылались в Москву, где их использовали для уточнения орбит спутников.

Во время Международного геофизического года на обсерватории систематически наблюдались некоторые проявления активности Солнца, исследовались физические условия в активных образованиях — хромосферных вспышках и протуберанцах. Служба Солнца проводилась на стандартном фотосферно-хромосферном телескопе АФР-2, который дает возможность одновременно наблюдать глубокие фотосферные (пятна, факелы) и выше лежащие хромосферные (вспышки, флоккулы, волокна, протуберанцы) активные образования. В 1969 году хромосферно-фотосферный телескоп был автоматизирован. Теперь поворот купола вслед за движением Солнца, гидирование, кино съемка солнечного диска с разными экспозициями производятся без участия наблюдателя.

Для более детального изучения активных областей на Солнце сотрудники обсерватории сконструировали и изготовили горизонтальный солнечный телескоп с дифракционным спектрографом (дисперсия 1—0,5 Å/мм). На этом инструменте исследуются условия свечения различных элементов в вспышках и протуберанцах: определена температура и плот-

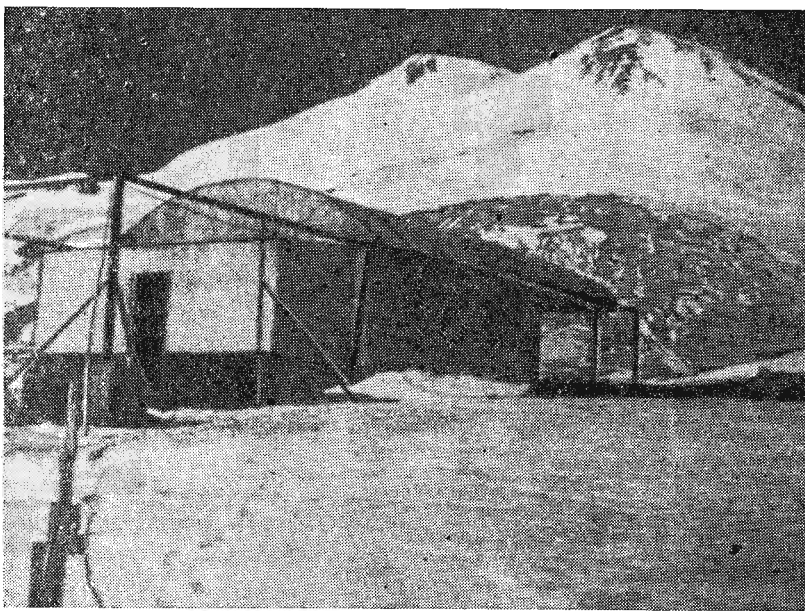
ность материи, сделаны оценки напряженности магнитных полей вспышек, выявлены некоторые структурные особенности протуберанцев.

Чтобы лучше понять природу процессов, которые происходят в солнечной фотосфере, необходимы высокоточные наблюдения фраунгоферовых линий спектра Солнца. Получить такую спектральную информацию — исключительно трудная задача, но и она была успешно решена. В 1965—1968 годах Э. А. Гуртовенко с коллегами на базе горизонтального солнечного телескопа АЦУ-5 (диаметр питающей оптики 44 см, диаметр изображения Солнца на входной щели 16 см) и спектрографа АСП-20 создали первоклассный инструмент высокого спектрального разрешения — спектрометр двойной дифракции. На этом приборе изучается динамика и структура фотосферы: волновые и конвективные процессы, характер движений и условия формирования линий поглощения. Исследования по этой тематике ведутся вместе со специалистами Утрехтского астрономического института (Нидерланды).

Изучать вращение Земли начал в обсерватории академик АН УССР Е. П. Федоров, который занимал пост директора в 1959—1973 годах. Для этих работ характерно использование современного аппарата математической статистики при анализе материалов наблюдений. Такой подход оказался плодотворным: получены интересные выводы об особенностях вращения Земли, в частности, о движении полюса с периодом, близким к суткам, которое обусловлено влиянием жидкого ядра Земли.

Существенную роль в любых астрономических исследованиях играет количество и однородность исходных данных. Поэтому в обсерватории собирались, систематизировались и подвергались единой обработке все выполненные где-либо и когда-либо широтные наблюдения. По этим данным вычислены координаты полюса с 1890 по 1969 год. Сейчас в обсерватории исследуются относительные перемещения отвесных линий в разных точках поверхности Земли, а также изучается связь особенностей вращения Земли с планетарными геофизическими явлениями.

В 1959 году в обсерватории был установлен 70-сантиметровый рефлектор АЗТ-2, оснащенный несколькими спектрографами и электрополяриметром. В том же году Ш. Г. Горделадзе организовал планетную группу, работой которой с 1963 года руководил И. К. Коваль (в 1973—1974 годах он был директором обсерватории). Украинские астрономы ведут поляризационные и фотометрические наблюдения планет, исследуют молекулярное поглощение в атмосферах планет-гигантов, разрабатывают теорию переноса излучения в атмосферах планет. Наблюдения атмосферы Марса показали, что наиболее вероятные составляющие аэрозольных частиц — силикаты. Измеряя интегральный блеск Марса в 1967 году, сотрудники обсерватории одновременно с американскими исследователями обнаружили эффект оппозиции — аномальное увеличение яркости диска Марса, когда планета приближается к оппозиции. Предположив, что поверхностные слои Марса, как и Луны, очень рыхлые, специалисты Голо-



сеевской обсерватории получили закон отражения от поверхностей этих тел и объяснили причину возникновения эффекта оппозиции у Марса. На обсерватории разработан также метод точного расчета непрерывного спектра облачных атмосфер, что позволило достаточно строго интерпретировать результаты наблюдений Юпитера и Сатурна и подтвердить аммиачную природу облаков в их атмосферах.

Известно, что солнечная активность влияет на физическое состояние межпланетного пространства, а кометы реагируют на эти изменения. Советские ученые предложили использовать кометы как природные космические зонды и, наблюдая их, получать информацию о физическом состоянии космического пространства.

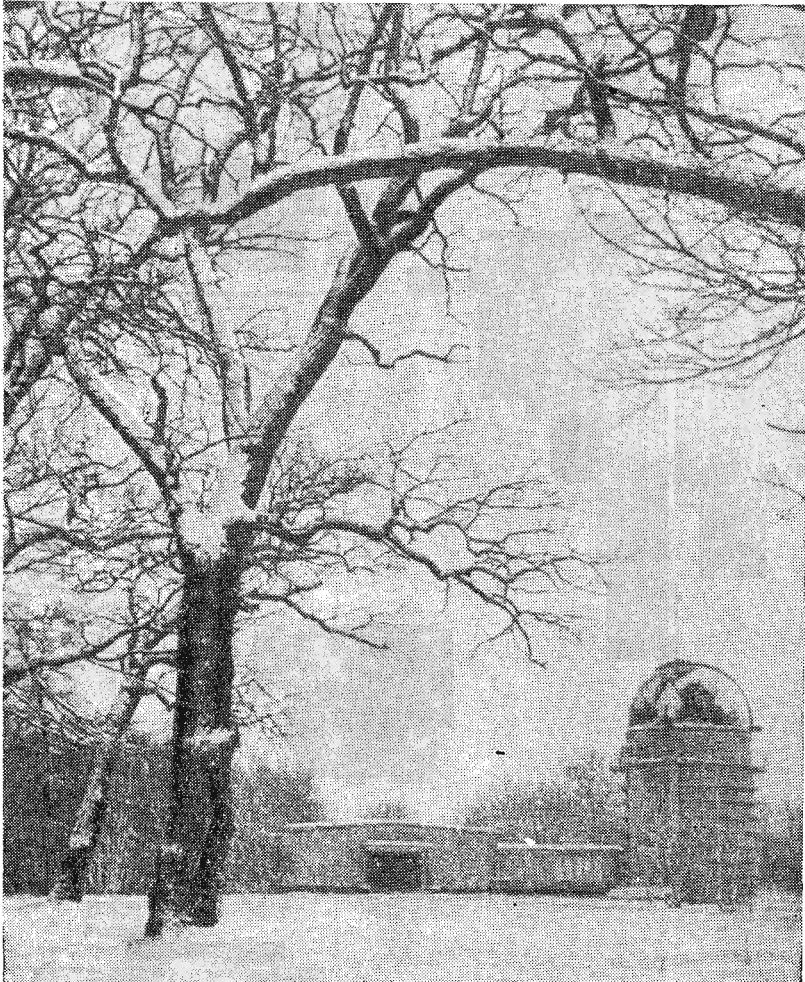
В Главной астрономической обсерватории АН УССР собраны и систематизированы материалы наблюдений комет, выполненные в нашей стране и за рубежом в период Международного года спокойного Солнца. Начатые тогда исследования по физике комет активно продолжаются и в настоящее время.

Украинские астрономы разработали



Павильон 48-сантиметрового телескопа на пике Герскол, где сооружается высокогорная база Главной астрономической обсерватории АН УССР

Башня широкоугольного астрографа Цейсса, недавно установленного в обсерватории



газодинамическую теорию кометных атмосфер, которая применялась для интерпретации распределения яркости в изображениях комет и диагностики межпланетной плазмы. Они предложили новую методику определения физических свойств пылевой составляющей кометных атмосфер по данным инфракрасных и поляриметрических наблюдений. Выявлены некоторые закономерности, связывающие солнечную активность с поведением атмосфер комет. В частности, по наблюдениям плазменных хвостов найдена зависимость скорости солнечного ветра от гелиоцентрического расстояния.

В течение многих лет на обсерватории под руководством И. Г. Колчинского изучаются оптическая нестабильность земной атмосферы и рефракция, их влияние на астрометрические наблюдения. Получен и проанализирован большой материал наблюдений мерцания и дрожания изображений звезд в поле зрения телескопа. Изучены также аномалии рефракции вблизи горизонта и их зави-

симось от метеорологических условий.

С улыбкой вспоминаются первые годы деятельности обсерватории, когда вычислительные работы выполнялись на ручных арифмометрах. Затем появились электрические счетные машины — в принципе те же арифмометры, но значительно ускорившие вычисления. Теперь теоретические расчеты и обработка наблюдений осуществляются в вычислительной лаборатории, оснащенной ЭВМ «Мир-1», «Мир-2» и «Раздан-2», а при необходимости используются и более мощные машины Института кибернетики АН УССР.

Укрепились связи Главной астрономической обсерватории АН УССР со всеми советскими и многими иностранными обсерваториями. Украинские астрономы входят в различные комиссии Международного астрономического союза и принимают участие в работе его съездов и симпозиумов. Главную астрономическую обсерваторию АН УССР посещают многие иностранные специалисты, не-

которые проходят здесь стажировку.

Вскоре на обсерватории появятся новые современные инструменты. В специальной башне заканчивается монтаж широкоугольного двойного астрографа Цейсса (диаметры объектов 40 см, фокусное расстояние 200 см), сооружается новый лабораторный корпус.

В 1971 году на пике Терскол (3100 м над уровнем моря) началось строительство высокогорной базы Главной астрономической обсерватории АН УССР. Первым был установлен 48-сантиметровый рефлектор АЗТ-14. На нем ведутся фотоэлектрические наблюдения блеска нестационарных звезд. Позже оборудование высокогорной базы пополнилось 20-сантиметровым телескопом АЗТ-7 для изучения астроклимата и камерой АФУ-75.

Перед Главной астрономической обсерваторией АН УССР, как и перед всей советской наукой, открыт широкий путь к познанию мира и использованию результатов научных разработок на благо человечества.



НОВОЕ О ТИТАНЕ И МИМАСЕ

30 марта 1974 года произошло покрытие Луной Титана — крупнейшего спутника Сатурна. Обработка

данных, полученных при наблюдении этого явления, позволила американским ученым Дж. Эллиоту, Дж. Веверке, Дж. Гогену и Э. Данему определить с большей точностью диаметр спутника. Он равен примерно 5800 км, что почти на 800 км превышает принятую ранее величину.

Фотоэлектрические наблюдения Титана выполнил на Лоуэлловской обсерватории (США) Дж. Локвуд. Он отметил равномерное возрастание блеска Титана, а также изменение его окраски от желтой к голубой. В крайней восточной точке своей орбиты Титан имеет больший блеск, чем в противоположной.

Как будто бы подтверждается предположение, согласно которому Титан постоянно обращен к Сатурну одной и той же стороной.

На Лоуэлловской обсерватории проводили фотометрические исследования и другого спутника Сатурна — Мимаса. О. Франц измерил видимую звездную величину этого ближайшего к Сатурну спутника. Блеск Мимаса оказался на 1 звездную величину слабее, чем полагали до сих пор (12,1 величины). Значит, размеры Мимаса прежде существенно преувеличивали, а плотность, наоборот, занижали.

«Science News», 107, 9, 10, 1975.

Директор обсерватории От-Прованс,
член Французской академии наук
Ш. ФЕРЕНБАК

Обсерватория От-Прованс

В 1938 году на юге Франции, в горном районе Верхнего Прованса началось строительство обсерватории. Выбор места для обсерватории определялся исключительно благоприятными климатическими условиями этого района Альп: значительным числом ясных ночей в году и прекрасным качеством телескопических изображений. Сейчас обсерватория От-Прованс — одно из учреждений, объединяемых Национальным центром научных исследований Франции (CNRS).

Обсерватория разместилась на территории 160 га. Здесь сооружены 14 астрономических башен с инструментами, лабораторные здания, мастерские и ряд служебных помещений.

Самый крупный инструмент обсерватории — рефлектор, параболическое зеркало которого имеет диаметр 1,93 м и фокусное расстояние 10 м. Это зеркало, изготовленное в Парижской обсерватории под руководством выдающегося оптика А. Кудера, дает превосходные изображения. Рефлектор может работать в оптических схемах Ньютона, Кассегрена, в прямом фокусе и фокусе куде. Телескоп снабжен многочисленными вспомогательными приборами, в частности, одним из самых мощных в мире спектрографов. На этом спек-

трографе проводятся детальнейшие исследования звездных спектров для определения химического состава звезд и их атмосфер, а также для измерения лучевых скоростей звезд.

Среди других инструментов обсерватории — 120- и 152-сантиметровые рефлекторы, камера Шмидта, созданная совместно с Льежским университетом (Бельгия), метровый и 60-сантиметровый телескопы. Находится в обсерватории и телескоп с диаметром зеркала 1 м, принадлежащий Женевскому университету (Швейцария). Установленное на телескопах уникальное оборудование, например электронная камера известного астрофизика А. Лальмана, значительно увеличивает мощь инструментов и позволяет им соперничать с самыми крупными телескопами мира.

Деятельность обсерватории требует довольно сложной системы организации. Сотня инженеров и наблюдателей обеспечивает бесперебойную работу всех телескопов. Конструкторское бюро и мастерские (механическая, столярная, электро-механическая и электроники) заботятся о ремонте инструментов, а также об оснащении их новой техникой. В астрономических наблюдениях, которые ведутся в обсерватории, все шире находят применение электроника, телевизионная техника, ЭВМ.

Невозможно даже перечислить все многочисленные исследования, выполненные в обсерватории. Поэтому ограничимся рассказом лишь о самых интересных работах и открытиях, которые были сделаны в последние годы. Используя современ-

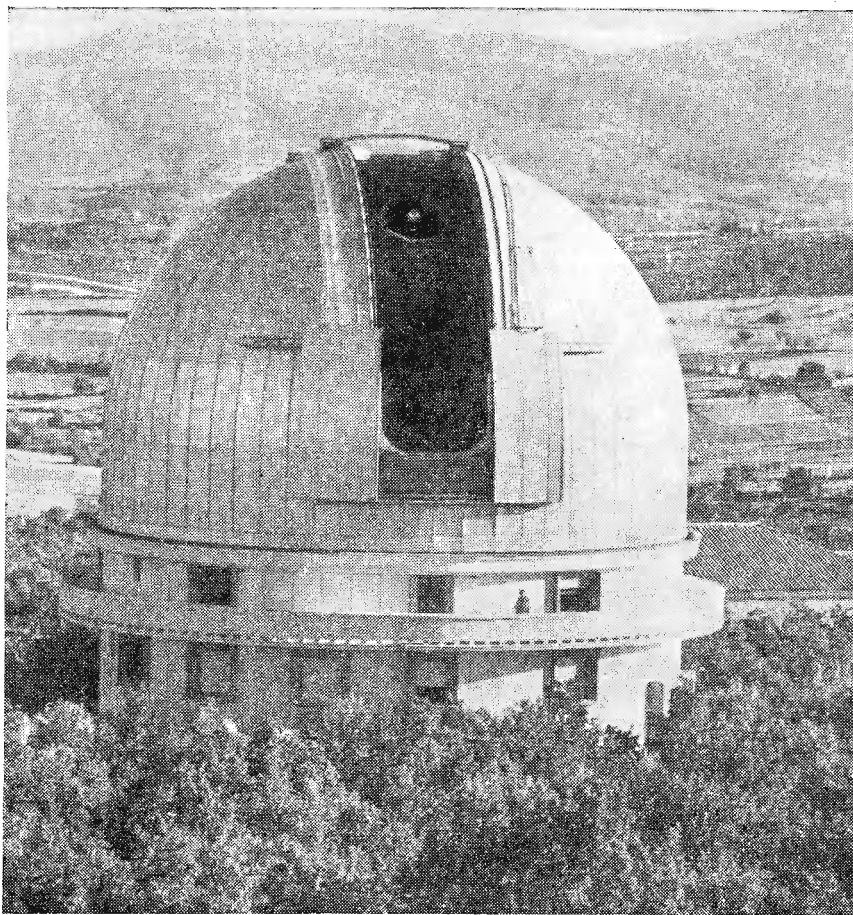
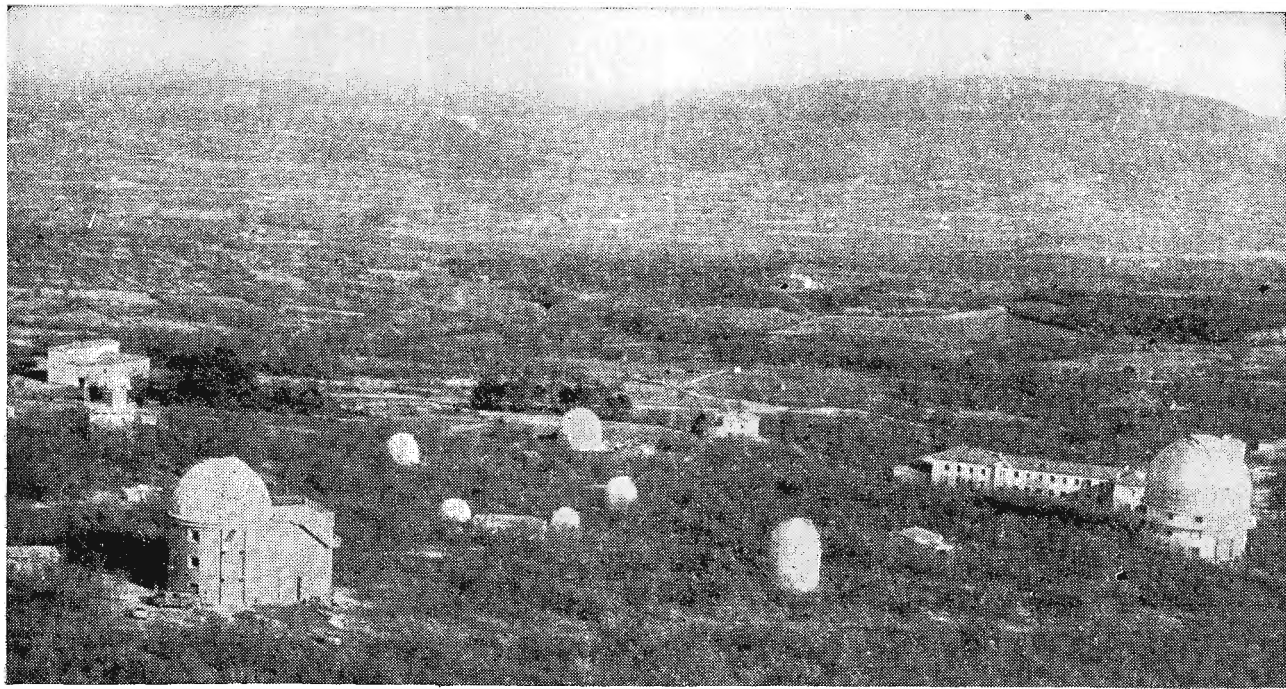
ную технику, П. Коннес получил исключительно хорошие по качеству спектрограммы планет и обнаружил следы газообразных HF и HCl в атмосфере Венеры. Планетные спектры, опубликованные в научных изданиях, специалисты считают уникальными. Столь же хорошими оказались и спектры нескольких комет, которые астрономы обсерватории От-Прованс получили вместе со своими коллегами из Льежского университета. Эти спектры позволили осуществить важные исследования физических процессов в кометах.

На обсерватории От-Прованс ведутся разнообразные астрономические наблюдения, но предпочтение все же отдается звездной астрофизике, изучению Галактики и внегалактических туманностей.

На обсерватории регулярно наблюдаются новые звезды. Особенно подробно изучен спектр Новой Дельфина. Интересные исследования инфракрасного спектра звезд выполнили И. Андрия и М. Дюшен на спектрографе новой конструкции. Не менее интересные наблюдения провели Ж. Куртес, Ж. Моннэ и И. Жоржелэн. Они детально изучили расположение и движения водородных облаков Млечного Пути. Предложенный ими метод наблюдения водородных облаков нашей Галактики используется теперь при исследовании других звездных систем.

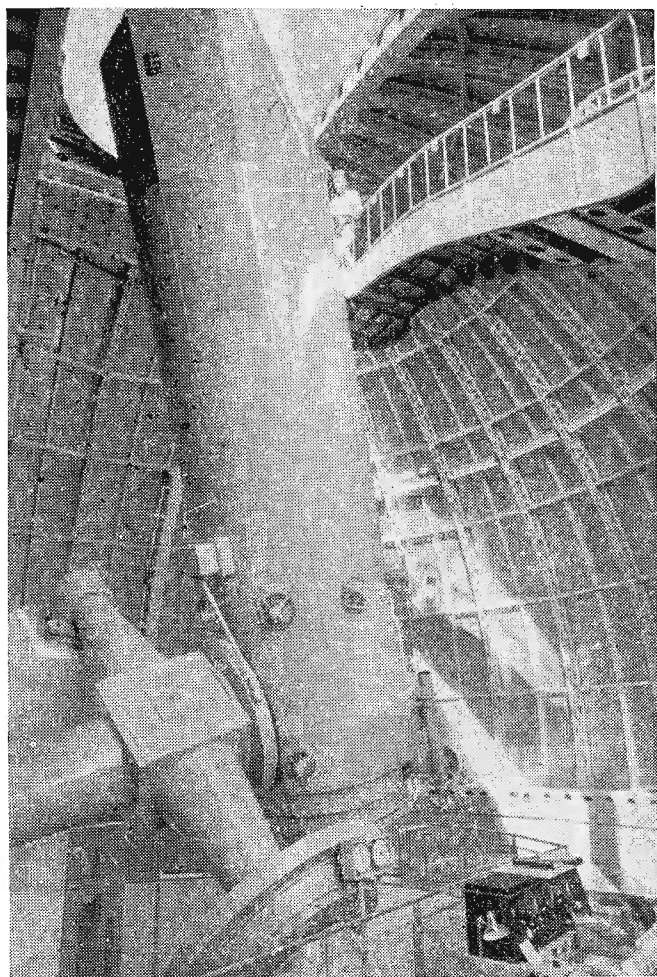
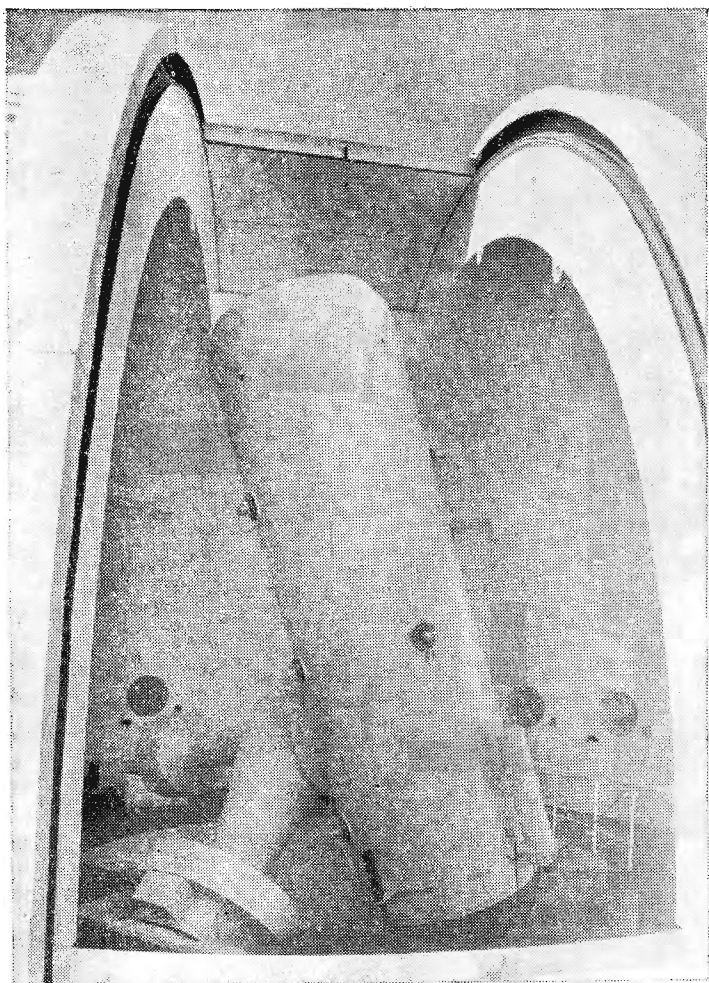
Большого успеха достигли астрономы обсерватории От-Прованс в определении лучевых скоростей звезд. Уже опубликованы результаты измерений многочисленных спектрограмм. Они были получены на классическом щелевом спектрогра-

Журнал уже знакомил читателей с обсерваториями Австралии (№ 3, 1965, стр. 51—63), Польской Народной Республики (№ 3, 1969, стр. 53—56), Англии (№ 5, 1970, стр. 45—47). В этом номере рассказывается об одной из астрономических обсерваторий Франции.



■
Обсерватория От-Прованс

■
Башня телескопа с диаметром зеркала 1,93 м



■
152-сантиметровый рефлектор обсерватории От-Прованс

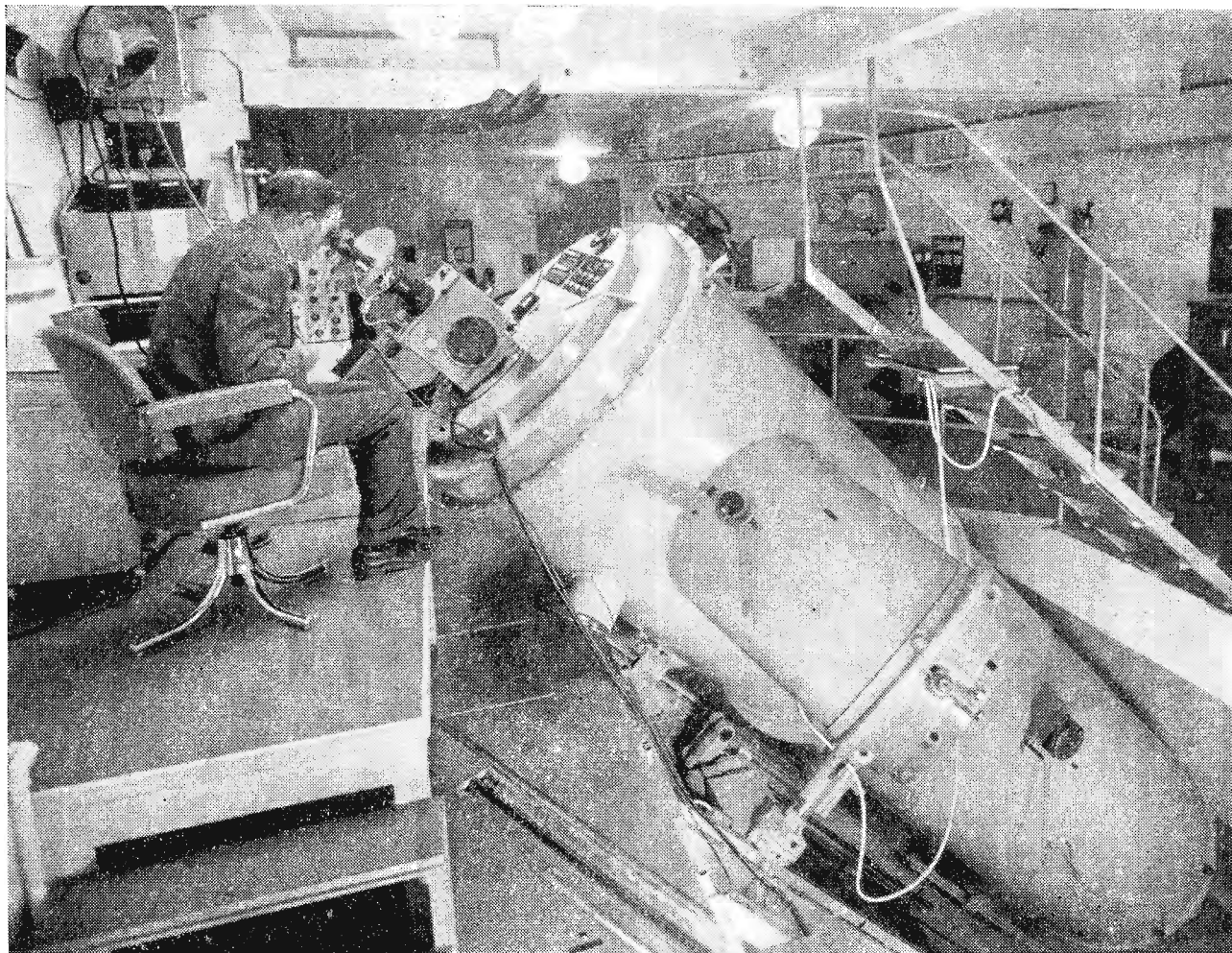
■
Самый крупный инструмент обсерватории От-Прованс. Диаметр зеркала телескопа 1,93 м

фе и с объективными призмами, оригинальная конструкция которых принадлежит автору статьи. Сорок звезд, исследованных в сотрудничестве с канадскими астрономами, приняты Международным астрономическим союзом в качестве стандартных звезд при определении лучевых скоростей.

Местоположение обсерватории От-Прованс с каждым годом все меньше удовлетворяет астрономов. По их мнению, этот район Альп слишком быстро развивается и освещенность все сильнее мешает наблюдениям. Кроме того, теперь известно, что на высокогорных обсерваториях (а обсерватория От-Прованс возвышается лишь на 650 м над уровнем моря) телескопические изображения ста-

бильнее и на них с успехом можно проводить весьма ценные для астрофизики ультрафиолетовые наблюдения. Вот почему обсерватория От-Прованс приступает к строительству наблюдательной станции на горе Ширан (высота 1900 м). На станции предполагается установить метровый телескоп, на котором будут проводиться фотометрические исследования и ультрафиолетовые наблюдения.

Астрономы обсерватории От-Прованс вместе со своими канадскими коллегами и сотрудниками Гавайского университета принимают участие в создании 3,6-метрового телескопа. Он будет установлен на Гавайских островах, на вершине Мауна Кеа (высота 4200 м). Но даже и пос-



■
Ш. Ференбак проводит спектральные наблюдения на 1,93-метровом телескопе. Спектрограф установлен в фокусе куде

ле установки этого мощного инструмента обсерватория От-Прованс по-прежнему останется одним из ведущих астрономических учреждений

Франции. Обсерватория продолжает свои важные и оригинальные исследования.

Перевод с французского
П. Г. КУЛИКОВСКОГО



ЭКСПЕДИЦИИ

Кандидат физико-математических наук
В. С. ЛАТУН

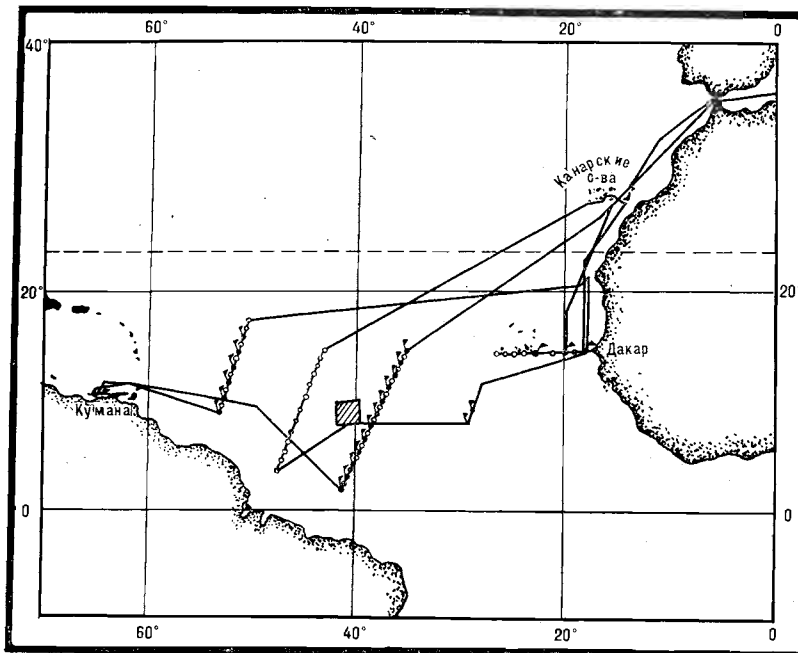
«Академик Вернадский» продолжает исследования

В настоящее время некоторые государства Атлантического бассейна увеличили ширину экономической зоны до 200 миль. Поэтому традиционные рыбопромысловые районы, в том числе биологически исключительно продуктивные акватории прибрежного апвеллинга, оказались закрытыми для международного рыболовства. Значит, надо добывать рыбу в открытом океане. Но как и где?

Ученые давно знали, что интенсивные восходящие движения вод происходят не только в прибрежной полосе, но и вдали от берегов, в зонах дивергенции (расхождения) течений. Несколько десятилетий назад одна из таких зон ориентировочно была нанесена на карту Атлантики параллельно Северному пассатному течению. В восьмом рейсе экспедиции научно-исследовательского судна «Академик Вернадский» предстояло на основании комплекса физических, химических и биологических характеристик проверить существование зоны подъема глубинных вод.

В экспедиции большинство научных отрядов работало над выполнением программы «Декалант». В нее входило исследование пространственной структуры и временной изменчивости полей течений, температуры, солености, гидрохимических параметров и установление связи физических и химических характеристик акваторий Атлантического океана между 5 и 15° с. ш. с ее гидробиологическими показателями.

Выполнение подобной задачи еще 10 лет назад было технически невозможным: на исследовательском



судне не было автоматических приборов и быстродействующих ЭВМ. На судне «Академик Вернадский» измерение вертикального распределения температуры и солености в слое толщиной тысяча метров занимало считанные минуты, причем данные измерений сразу же вводились в ЭВМ, немедленно обрабатывались, что позволяло целенаправленно менять программу эксперимента. Течения измерялись не только тради-

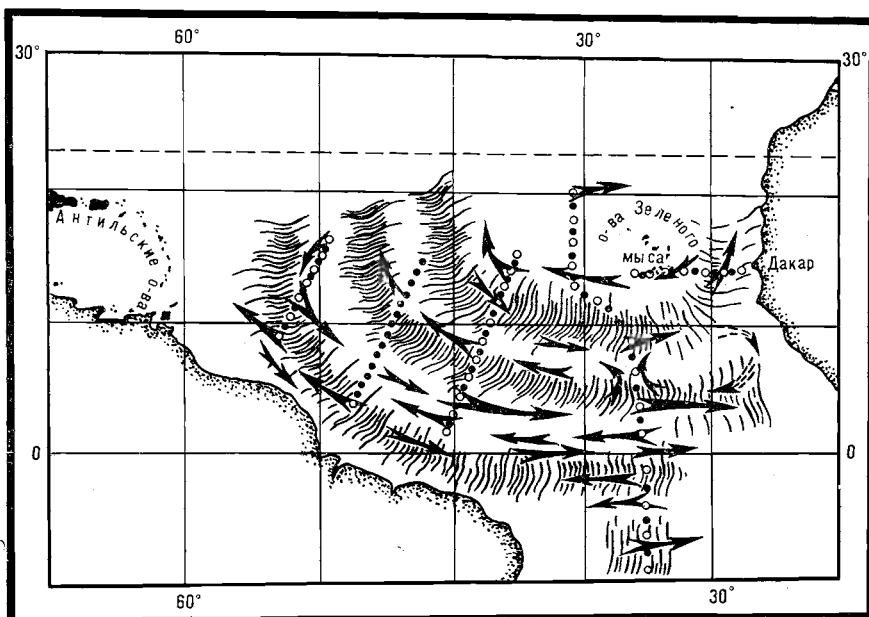
■
Схема восьмого рейса научно-исследовательского судна «Академик Вернадский». Дрейфовые станции показаны кружками, буйковые станции — флажками, геофизический полигон отмечен квадратом

ционными цифропечатающими вертушками, но и автоматизированным прибором «Аист», который регистрировал измеренные величины скорости и направления потока на магнитную проволоку. Для исследования тонкой структуры верхнего деятельного слоя океана использовались новые приборы: падающий зонд скорости звука и падающий зонд температуры. Дополнительные сведения о гидрологической обстановке и биологической продуктивности дали массовые гидрооптические измерения. Результаты экспедиционных наблюдений удалось обработать еще до возвращения в Севастополь на судовой ЭВМ. Расчеты и научные выводы были сделаны позднее. Ока-

залось, что прежние представления о структуре Северного пассатного течения неверны.

Северное пассатное течение всегда считалось широким (около 1000 км) и сравнительно медленным, однонаправленным с востока-юго-востока на запад-северо-запад потоком. В восьмом рейсе «Академик Вернадский» выполнен три основных разреза поперек этого течения. Расстояние между вертикалями, на которых проводились гидрофизические и гидробиологические измерения, составляло около 55 км (30 морских миль). Такая методика позволила обнаружить динамические структуры средних масштабов.

Главная неожиданность заключалась в том, что в районе Северного пассатного течения обнаружена система противоположно направленных струй. Поперечный размер каждой струи около 100 км. Движение воды в струях имеет винтообразный характер (вращение правое): если смотреть по течению, то у левой границы потока «видишь», как происходит подъем глубинных вод, а у правой границы — опускание поверхностных. Следовательно, на стыке разнонаправленных потоков вертикальные движения вод должны быть особенно интенсивными. И действительно, по распределению многих физических, химических и биологических характеристик установлено чередование зон подъема и опускания вод. Основные зоны подъема глубинных вод представляют собой две полосы, протянувшиеся с северо-запада от 11—12° до 7° с. ш. (первая полоса) и от 8° до 2—3° с. ш. (вторая полоса). Северная зона вы-



ражена ярче. Она более отчетливо прослеживается на картах по глубине залегания изотерм 10 и 20°С и изогалин 35 и 36‰, а также по максимальному подъему изотерм на трех основных разрезах. Несмотря на то, что глубинные воды не поднимаются к поверхности океана ближе чем на 40—50 м, биологическая продуктивность в центре полосы весьма велика: в каждом кубическом метре воды содержится от 500 до 1000 мг живых организмов. Между полосами подъема вод расположена зона их опускания, где биологическая продуктивность уменьшается в 10 раз.

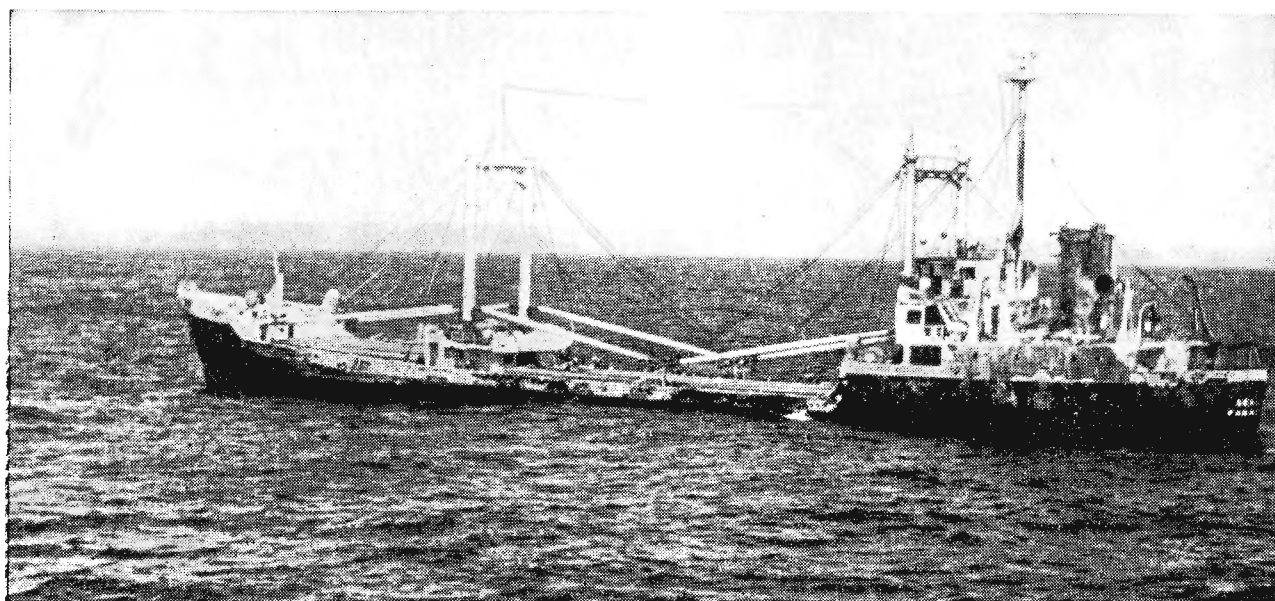
Полученные в восьмом рейсе данные о сложной структуре Северного пассатного течения являются существенно новым словом в океанологии. Перед теоретиками теперь стоит задача дать строгое гидродинамическое описание струйных течений в открытом океане. Специалисты промысловой океанографии должны освоить районы лова в открытом океане.

■ *Новая схема течений и форма поверхности океана (по А. Ф. Пастухову)*

не. Однако в программу экспедиции разведочный лов рыбы не входил. Из крупных морских обитателей отлавливали только кальмаров. И хотя пользовались самыми примитивными орудиями, в полосах подъема поймали более полутора тысяч кальмаров.

Трудовые будни начались сразу же после выхода из порта Сукре («Земля и Вселенная», № 2, 1975 г., стр. 74—76.—Ред.). На ходу судна геофизики проводили измерения гравитационного и магнитного полей Земли, гидрооптики исследовали прозрачность морской воды в различных участках спектра, гидрологи измеряли распределение температуры по вертикали. Но настоящая научная страда началась через два дня на станции № 775 — первой станции очередного разреза.

Началу работ на разрезе обычно предшествует большая подготовка. Проводится профилактика всех приборов, составляется расписание палубных работ и загрузки ЭВМ обработкой поступающей информации. Составление расписания работ — дело очень непростое. Продолжительность станции обычно не превышает полутора суток. За это время



надо поставить и снять автоматическую буйковую станцию. Это — сложная система якорей на дне океана, нескольких тысяч метров троса с подвешенными к нему приборами (до 20) и большого (водоизмещением 3,5 т) буя — носителя с проблесковыми сигналами, угловым отражателем и радиоответчиком. Постановка и снятие буйковой станции — ответственная и трудоемкая работа палубной команды и отряда течений, которая занимает от трех до шести часов. Определенное время надо выделить на периодические подходы судна к бую, ведь за несколько часов работы в дрейфе судно может удалиться на значительное расстояние. Большая часть забортных работ проводится во время дрейфа. На стальном тросе или кабель-тросе на заданную глубину опускаются измерительные приборы. Время работы научных отрядов с каждой лебедкой определено заранее с точностью до минуты, и выполнение плана во многом зависит от того, удастся ли избежать непредвиденных потерь «палубного» времени. Заранее надо продумать такую схему действий, чтобы с соседних лебедок приборы одновре-

менно не опускались на большие глубины — тросы могут перепутаться. Трос не должен тереться о борт, значит, работать надо с подветренного борта. Деятельность экспедиции будет определяться этим четким расписанием работ.

На станцию № 775 «Академик Вернадский» пришел вечером 20 января 1974 года. Начались дни и ночи напряженного труда. Ночью периодически все освещение на верхних палубах выключается — идет измерение биолюминесценции.

За борт на кабель-тросе опускается сигарообразный измеритель температуры и солености. Данные по кольцу связи немедленно передаются для обработки в вычислительный центр. Измеренные величины сохраняют перфоленты. В углу лаборатории деловито стучит автоматический перфоратор.

Среди ночи снята очередная буйковая станция. Начальник экспедиции — кандидат географических наук П. П. Гансон идет в лабораторию

■
Сухогруз «Морской лев». Порт приписки — Фамагуста (Кипр)

течений: надо оперативно проанализировать распределение вектора скорости. Специалист по течениям А. Ф. Пастухов наносит новые данные на график — и «читается» еще одна часть разреза. Такие «экспресс-графики» строят также в отрядах гидрологии, биологии, оптики, гидрохимии. Сейчас эти графики нужны для оперативной работы. Чуть позже наступит время сравнить уточненные графики между собой. И тогда можно будет еще раз убедиться, что все процессы в океане взаимосвязаны.

Для большинства членов экспедиции гидрологический разрез — это работа с промежутками для сна. Время в напряженном труде идет быстро: сменился дежурный по экспедиции — прошли еще одни сутки, получена радиограмма из дому — пролетела неделя.

Вдоль разреза «Академик Вернадский» продвигался с опережением расписания. Все отряды экспедиции работали так четко и согласованно, что не было необходимости использовать запланированные резервы времени. Это значит, что экипаж судна, возглавляемый капитаном В. Е. Синельниковым, с большим



профессиональным мастерством обеспечивал выполнение экспедиционных работ.

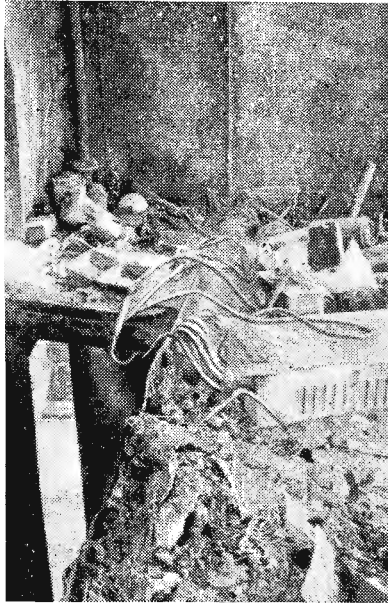
Капитана дальнего плавания Владимира Ефимовича Синельникова газета «Правда» назвала в числе лучших учеников Ивана Дмитриевича Папанина. И капитан Синельников еще раз подтвердил эту высокую оценку своими действиями при спасении горящего кипрского судна «Морской лев».

Закончив работы на разрезе 5 февраля 1974 года, «Академик Вернадский» у мыса Кап-Блан встретился с советским танкером «Тарханкут» для заправки топливом. Заправка закончилась поздно ночью.

В 3 часа 00 минут 6 февраля по всему судну раздались звонки общесудовой тревоги. Из динамиков отчетливо был слышен спокойный голос Владимира Ефимовича:

— Средства пожаротушения... К спуску шлюпку № 2 под командованием старшего помощника А. П. Коноплева... Аварийная партия 10 человек.

Пожар! Кто горит? «Тарханкут»? «Михаил Ломоносов», который должен получить бункер после «Вернадского»? Горел кипрский сухогруз «Морской лев». Пожар возник в машинном отделении. Все жилые помещения, а также радиорубка, штурманская рубка и ходовой мостик расположены в кормовой части судна, вокруг шахты машинного отделения. Пламя так быстро охватило надстройки, что «Морской лев» даже сигнала SOS дать не успел. В первые же минуты пожара сгорели шлюпки. Огонь бушевал. Плавилось стекло иллюминаторов. Горел алю-



миний. Раскаленное железо надстройки светилось вишнево-красным цветом.

С ходового мостика «Академика Вернадского» горящее судно было замечено в 2 часа 50 минут. На аварийных радиочастотах сигналы бедствия не прослушивались. Сигнальных ракет не замечено. Расстояние до горящего судна 5 миль. В. Е. Синельников принял решение идти на помощь. 3 часа 15 минут, широта $21^{\circ}16',0$ с., долгота — $17^{\circ}44',0$ з. «Академик Вернадский» подошел на расстояние 1 кабельтов к горящему

■ *Пожар потушен. По палубе мертвого судна гуляет волна*

Фото автора

судну. Ветер северо-восточный, 7 баллов, волнение 5 баллов. Экипаж аварийного судна никаких мер по тушению пожара не предпринимает. Через 15 минут на борт «Морского льва» была высажена группа разведки из четырех человек под командованием помощника капитана А. А. Антонюка. Еще 25 минут — и весь экипаж аварийного судна во главе с капитаном Артуро Кампосом доставлен на борт «Академика Вернадского». Семь человек получили серьезные ожоги. Пострадавшим оказали медицинскую помощь. Счет времени идет на минуты. На рассвете в 6 часов 50 минут капитан Артуро Кампос подписал договор о спасении по форме Морской арбитражной комиссии.

8 часов 30 минут. Основные очаги пожара в надстройках и жилых помещениях ликвидированы. Пожар в машинно-котельном отделении продолжается, аварийные партии ведут борьбу с огнем с помощью высокократной пены.

Где-то во внутренних помещениях «Морского льва» огонь еще жил, но он был побежден. Прозвучал отбой общесудовой тревоги. На толстом буксирном канате три дня вели «Морского льва» в Дакар. Пострадавших моряков поместили в лазарет, для здоровых выделили самую большую лабораторию на шлюпочной палубе. Печально посматривали они на свой обгоревший корабль. А «Морской лев» вез теперь не только две с половиной тысячи тонн минеральных удобрений, но и сотни тонн воды, которая попала в машинное отделение при тушении пожара. Осадка судна увеличивалась, волны

Доцент В. В. ПОРФИРЬЕВ
Московский областной
педагогический институт
Доцент О. Д. ШЕБАЛИН
Управление учебных заведений
Министерства просвещения СССР.

Новая специальность в педагогических институтах

гуляли по палубе. Среди научных сотрудников был объявлен набор добровольцев на откачку воды. Желющих оказалось много, отобрали человек двадцать самых крепких...

Воспоминания со временем теряют свою рельефность. Но день работ на мертвом судне никогда, наверное, не потускнеет в памяти. Навсегда запомнится всепроникающий запах гари — запах бедствия. Запах гари в воздухе: из внутренних помещений еще идет дым. Этим запахом пропитано все, к чему прикасаешься, мы долгое время смывали его с одежды и тела. Запах... и тишина, тишина, мертвая тишина железного ящика. Балки палубных перекрытий искажены жаром, стальные переборки в некоторых местах прогорели насквозь, затвердевшие ручки алюминия, кучки медных заклепок на верхней палубе — все, что осталось от спасательных шлюпок.

Да, советские моряки и ученые с честью выполнили свой интернациональный долг. Теперь можно сказать эти громкие слова. А в ту жаркую ночь каждый участник спасательной операции просто делал дело.

9 февраля 1974 года «Морской лев» и его экипаж были доставлены в Дакар. Посол СССР в Сенегале товарищ Г. А. Тер-Тазарянц от имени Родины поблагодарил участников экспедиции за успешную научную работу и за спасение иностранного судна.

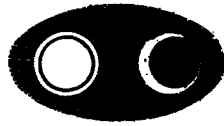
На протяжении многих лет преподавание астрономии в средней школе вызывает озабоченность научной общественности. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество, Совет по подготовке астрономических кадров при Астрономическом совете АН СССР неоднократно поднимали вопрос о необходимости коренного изменения положения астрономии в средней школе.

Одной из главных причин плохого знания астрономии школьниками справедливо считается недостаточная подготовка учителя. Астрономию в средней школе, как правило, ведут учителя физики и математики, которые прослушали в институте сравнительно небольшой курс по астрономии. Плохо и то, что до сих пор ни в министерствах просвещения, ни в областных институтах усовершенствования учителей нет штатных специалистов, которые могли бы оказать квалифицированную помощь учителям астрономии. Обычно это оправдывают тем, что астрономия занимает среди учебных дисциплин сравнительно скромное место (35 часов в 10 классе), да и специалистов астрономов, преподающих в школе, крайне мало. Только один педагогический институт в стране — Горьковский — готовит учителей физики и астрономии. Выпуск астрономов в университетах невелик, и большинство из них в дальнейшем не работает в школе.

1975-й год наметил отрядные перспективы в преподавании школьной астрономии. Разработан и утвержден новый учебный план специальности физика и астрономия, который будет введен в ряде педагогических

институтов в самое ближайшее время. Конечно, ни сейчас, ни в будущем по новому учебному плану не начнут работать все педагогические институты страны. Вероятно, это и не нужно. Но появление сравнительно большого количества специально подготовленных учителей-астрономов, несомненно, оживит методическую работу в школах, позволит создать методические центры и центры повышения квалификации учителей физики и астрономии. Разумеется, все это должно оказать самое благотворное влияние на постановку преподавания астрономии в средней школе.

Новый учебный план, как и все учебные планы двойных специальностей (например, физика и математика), рассчитан на пятилетний срок обучения. Но, по сравнению с другими планами, он имеет ряд преимуществ, обусловленных спецификой астрономии и ее чрезвычайно тесной связью с физикой. На изучение собственно астрономических дисциплин (включая методику преподавания астрономии) отводится 530 часов. Это немного. В учебном плане специальности физика и математика, по сравнению с планом специальности физика, на дополнительные разделы математики отводится более 1000 часов. Новый учебный план предусматривает четыре основных астрономических курса: «Методика преподавания астрономии» (30 часов), «Общая астрономия» (230 часов), «Основы космонавтики и физики космоса» (60 часов), «Астрофизика» (210 часов). Небольшое число часов, отведенное методике преподавания астрономии, лишь частично



АСТРОНОМИ
ЧЕШКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

оправдано тем, что этот курс читается параллельно с методикой преподавания физики. Однако и в таком скромном курсе можно все-таки дать студентам самые необходимые сведения по методике преподавания астрономии. Студенты новой специальности должны будут провести во время педагогической практики не один-два, к тому же обязательных для физиков и математиков, урока по астрономии, а четыре-пять.

Курс «Общей астрономии» расширен вдвое по сравнению с существующим курсом физического факультета в педагогическом институте. Именно при изучении «Общей астрономии» должны быть заложены основы астрономического образования будущего педагога. Отметим, как весьма положительное обстоятельство, то, что «Общая астрономия» будет читаться в пятом и шестом семестрах, когда уже пройден курс «Общей физики». Это позволит преподавать астрономию сразу на достаточно высоком уровне.

Курс «Основы космонавтики и физики космоса», которому отводится сравнительно немного времени — всего 60 часов, чрезвычайно важен. Под таким же названием идут факультативные занятия в средней школе, и новая дисциплина призвана обеспечить полноценную подготовку учителя к этим занятиям. «Основы космонавтики и физики космоса» читаются после «Общей астрономии» в седьмом семестре.

Курс астрофизики студенты будут изучать в восьмом-десятом семестрах. Программой курса предусмотрен практикум, рассчитанный на 70

часов. Поскольку астрофизику проходят на старших курсах, можно будет обеспечить ее тесную связь с теоретической физикой, изучаемой параллельно.

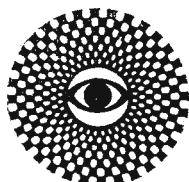
Новый учебный план уделяет значительное время (430 часов) дисциплинам по выбору. Конечно, большая часть времени будет отведена курсам физики, педагогики и т. д. Но, несомненно, среди этих курсов окажутся и два-три астрономических.

Введение пятого года обучения в педагогических институтах позволило увеличить число часов на изучение физики и математики. Организуется новый курс «Основы вычислительной математики и программирования», который познакомит будущего учителя с основами программирования. Изучение общей физики начинается с первого семестра и будет продолжаться на протяжении пяти (а не четырех) семестров. Поскольку выпускники средних школ получают теперь более глубокую и широкую математическую подготовку, основное возражение против чтения курса общей физики в первом семестре автоматически снимается. Удлинение же срока, в течение которого изучается дисциплина, как правило, приводит к лучшему ее усвоению. Большее число часов отводится на теоретическую физику, вводится также новый практикум по решению школьных физических задач.

Таким образом, новый учебный план специальности физика и астрономия открывает возможности для всесторонней подготовки учителя физики и астрономии. Программы новых курсов по астрономии и тех

астрономических курсов, которые включены в список дисциплин по выбору, в настоящее время разрабатываются. Было бы желательно, чтобы в этой работе, а также в создании новых учебников и учебных пособий приняли активное участие астрономические учреждения нашей страны.

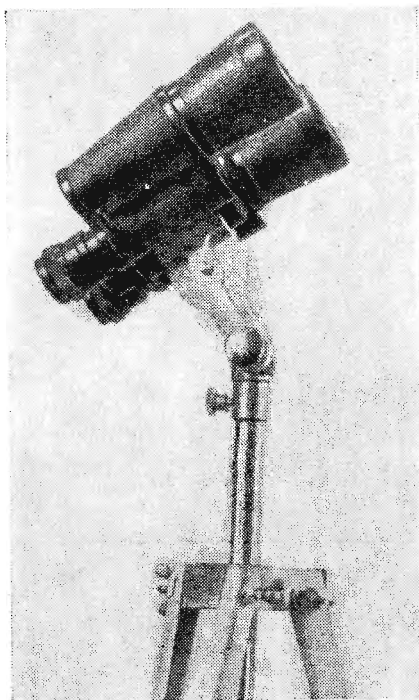
При организации новой специальности педагогические институты могут столкнуться и с объективными трудностями, особенно во время создания учебных обсерваторий. Многого здесь можно сделать своими силами. Например, в Николаевском педагогическом институте имени В. Г. Белинского благодаря исключительному энтузиазму и настойчивости доцента Н. Д. Калининкова оборудована вполне современная обсерватория. Но педагогические институты вправе рассчитывать и на помощь астрономических учреждений. Нет сомнений, что все трудности будут успешно преодолены и страна в ближайшие годы получит квалифицированных учителей физики и астрономии.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

Бинокли и астрономические наблюдения с ними

В редакцию часто поступают письма, в которых читатели просят рассказать, какие бинокли выпускаются нашей промышленностью и каковы их возможности в проведении астрономических наблюдений.



Немногим удавалось наблюдать небесные светила в большие телескопы. Это довольно редкие инструменты, часы работы с ними специалистов строго расписаны, так что времени на эпизодические наблюдения для любителей астрономии почти не остается. Более распространены школьные телескопы («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 74—79.—Ред.), но, как показывают опросы, только небольшой процент населения наблюдал в них небесные объекты.

Самые многочисленные оптические инструменты, пригодные для астрономических наблюдений,— бинокли. Конечно, они несколько уступают школьным телескопам, но не всегда и не столь значительно, как это может показаться поначалу. С хорошим биноклем можно выполнить интересные астрономические наблюдения. Надо лишь набраться терпения и научиться наблюдать.

Качество изображений, даваемое лучшими современными биноклями, превосходит то, что мог получить Галилей на своих телескопах. Поэтому, имея хороший бинокль, начинающий любитель может рассчитывать с его помощью оценить все те доводы в пользу гелиоцентрической системы мира, на которые в свое время указывал Галилей. Помимо того, что бинокли позволяют получать наблюдательные данные такого «исторического» плана, они вводят любителей астрономии и в круг некоторых проблем, интересующих современную науку.

В наше время, когда многие обсерватории мира выполняют систематические обзоры неба, трудно на-

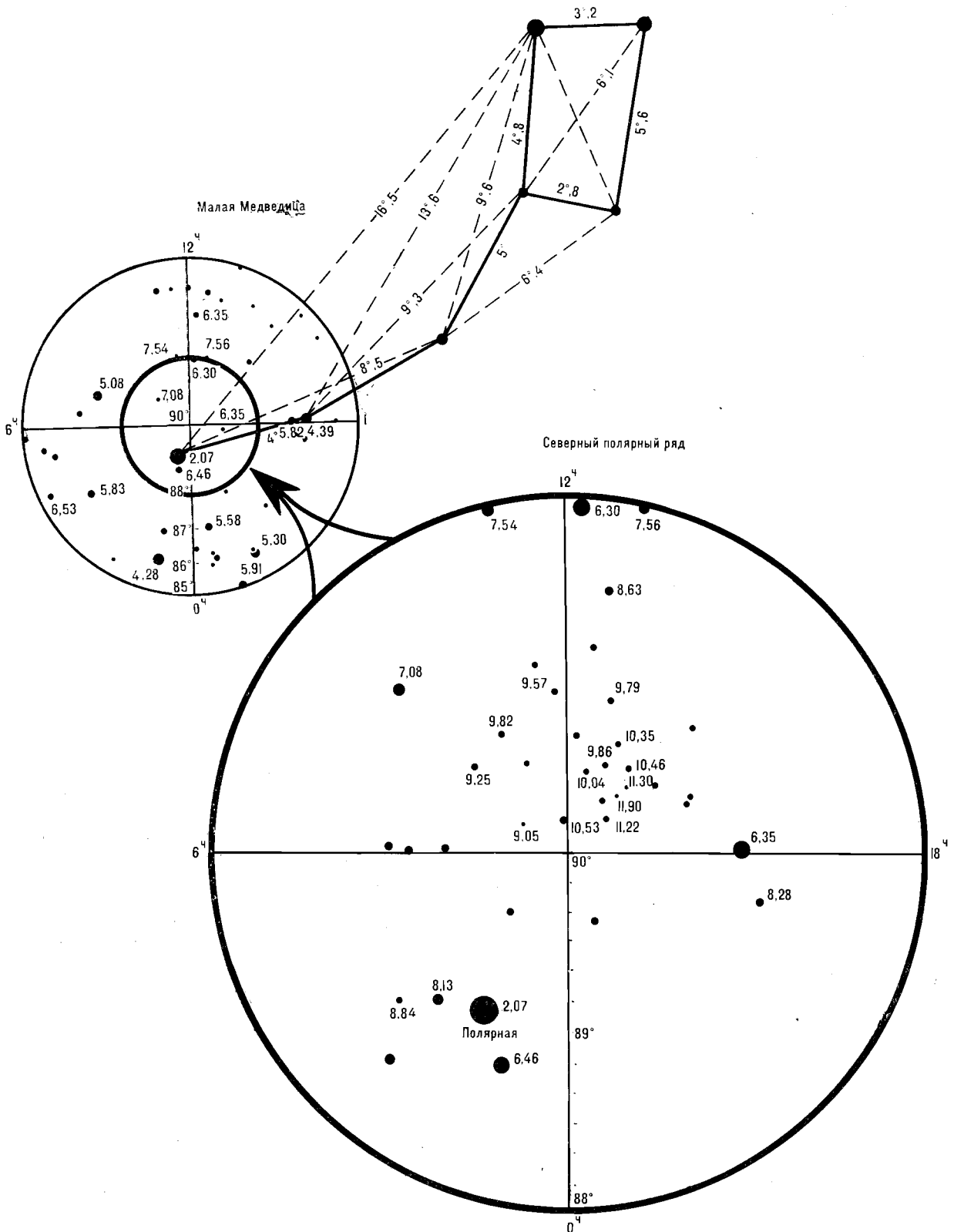
деться, что с помощью бинокля удастся вдруг сделать неожиданное открытие. Тем не менее, регулярные и тщательные наблюдения переменных звезд в бинокли представляют определенную научную ценность. Ведь переменных звезд так много, что обсерватории не могут охватить их все.

Какие же бинокли выпускает наша промышленность? Каждая модель бинокля, согласно государственному стандарту (ГОСТ), имеет свой буквенно-цифровой шифр. Буквой Б обозначают бинокли призмальные, БГ — бинокли галилеевские. Следующие за ними буквы характеризуют дополнительные признаки биноклей: Т — театральные, П — полевые и морские, Ш — широкоугольные, О — с удаленным зрачком (для носящих очки), Ф — с внутренней фокусировкой, Н — с постоянной базой, Ц — с центральной фокусировкой*.

После буквенных шифров иногда идут порядковые номера, указывающие разновидность моделей. Далее на некотором расстоянии проставляются угловые увеличения биноклей и диаметр объективов в миллиметрах. Так, запись БПЦЗ 8×30 означает, что бинокль — призмальный полевой, с центральной фокусировкой, третья модель (улучшена оптическая система), дает восьмикратное увеличение и имеет объективы диаметром 30 мм. Более подробные ха-

Бинокль БП 7×50, установленный на специальном штативе. Штатив позволяет перемещать бинокль вверх и вниз, наводить его по азимуту и высоте

* Все эти обозначения соответствуют ГОСТ 7048-72. В биноклях, которые изготовлены до 1972 года, буквенные шифры несколько отличаются от указанных выше.





ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКИ БИНОКЛЕЙ

Шифр с указанием увеличения и диаметра объектива	Поле зрения	Диаметр выходного зрачка	Расстояние выходного зрачка от окуляра	Разрешающая способность	Масса	Оптическая мощность
БШ 4×16 мм	15°00'	4 мм	14 мм	13"	0,48 кг	m 8,1
БШ 6×24	11 30	4	15	9	0,53	9,0
ВО 6×30	8 30	5	20	9	0,54	9,5
БП 8×30	8 30	3,75	14	6,6	0,65	9,5
БП 7×50	7 00	7,1	14	6	0,98	10,6
БП 10×40	7 30	4	13,6	5	1,00	10,1
БП 12×40	6 00	3,3	12	5	0,85	10,1
БП 12×48	6 20	4	13	4,4	1,10	10,5
БП 15×60	5 00	4	13	3,5	1,37	11,0
БГН 2,5×24	12 40	10 *		15	0,15	8,3 ***
БГФ 4×36	7 00	9 *		10	0,27	9,3 ***
БГШ 2,6×48	25 00	18 **		17	0,32	8,4 ***

Примечание: * — мнимый зрачок, ** — мнимый зрачок по горизонтали, *** — для глаза, диаметр выходного зрачка у которого 7 мм.

характеристики каждой модели приведены в паспортах (аттестатах).

Как проверить, соответствуют ли характеристики бинокля его паспортным данным? Угол поля зрения можно оценить по угловому расстоянию между звездами. Во многих созвездиях, например в Малой Медведице, известно угловое расстояние между яркими звездами.

Величину выходного зрачка легко измерить, если навести бинокль на дневное небо и за окуляром пере-

двигать листик кальки до тех пор, пока на нем не будет отчетливо и резко виден светлый кружок. Это и будет зрачок выхода. Его диаметр и расстояние от окуляра нужно измерить.

Как известно, увеличение телескопа $n = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$, где F и f — соответственно, фокусные расстояния объектива и окуляра, а D и d — диаметры зрачков входа и выхода. Поскольку не разбирая призмный бинокль, измерить фокусное расстояние объективов и окуляров затруднительно, то увеличения можно определять по диаметру зрачков входа (диаметр объективов) и зрачков выхода.

Возможности биноклей при наблюдении небесных светил оцениваются на основе их оптической

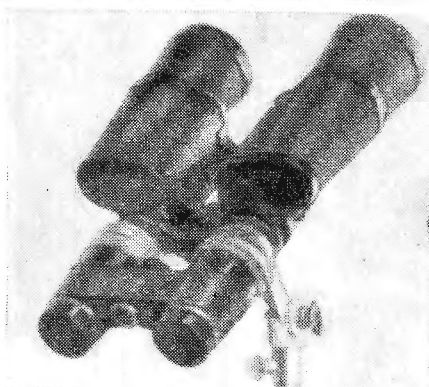
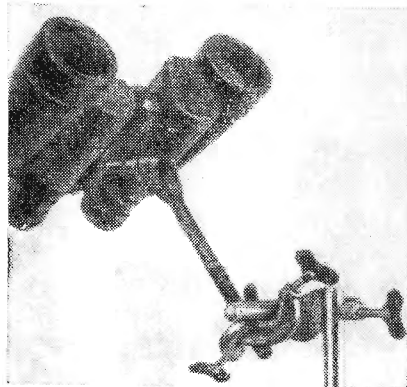
ИЗМЕНЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ЗРАЧКА ГЛАЗА С ВОЗРАСТОМ

Возраст, годы	10	20	30	40	50	60	70	80
Диаметр зрачка, мм	8	8	7	6	5	4	3	2,3

Созвездие Малой Медведицы с указанием угловых расстояний между звездами Ковша и звезды Северного полярного ряда. По угловым расстояниям между звездами Малой Медведицы можно определить поле зрения бинокля, а по фотовизуальным величинам звезд Северного полярного ряда — оптическую мощность бинокля. Угловой диаметр верхнего кружка 10°, нижнего — 4°

мощи (проникающей силы) и разрешающей способности. Оптическая мощность бинокля устанавливается по звездной величине предельно слабых звезд, которые еще можно различить в бинокль, а рассчитывается она по величине входного зрачка — диаметру объектива («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 74—77.— Ред.). Расчетные значения будут подтверждаться на практике, если наблюдения ведутся в ясную безлунную ночь, в месте, где нет посторонних источников света, а также при условии, что вся световая энергия, вышедшая из окуляра, попадает в глазной зрачок наблюдателя. Когда же диаметр выходного зрачка превосходит диаметр зрачка глаза, его дно достигнет только часть светового потока и оптическая мощность бинокля не реализуется полностью. Большие зрачки выхода имеют светосильные бинокли. Этими биноклями не рекомендуется пользоваться пожилым наблюдателям, у которых с возрастом значительно уменьшается максимальный диаметр зрачка.

Например, если в бинокль БП 7×50 со зрачком выхода 7,1 мм ведет наблюдения человек, у которого максимальный диаметр зрачка глаза 4 мм, то его глаз воспримет $\left(\frac{4}{7,1}\right)^2 = 0,32$ светового потока, вышедшего из окуляра. А это равносильно использованию бинокля с меньшим диаметром объектива: $\frac{4 \cdot 50}{7,1} = 28$ мм. В результате наблюдатель увидит



Приводимые в паспортах биноклей значения разрешаемых углов вовсе не означают, что с данным биноклем можно разрешать на компоненты двойные звезды с такими угловыми расстояниями. Эти значения предельных углов разрешения реализуются лишь на испытательных стендах, а не при непосредственных визуальных наблюдениях звезд с биноклями. Иначе говоря, оптика бинокля, в принципе, позволяет такие разрешения, но чтобы их достичь, необходимы большие увеличения, чем указанные на биноклях. Следовательно, оптика современных биноклей имеет хороший «запас качества»

Невооруженный глаз способен разрешать светящиеся точки в полной темноте на угловых расстояниях в 3—4'. Если для бинокля БП 7×50 указывается разрешающая способность 6", то при семикратном увеличении этот угол будет виден под углом в 42" — значительно меньше разрешающей способности глаза. Требуется дополнительное четырех-шестикратное увеличение, чтобы глаз увидел раздельно компоненты двойной звезды с угловым расстоянием в 6".

Об этом «запасе качества» биноклей не надо забывать и при возможности уметь его реализовать. Но вначале следует определить на практике, наблюдая близкие звезды, разрешающую способность бинокля. Для подобной работы требуется звездный атлас, а также каталог близких и двойных звезд. Можно воспользоваться, например, «Атласом звездного неба» А. А. Михайлова, вышедшим в 1974 году в издательстве «Наука» («Земля и Вселенная», № 6, 1975, стр. 85—88.— Ред.).

звезды не 10,6 величины, как следует из расчетов, а только 9,3 величины. Особенно велики потери оптической мощности у театральных галилеевских биноклей, поскольку их мнимые выходные зрачки имеют значительные диаметры — от 9 мм у БГФ 4×36 до 18 мм у БГШ 2,6×48.

Реальную оптическую мощь бинокля с учетом возможностей своего зрения каждый наблюдатель может установить, наблюдая звезды Северного полярного ряда.

Бинокль БП 12×40, укрепленный на физическом штативе. При желании можно двигать бинокль вверх и вниз, регулировать его установку по азимуту и высоте

Наблюдение в бинокль БП 8×30. Бинокль закреплен лабораторным зажимом, вставленным в деревянную подставку

Бинокль БП 7×50 с приставленным к его окулярам биноклем БГФ 4×36. Общее угловое увеличение 28-кратное



СОВЕЩАНИЕ В ЧЕРНИГОВЕ

С 16 по 18 сентября 1975 года в Чернигове (УССР) состоялось Всесоюзное совещание по проблемам методики преподавания физики в педагогических институтах.

На совещании работала секция методики преподавания астрономии. Значительное место на ее заседаниях было уделено обсуждению программ по основным курсам новой специальности «физика — астрономия» с пятилетним сроком обучения. Специальность утверждена Министерством просвещения СССР (см. статью «Новая специальность в педагогических институтах», опубликованную в этом номере журнала). Обсуждались также программы общей астрономии и астрофизики. Докладчики делились опытом преподавания астрономии в институтах, опытом организации лабораторного практикума по курсу общей астрономии, говорили о возможности использования технических средств на лекциях по астрономии, о самостоятельной работе студентов.

Совещание одобрило проекты программы и утвердило список необходимого оборудования для астрономических кабинетов педагогических институтов. В решении секции отмечен положительный опыт Николаевского педагогического института, где под руководством доцента Н. Д. Каливченко в относительно короткий срок создана лучшая обсерватория при педагогическом институте.

Приступая к наблюдениям, сразу же позаботьтесь об удобствах их проведения. Лучше всего укрепить бинокль на устойчивом штативе, который позволял бы быстро и плавно наводить его на избранные объекты в разных участках неба. Без штатива скоро устанут руки держать бинокль, а главное, трудно сконцентрировать внимание и разглядывать тонкие детали в дрожащем изображении, особенно при использовании биноклей с большим увеличением.

А можно ли повысить угловое увеличение призматического бинокля, не разбирая его оптики? Ведь неумелая разборка, как правило, снижает оптические качества бинокля даже в том случае, когда удастся его правильно собрать. Добиться больших увеличений помогает дополнительная оптика.

Не нужно гнаться за очень сильными увеличениями, достаточно двух-четырехкратного дополнительного увеличения. При больших увеличениях значительно уменьшается поле зрения и светосила бинокля, становятся заметными дефекты оптики, появляется размытость и окрашенность изображений из-за дифракции.

Как дополнительную оптическую приставку удобнее использовать бинокли с малым увеличением, например БГФ 4×36. Соединив его с биноклем БП 7×50, можно получить увеличение $4 \times 7 = 28$ крат. Находить небесные объекты с такой установкой довольно сложно, так как поле ее зрения около 1° . Поэтому дополнительную оптику лучше крепить лишь на один окуляр — тот, у которого есть дополнительная диоптрий-

ная фокусировка. Тогда этот монокуляр с дополнительной оптикой будет служить телескопом, у которого малое поле зрения, но большое увеличение, а другой монокуляр — искателем с большим полем зрения. В качестве дополнительной оптики можно использовать, например, монокуляр из набора «Сайар».

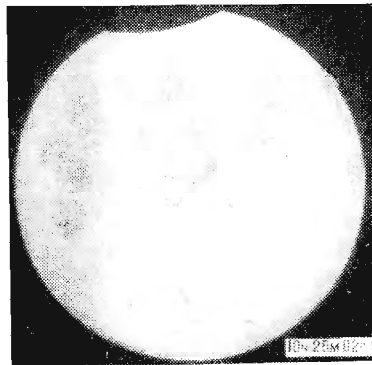
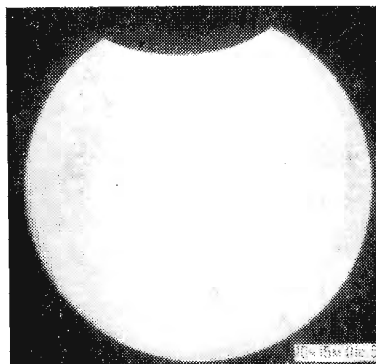
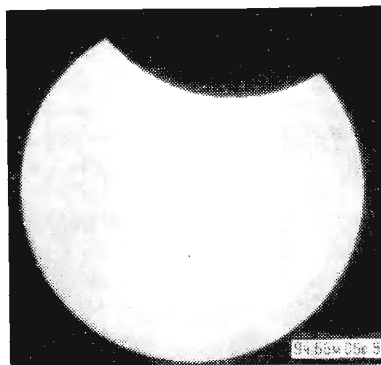
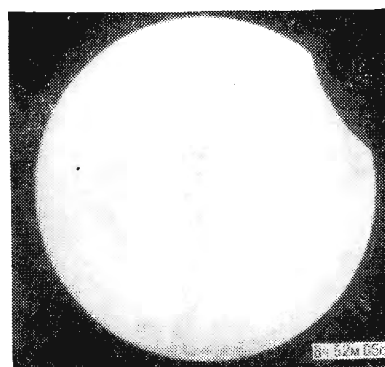
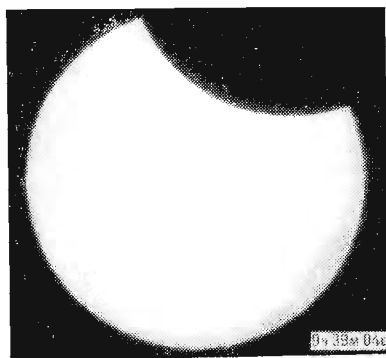
В бинокли с оптическими приставками к одному окуляру удобно наблюдать двойные звезды, спутники Юпитера, кольца Сатурна, лунный рельеф. В них заметны многие тонкие детали, которые в обычный бинокль (без приставки) не видны.

Слабые протяженные объекты — такие, как туманности и кометы, лучше наблюдать в светосильные бинокли с большими зрачками выхода. Оценить их достоинства для астрономических наблюдений можно по сумеречному числу, которое равно $\sqrt{n \cdot D}$, где n — увеличение, а D — диаметр объектива. Максимальное сумеречное число имеет бинокль БП 15×60, далее идут БП 12×48, БП 12×40, БП 10×40, БП 7×50. Однако даже в светосильный бинокль с большим сумеречным числом не удастся рассмотреть тонкую структуру туманностей и комет, ибо при незначительных яркостях разрешающая способность глаза сильно снижается.

Надеемся, что эта статья поможет начинающим любителям астрономии оценить возможности своих биноклей для астрономических наблюдений. Ну а конкретные небесные объекты, доступные биноклям и малым телескопам, следует искать в звездных атласах, каталогах, справочниках.

Доцент А. Д. МАРЛЕНСКИЙ

Доцент И. Д. ИЛЬЕВСКИЙ



ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ФОТОГРАФИИ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 11 МАЯ 1975 ГОДА

Частное солнечное затмение 11 мая 1975 года наблюдали в нашей стране многие любители астрономии. С небольшими телескопами они получили фотографии, позволяющие проследить весь ход затмения, и проводили некоторые другие наблюдения.

120 снимков сделал во время затмения десятиклассник из Воронежа А. Лосюк. Он фотографировал Солнце аппаратом «Зенит-3М», укрепленном на школьном телескопе-рефракторе (диаметр объектива 80 мм, фокусное расстояние 800 мм). Экспонирование производилось каждую минуту, а вблизи контактов—каждые 15 секунд.

Снимки частного солнечного затмения получили и ученики 6 класса 139 средней школы Ленинграда Е. Вязнер, А. Зуев и Н. Смирнов. Атмосферные условия в Ленинграде не очень-то благоприятствовали наблюдениям: перед вторым контактом небо затянули облака. Но ребятам удалось сфотографировать аппаратом ФЭД-3, укрепленном на 80-миллиметровом школьном рефракторе, первую половину затмения. Они также измеряли температуру воздуха и освещенность в зените на протяжении всего затмения.

Редакция благодарит любителей астрономии, приславших фотоснимки.

■
Фазы частного солнечного затмения 11 мая 1975 года (время московское). Снимки получил в Воронеже А. Лосюк

Персей

Созвездие Персея названо в честь знаменитого героя древних мифов. С его именем связано красивое предание.

Однажды аргосский царь Акрисий, изобретатель щита, обратился к богам с вопросом: будут ли у него в роду дети мужского пола? Боги ответили, что будут — у дочери Данаи родится сын, от руки которого Акрисий погибнет. Опасаясь за свою жизнь, Акрисий упрятал Данаю в подземелье. Но Зевс, бог богов, протек золотым дождем через крышу медного терема и взял Данаю себе в жены. Вскоре у Данаи родился сын. Узнав об этом, Акрисий заключил дочь вместе с малышом в ящик и выбросил в море. Долго носило их по волнам, наконец прибило к острову Серифу. Ящик вытащил рыбацкой сетью Диктис, брат Полидекта — царя острова.

Полидект полюбил Данаю и решил на ней жениться. Но Даная воспротивилась этому и стала искать у сына Персея защиты. Тогда Полидект решил избавиться от Персея и послал его на верную смерть — за головой ужасной горгоны Медузы. Из трех сестер горгон — Стены, Эвриалы и Медузы — только последняя была смертной. Тело горгон покрывала крепкая как сталь чешуя, у них были острые длинные клыки, медные руки и золотые крылья; на голове вместо волос извивались ядовитые змеи. Взгляд их был так страшен, что все живое от него каменело.

На помощь Персею пришли боги — Гермес и Афина. Гермес дал ему свой меч, который рубил металл любой прочности, Афина снабдила ополитованным, как зеркало, щитом.

PERSEUS



Она же направила Персея в самосский город Дейтерион, где находились изображения трех горгон, чтобы научиться отличать смертную Медузу от ее бессмертных сестер. Затем помогла добраться до сестер грай, от рождения старух. У них на троих был один глаз и один зуб, которыми они пользовались поочередно. Хитростью Персей завладел глазом и зубом и вернул их только тогда, когда грайи привели его к стигийским нимфам. У них хранились крылатые сандалии, волшебная сумка и шапка-невидимка, принадлежащая богу подземного царства Аиду. Получив все это от нимф, Персей полетел к острову горгон.

Он застал их спящими. Глядя в свой щит, где видно отражение гор-

гон, Персей одним взмахом меча отрубил Медузе голову и тут же спрятал ее в свою сумку. Из дымящегося туловища Медузы выскочил крылатый конь Пегас. Персей укротил коня и невидимый в шапке Аида бросился прочь, спасаясь от проснувшихся грозных сестер Медузы.

Пролетая над Эфиопией, Персей увидел на берегу океана прикованную к скале и обреченную на гибель Андромеду. Он спас красавицу от чудовища и женился на ней.

Недолго оставался Персей в Эфиопии. Вскоре он вернулся на остров Сериф и узнал, что в его отсутствие Полидект жестоко преследовал Данаю. Разгневанный Персей вошел в зал, где пировал Полидект с друзьями, и показал им голову Медузы. Все окаменели.

Исполнив свой долг, Персей отдал Гермесу его меч, стигийским нимфам — сандалии, сумку и шапку, а Афине подарил голову Медузы, которую она укрепила на своем щитке. Затем Персей, Андромеда и Даная отправились на родину, в Аргос. Царь Акрисий, узнав, что внук возвращается домой, бежал в пеллагскую Лариссу. Спустя некоторое время Персея пригласили туда на соревнования по пятиборью. Брошенный им диск, подхваченный ветром, смертельно ранил Акрисия. Так сбылось предсказание богов...

В мифе о Персее смешались древние представления о солнечном божестве, побеждающем силы мрака, с народной сказкой. Миф имеет параллели в фольклоре других народов, в том числе и русского — в «Сказке о царе Салтане».

И. И. НЕЯЧЕНКО



КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

Марки, посвященные советской космической радиосвязи

Вечером 6 ноября 1966 года жители Владивостока впервые одновременно с москвичами увидели на экранах телевизоров торжественное заседание в Кремлевском Дворце съездов. На следующий день Владивосток смотрел парад и демонстрацию на Красной площади, а 8 ноября Приморье следило за финалом Кубка СССР по футболу... Передачи ретранслировались через четвертый космический спутник связи «Молния-1».

Год спустя, в 50-ю годовщину Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране начала работать сеть специальных станций «Орбита», осуществляющих с помощью спутников прямой прием передач Центрального телевидения более чем в двадцати районах Дальнего Востока, Сибири, Крайнего Севера и Средней Азии. Помимо телевизионных программ система «Орбита» может передавать телеграфные и телефонные сообщения и другие виды информации. Создание этой системы увеличило число телезрителей на двадцать с лишним миллионов.

Спутники «Молния» выводятся на высокоэллиптические орбиты с апогеем 40 тыс. км, расположенным над северным полушарием, и перигеем 500 км над южным полушарием. Совершая каждые сутки два витка, на одном из них спутник пролетает над территорией Советского Союза и находится в зоне одновременной видимости из Москвы и Владивостока примерно 9 часов. Спутник имеет две параболические антенны и шесть панелей солнечных батарей. Он передает телевизионные сигналы из

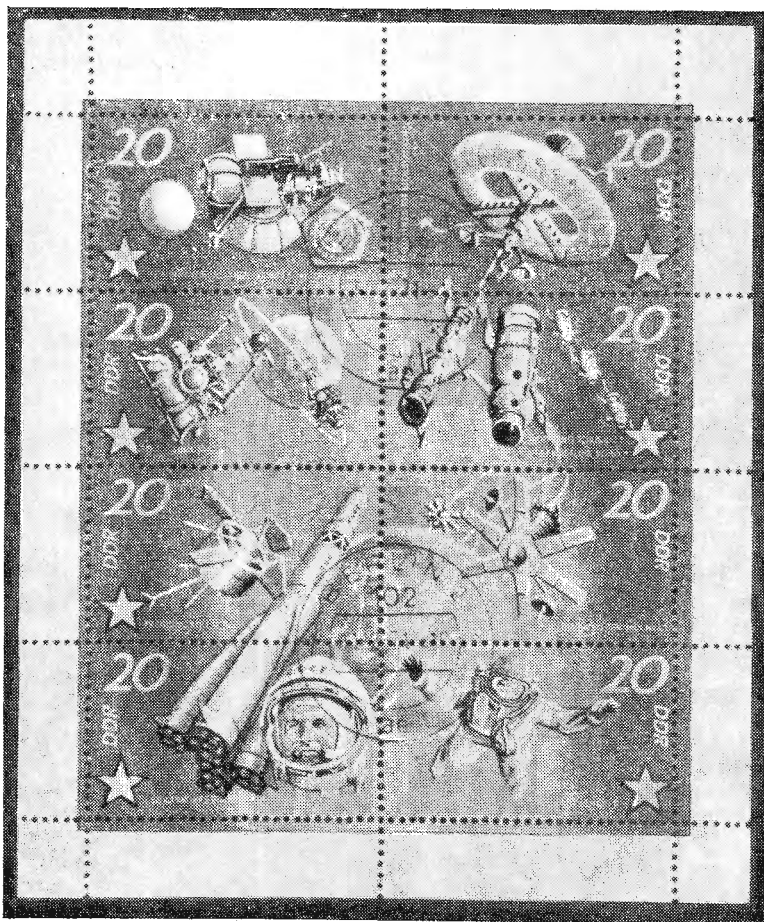


Москвы во Владивосток за 0,25 секунды.

Первый спутник связи «Молния-1» был выведен на орбиту 23 апреля 1965 года. Рождение советской космической радиосвязи было отмечено в апреле 1966 года выпуском специальной марки, на которой воспроизведена схема телевизионной передачи через спутник и показаны экраны телевизоров с изображениями кремлевской башни и памятника Г. И. Невельскому во Владивостоке.

В декабре 1966 года в серии из пяти марок на различные космические сюжеты вышла марка, посвященная запуску 20 октября 1966 года четвертого спутника связи «Молния-1». На этой марке изображен спутник, а на втором плане — орбита и поток радиоволн, излученных его антенной. Создание космической системы связи «Орбита» стало темой трех марок с купонами, поступивших в продажу в ноябре 1968 года. На одной из них представлен спутник связи, на второй — карта Советского Союза, где обозначены 23 приемные станции, на третьей показана приемная станция.

Спутник связи «Молния-1» нашел свое отображение также на марках и блоках ряда других стран. В 1965 году марка с изображением спутника «Молния-1» вышла в Венгрии, в серии из семи космических марок крупного формата. На рисунке есть неточность: одна из антенн спутника принимает сигналы с Земли, а другая — посылает их на Землю: в действительности во время сеанса связи работает только одна антенна спутника, а вторая является резервной. Для использования второй антенны необ-



Выдающийся русский мореплаватель и ученый

ходимо повернуть спутник на 180° вокруг его продольной оси. В 1966 году марка, посвященная советскому спутнику связи, поступила в обращение в Монголии (серия из восьми марок). В 1967 году в Болгарии вышла серия из шести космических марок, на одной из них изображен наш спутник связи на фоне земного шара. Любопытно отметить, что антенны спутника на этой марке ориентированы неправильно по отношению к Земле. В 1971 году в Германской Демократической Республике издан почтовый блок из восьми марок, отражающий основные достижения советской космонавтики. Изображенный в нижней части блока земной шар опоясан орбитами двух спутников «Молния». В 1973 году в серии из семи кубинских марок, рассказывающей об успехах советской космонавтики, вышла марка, изображающая советский спутник связи в полете.

Сейчас передачи, ретранслируемые спутниками «Молния», принимаются и в других социалистических странах по созданной 15 ноября 1971 года системе «Интерспутник». В Монголии это событие отражено в почтовом блоке с изображением приемно-передающей станции.

Недавно на Кубе была выпущена специальная серия из трех марок, на одной из которых — приемно-передающая станция, на второй — спутник связи и государственные флаги девяти социалистических стран, членов системы «Интерспутник», на третьей — спутник над Карибским морем и наземная антенна

В. А. РУДОВ

Первое кругосветное плавание русские совершили в 1803—1806 годах на кораблях «Надежда» и «Нева». Командовали этими кораблями И. Ф. Крузенштерн и Ю. Ф. Лисянский. В русской истории это плавание было знаменательным событием: Россия впервые вышла на просторы Мирового океана. Крузенштерн, руководитель экспедиции, был не только выдающимся мореплавателем, но и крупнейшим ученым — картографом и географом, видным деятелем Морского ведомства, руководителем Морского кадетского корпуса, создавшим Военно-морскую академию и свою школу моряков. Об исторической роли и деятельности Крузенштерна рассказывается в книге В. М. Пасецкого «Иван Федорович Крузенштерн» («Наука», М., 1974). Автору удалось связать различные периоды изучения полярных областей и Мирового океана с событиями русской и мировой истории.

Обстоятельно рассказано о деятельности Российской-Американской компании, сыгравшей большую роль в изучении северной части Тихого океана и русских территорий северо-западной Америки. Суда экспедиции «Надежда» и «Нева» были куплены и снабжены на средства этой компании, а маршрут плавания и остановки в пути определялись в основном задачами снабжения ее факторий и вывоза товаров. Все эти вопросы относятся не только к предыстории плавания, но и к последующим событиям, они явились основой государственной политики той эпохи, и поэтому В. М. Пасецкий неоднократно останавливается на них в своей монографии.



Иван Федорович
КРУЗЕНШТЕРН

В книге подробно излагается разработанный Крузенштерном проект организации «Русской кругосветной экспедиции в интересах развития торговли и обогащения страны». Идея кругосветного плавания оказывается исторически неотвратимой, и в 1802 году И. Ф. Крузенштерн назначается начальником экспедиции.

Научная программа экспедиции, предложенная Академией наук, включала исследование русских владений в Америке, а также всех других мест, которые посетят корабли, описание берегов и островов, сбор коллекций минералов, почв, изучение фауны и флоры, этнографиче-

ские описания, производство метеорологических и гидрографических наблюдений. Для выполнения этой программы в состав экспедиции были включены ученые — натуралисты, минералоги, астроном, живописец. Автор рассказывает, какими огромными оказались научные результаты экспедиции, определившие по ряду вопросов уровень мировой науки того времени и сохранившие свою ценность до сих пор. Значительны и важны были географические открытия, уточнения навигационных карт, новые виды метеорологических и гидрографических наблюдений. Заметим, что астроном Горнер из экипажа «Надежды», обобщивший метеорологические наблюдения, по-видимому, впервые в истории флота высказал идею о необходимости регулярных метеорологических наблюдений в океане.

После завершения кругосветного плавания Крузенштерн посвятил себя научной работе. Прежде всего, он обобщил результаты плавания, составив «Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805 и 1806 годах на кораблях «Надежда» и «Нева», изданное в трех частях в 1809—1812 годах. Атлас, относящийся к этой работе, содержал более 100 карт и рисунков и был издан в 1813 году.

Наиболее значительным научным трудом, увенчавшимся успехом не только благодаря широкой образованности мореплавателя, но и огромному его трудолюбию, был «Атлас Южного моря» (Тихого океана), потребовавший двадцатилетней работы и едва не лишивший Крузенштерна зрения. Впервые русские мореплаватели получили богатейшее

собрание тщательно проверенных данных об островах и проливах, «сокровищницу всех гидрографических сведений о Тихом океане» (по оценке Ф. П. Врангеля). Гигантская работа над атласом, выполненная почти в одиночку, постоянно встречала препятствия со стороны высокопоставленных чиновников.

Убежденный гуманист и патриот И. Ф. Крузенштерн гневно осуждает крепостническую систему, нерадивое отношение к людям флота, невежество русских чиновников и «азиатский деспотизм» японских правителей. Во время плавания он издал специальный приказ, запрещающий подчиненным «без согласия и доброй воли жителей брать у них жизненные припасы», чтобы не оставить «по себе дурного имени». Смелый и целеустремленный, он всегда прокладывал новые маршруты, пренебрегая опасностью и помышляя об открытиях. Вместе с тем наука того времени еще не позволяла видеть многие опасности. Например 1 октября 1804 года, когда «Надежда» бесспорно попала в «глаз бури» тайфуна вблизи японских островов и оказалась в условиях, в которых часто гибнут и современные корабли, Крузенштерн едва ли сознавал тогда всю опасность положения.

Читатель найдет в книге и исторические данные об открытии и исследовании различных островов, и о поисках северо-западного прохода, и о полярных исследованиях Ф. П. Врангеля, и о развитии отношений с Японией. Использование архивных материалов позволило автору установить точные даты некоторых важных событий, выявить неизвестных ранее их

участников и показать читателю истинных друзей и недоброжелателей, окружавших Крузенштерна. В книге впервые обнародованы такие документы, как полный текст плана кругосветного плавания, написанный рукой Крузенштерна, данные об участии его в решении антарктической проблемы, материалы к созданию «Атласа Южного моря» и подготовке экспедиций, осуществиться которым было не суждено.

Язык книги точный, лаконичный. Пересказывая события, описанные Крузенштерном, автор строго придерживается его текста, и это позволяет ему сохранить в полной мере колорит событий.

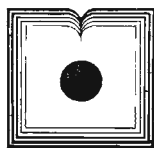
Кандидат географических наук
Н. И. НОВОЖИЛОВ

НОВЫЕ КНИГИ

ЭТЮДЫ ИДЕЛЬСОНА

В 1975 году издательство «Наука» выпустило сборник Н. И. Идельсона «Этюды по истории небесной механики». Имя Наума Ильича Идельсона (1885—1951) хорошо известно советским астрономам. Профессор Ленинградского университета Н. И. Идельсон был отличным вычислителем, специалистом в области теоретической астрономии, человеком, много и успешно занимавшимся вопросами истории астрономии, хорошо знавшим древнегреческий, латинский, французский, итальянский, немецкий и английский языки; он был блестящим лектором и педагогом.

В сборник включены историко-научные очерки, написанные увлекательно и в то же время очень глубоко. В сборник вошли следующие этюды: «Жизнь и творчество Коперника», «Галилей в истории астрономии», «Клеро и его «Теория фигуры Земли», «Этюды по истории планетных теорий», «Закон всемирного тяготения и теория движения Луны», «О механике Лагранжа», «История календаря», «Лобачевский — астроном» (этот очерк с небольшими сокращениями был опубликован в журнале «Земля и Вселенная», № 1, 1975, стр. 38—45). Редакторы — составители сборника А. Т. Григорян и Д. Р. Меркин. В сборнике напечатана статья Н. С. Яхонтовой, посвященная жизни и творчеству Н. И. Идельсона.



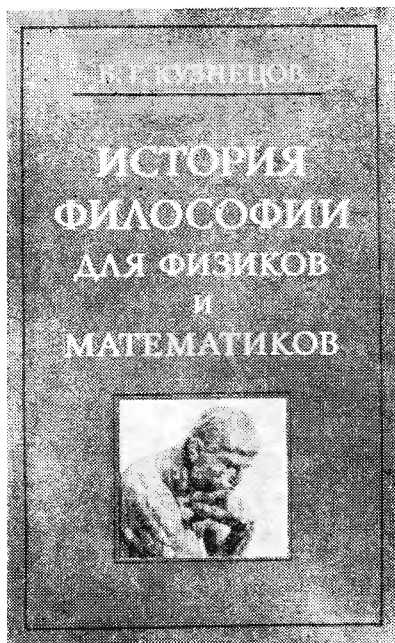
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

«История философии для физиков и математиков»

Появление книги «История философии для физиков и математиков» профессора Б. Г. Кузнецова («Наука», М., 1974) заслуживает внимания людей, занимающихся и интересующихся наукой, тем более, что наши издательства отнюдь не часто балуют нас выпуском книг по истории философии. От всех этих книг работа профессора Б. Г. Кузнецова отличается в первую очередь четким обозначением адресата. Причем, как замечает автор, этот адресат определен не столько профессией и образованием, сколько характером философских интересов, вытекающих из физических и математических интересов.

Итак, перед нами книга по истории философии, в которой сделана попытка связать проблемы эволюции философской мысли с проблемами современной физики и математики. Безусловно, это нелегкая задача. И не только потому, что в далекие от нас времена философия имела более непосредственную и более явную связь с физико-математическими науками, но главным образом потому, что существенно осложнилось согласование научных и философских проблем. Здесь важно вспомнить высказывание известного физика В. Гейзенберга об узости научного языка и об опасности, которая заключается в переносе понятий точного естествознания в область философских и общественных проблем: «...при этом надо подчеркнуть, что с ростом общности растет и степень абстракции, а вместе с ней и трудность понимания».

Стремясь преодолеть «трудность понимания», профессор Б. Г. Кузнецов



цов пытается приблизить стиль изложения к языку физико-математической литературы. В ряде случаев это ему действительно удается — таковы рассуждения об инвариантах философии и многократные использования символики теории множеств. Но основное достоинство книги в другом (и это гораздо более важно и принципиально): автор выделяет главные проблемы философии на всем протяжении ее развития и показывает связь этих проблем с проблемами современного естествознания и их генезисом. Таковы подробно изложенные в книге проблемы субстанции, атомизма, материи и формы, материи и пространства.

Повествование начинается с ионийской философии, которая справед-

ливо рассматривается как начало истории философии, как «появление каузального представления о мире и представления о познании как о результате чувственных впечатлений и мышления, идентифицирующего и группирующего впечатления». Почти половина книги посвящена эпохе античной мысли, характеризующейся «предвосхищением всех основных категорий и всех основных направлений философии». Подробно разбирается эволюция понятия субстанции от Фалеса Анаксимандра и Анаксимена до Анаксгора. У античных мыслителей понятие субстанции тесно связано с проблемой бытия. Поэтому автор касается затем парадоксов бытия, начиная с гераклито-элейской коллизии (согласно концепции элеатов, мир неизменен и тождествен себе, в то время, как по Гераклиту «все течет, все изменяется») и кончая апориями Зенона и Эпименида. Обсуждая эти проблемы, автор делает интересные сопоставления с парадоксами современной теории множеств и современной физики, связанными с понятием бесконечности. Он считает, что в наше время парадоксы бесконечности стали фундаментальными физическими парадоксами. Ученые постоянно сталкиваются в своих гипотезах с появлением бесконечных значений энергии или заряда, а способы их исключения являются путями построения новых теорий. Истории античного атомизма отведена следующая глава (Левкипп, Демокрит, Эпикур и Лукреций), после чего автор подходит к рассмотрению ключевых фигур античной философии (с равным правом мы могли бы



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

Из журнала «Наука и жизнь» [№ 7, 1975] я узнал, что возраст одного пульсара 45 млрд. лет — больше возраста Вселенной. Так ли это!

А. В. НИКОЛАЕВ
Москва

Редакция попросила ответить на этот вопрос кандидата физико-мате-

матических наук Г. С. БИШОВАТОГО-КОГАНА.

Мигающие радиоисточники, называемые пульсарами, — это вращающиеся нейтронные звезды с сильным магнитным полем, напряженность которого достигает 10^{12} — 10^{13} Гс. Период миганий определяется перио-

дом вращения и всегда очень стабилен. Только длительные наблюдения позволили установить слабое замедление вращения. В настоящее время скорость замедления определена более чем для половины уже известных (около 100) пульсаров.

Как найти возраст пульсара? Возраст самых молодых пульсаров в Крабовидной туманности и туманно-

здесь сказать — науки) — Платона и Аристотеля.

В введении к своей книге профессор Б. Г. Кузнецов справедливо отмечает, что история философии должна отказываться от соблазнительной модернизации прошлого, от подмены новых ответов на поставленные прошлым вопросы повторением старых ответов. И сам он в своем повествовании строго следует этому правилу. Главы его книги о Платоне и Аристотеле помимо чисто информативной ценности имеют еще и ту притягательную силу, которая заставляет читателя задуматься над обсуждаемыми вопросами. При этом вовсе не обязательно, чтобы точка зрения читателя совпадала с точкой зрения автора. Мне, например, всегда казалось естественным считать вслед за Гейзенбергом, что возникновение современной науки сопровождалось отходом от Аристотеля и возвратом к Платону (в том смысле, что наука развивалась по пути, отличному от непосредственного опыта). Профессор Б. Г. Кузнецов придерживается несколько иной точки зрения, которую он обосновывает с

помощью тонкого анализа платоновского идеализма. Здесь же затрагивается важный вопрос об основаниях физики и математики. Автор справедливо говорит о математизации физики и «физикализации» (не вполне благозвучный, но по сути верный термин) математики, связывая эти процессы с эволюцией философских понятий в античной науке.

Книга не претендует на исчерпывающий анализ всех проблем, возникающих при рассмотрении взаимосвязи философии и физико-математических наук, автор намеренно останавливается лишь на наиболее близких ему и неоднократно им обсуждавшихся. Примером могут служить главы, касающиеся философии Возрождения и философии Декарта. Эти главы следует отнести к безусловным удачам автора, в них читатель найдет для себя немало нового и интересного, в частности, рассуждения о стиле философской мысли как о некоем «инварианте, характеризующем субъект творчества».

Понятия и проблемы материи, бытия, пространства и времени по мере эволюции науки получают все более

конкретное естественнонаучное содержание. Во второй части книги, где описывается развитие этих понятий с момента зарождения классической науки (XVII в.) до наших дней, несколько меняется и стиль изложения. Если в начале книги идеи и представления античной философии служили отправным пунктом для дискуссии, то здесь уже основой повествования являются современные представления физики и математики, через призму которых рассматриваются воззрения Спинозы, Лейбница, Канта и Гегеля. Книга заканчивается очерком, посвященным материалистической диалектике и размышлениям о будущем философии.

Книга «История философии для физиков и математиков» издана Академией наук в серии «История мировой культуры». Надо сказать, что она в полной мере отвечает своему назначению — показывает науку (и философию, и физику, и математику) как часть общего процесса развития человеческой культуры.

Кандидат технических наук
В. С. КИРСАНОВ

сти в созвездии Парусов определяется довольно точно, поскольку известен момент образования пульсара при вспышке сверхновой. Для всех остальных пульсаров возрастом обычно считается время, требуемое для удвоения его периода. Этот условный возраст не всегда совпадает с истинным и может сильно от него отличаться.

Вращение пульсара замедляется в результате того, что в магнитном поле энергия вращения переходит в энергию излучения, или энергию разлетающихся частиц («Земля и Вселенная», № 2, 1974, стр. 23—28.—Ред.). Чем больше магнитное поле и быстрее вращение, тем меньше время замедления. Из двух пульсаров одного возраста и с одинаковой скоростью вращения будет казаться старше тот, у которого меньше магнитное поле и больше время замедления.

Неоднозначность связи между истинным возрастом пульсара и временем его замедления иногда вызывает недоразумения. Например, в статье, перепечатанной «Наукой и жизнью» из американского журнала «Хобби» (№ 5, 1975), рассказывается о пульсаре «Джипи 1953» (JP 1953), возраст которого достигает, как утверждается, 45 млрд. лет. Если учесть, что возраст нашей Вселенной около 20 млрд. лет, то, казалось бы, имеется удивительное противоречие. Оно и натолкнуло авторов статьи на различные экстравагантные предположения вроде того, что «этот пульсар представляет собой остаток от иной Вселенной, существовавшей ранее». Однако указанный в статье возраст пульсара — это его условное зна-

чение, определяемое временем замедления. Условный возраст может быть даже бесконечным, если нейтронная звезда по каким-либо причинам совсем не замедляется. Время замедления пульсара обратно пропорционально квадрату напряженности его магнитного поля. Среднее время замедления пульсара с периодом вращения 0,427 секунды (JP 1953) составляет примерно $3 \cdot 10^6$ лет, а среднее магнитное поле — около 10^{12} Гс. Если магнитное поле слабее обычного ($8 \cdot 10^9$ Гс), то условный возраст пульсара JP 1953, действительно, был бы равен 45 млрд. лет.

Однако авторы статьи, напечатанной в журнале «Наука и жизнь», пользовались, по-видимому, устаревшими сведениями о времени замедления. Согласно данным, опубликованным 28 февраля 1975 года американским ученым Е. Терзианом, который регулярно составляет таблицы наблюдательных характеристик пульсаров, условный возраст пульсара JP 1953 всего 3 млрд. лет. В этом случае магнитное поле на его поверхности примерно равно $3 \cdot 10^{10}$ Гс и свойства его не очень отличаются от средних характеристик пульсаров.

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН. Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ,

доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 117333

Москва В-333, Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-63-08, 135-64-81

Художественный редактор

Л. Я. Шимкина

Корректоры: С. М. Веритэ, Т. Н. Морозова

Номер оформили: Е. К. Верентинова, Т. А. Григорьева, М. М. Златковский, А. Г. Калашникова, В. И. Кноп.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

Т-19544. Подписано в печать 26/ХІІ 1975 г., Сдано в набор 17/Х 1975. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 3,0. Печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 11,2. Цена 40 коп. Тираж 50 000 экз. Заказ 2986.

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

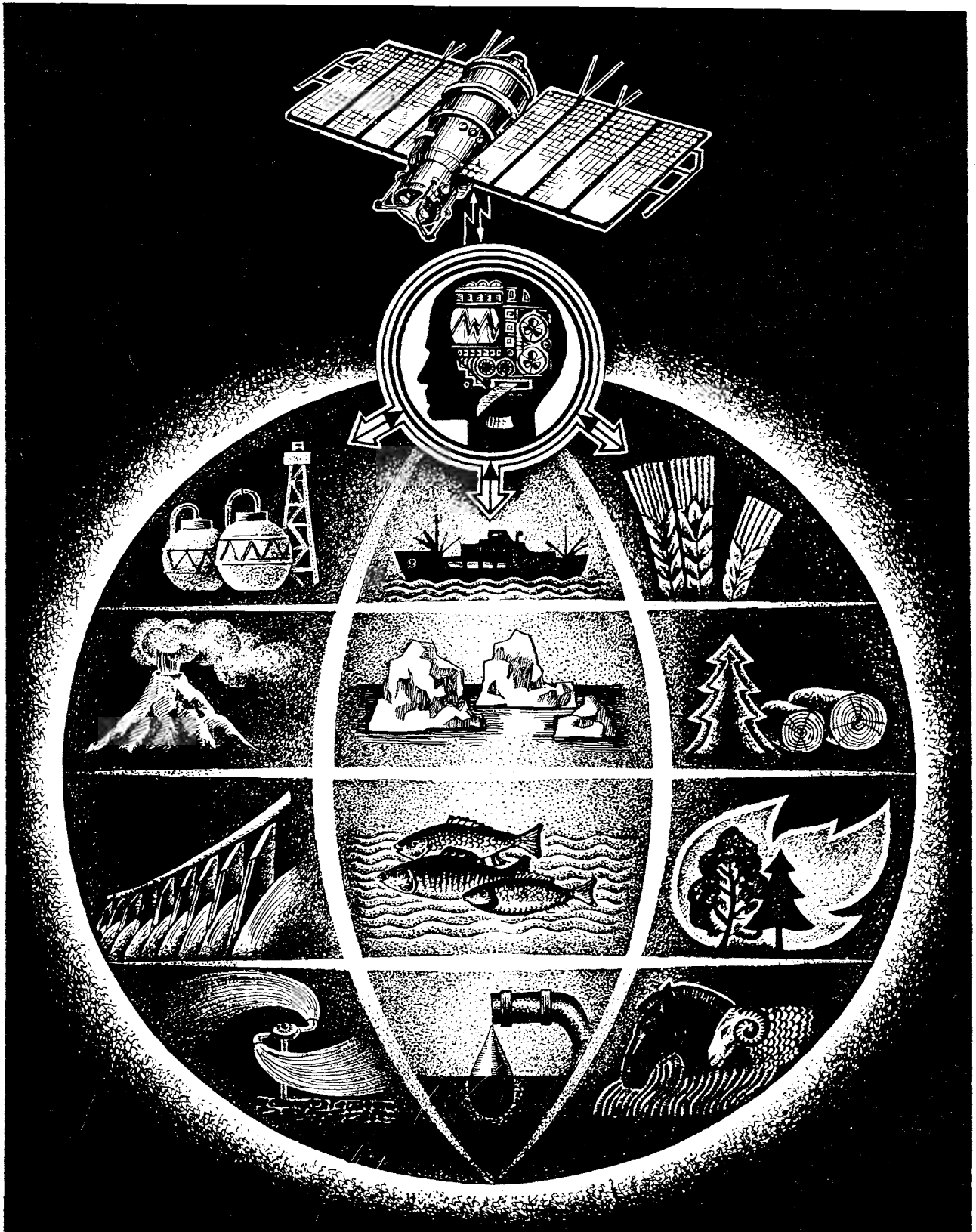
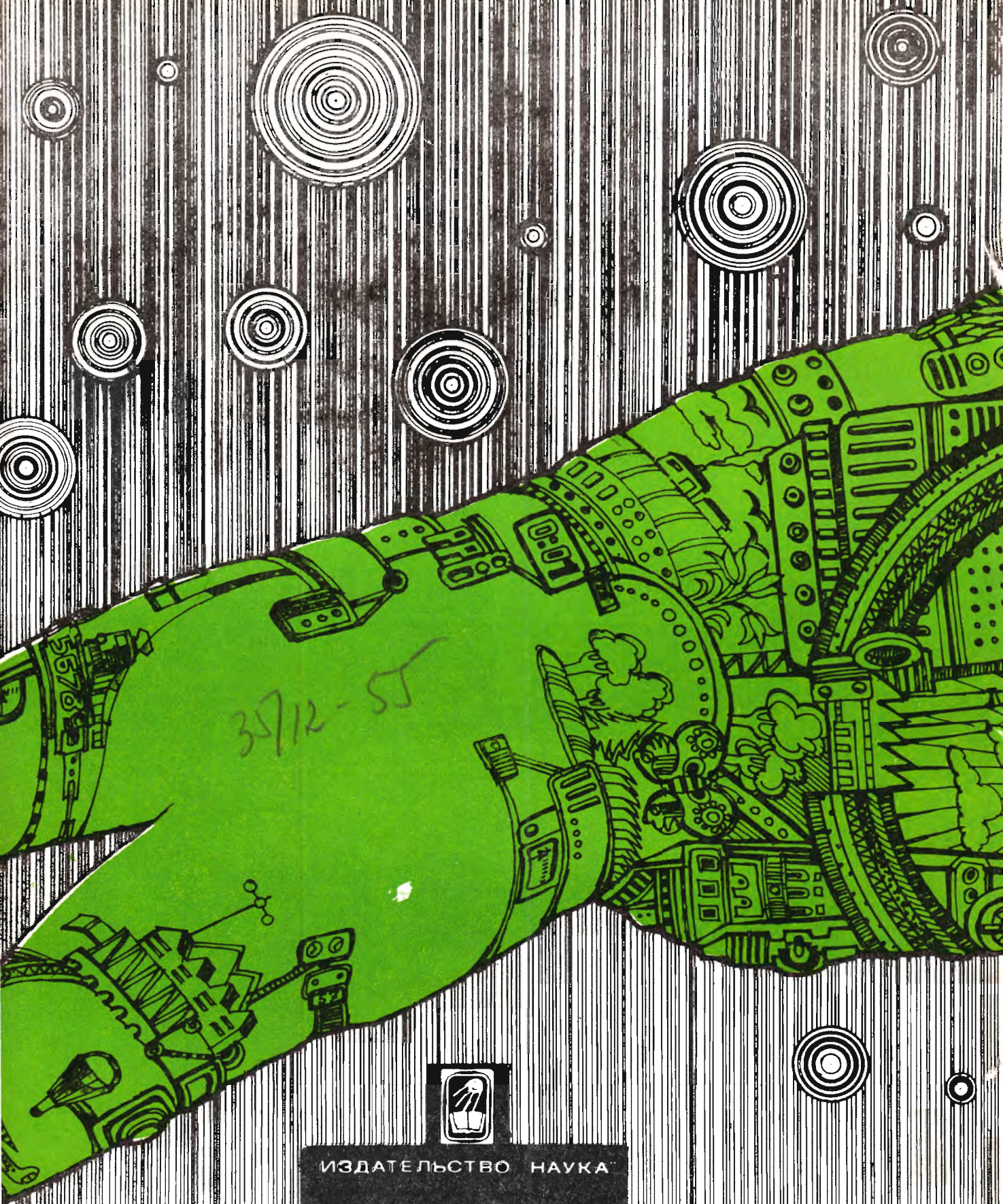


Рисунок к ст. Я. Л. Зимана и А. А. Большого



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

ЦЕНА 40 КОП
ИНДЕКС 70336