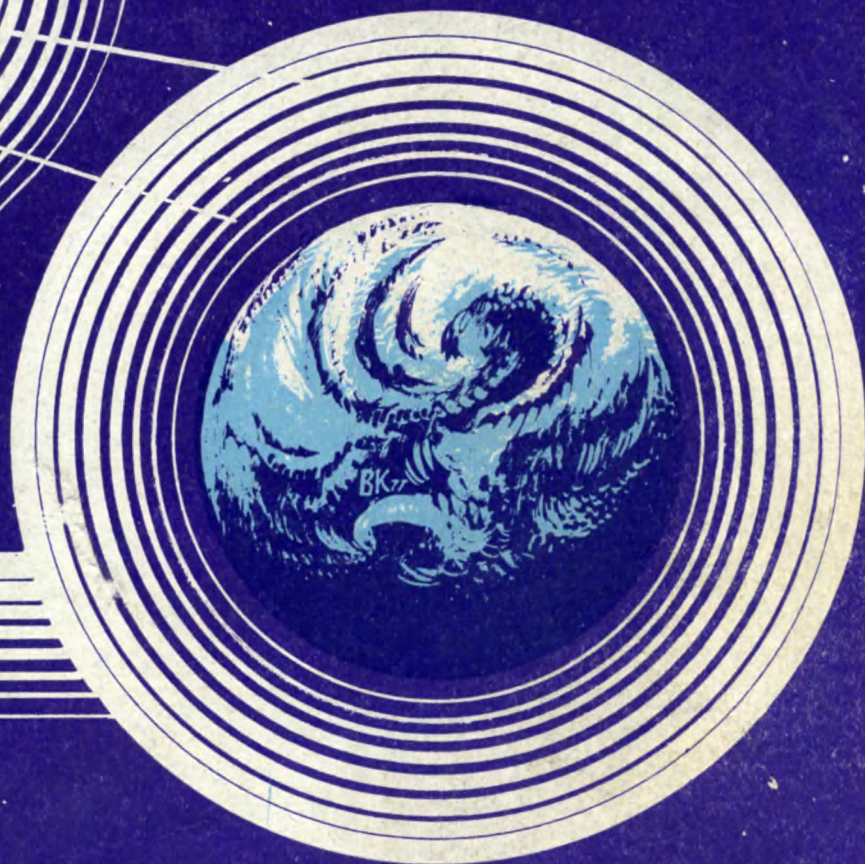


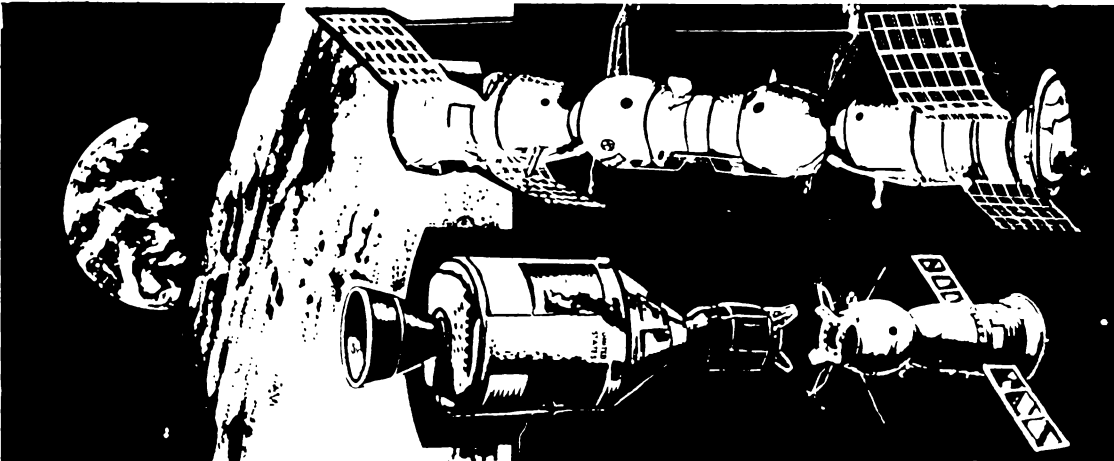
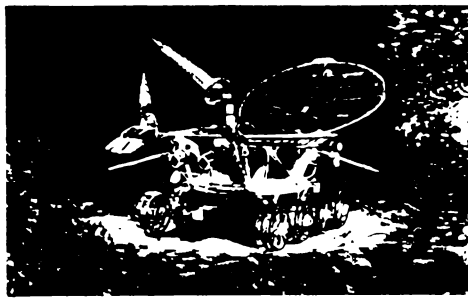
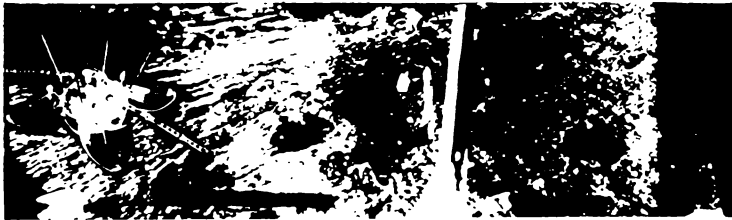
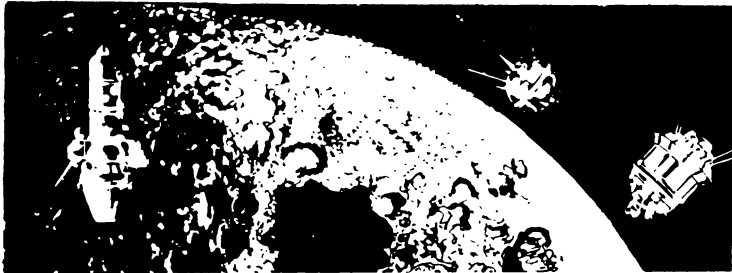
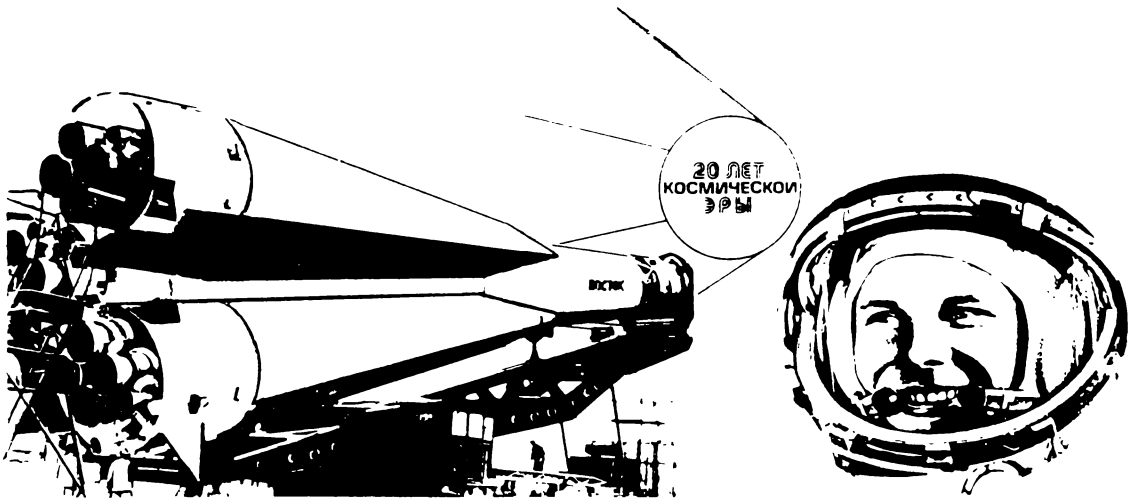
4 ОКТЯБРЯ
1957



5 1977

ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



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

5 СЕНТЯБРЬ
ОКТАБРЬ
1977

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Посвящается 60-летию Великого Октября

В номере:

В. А. Шаталов, Г. Т. Береговой — Достижения и перспективы советских пилотируемых космических полетов	2
Н. В. Талызин — Спутники связи	8
М. А. Петросянец — Спутники службы погоды	16
К. Н. Федоров, В. Е. Скляр — Океан из космоса	25
В. Г. Курт — От «наземной» к «космической» астрономии	29
Н. П. Ерпылев — Лазерные дальномеры в спутниковой геодезии	34
Ж.-К. Пекер — Инфракрасная астрономия и галактическая пыль	43
И. Д. Новиков — За краем гравитационной бездны	52

ЛЮДИ НАУКИ

Э. Н. Боровишки, Г. М. Гречко — Иван Антонович Ефремов	58
--	----

РАССКАЗЫ О ФИЛЬМАХ

Е. И. Рябчиков — Космос на экране	66
---	----

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

Анастасия Борисовна Нумерова	70
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. Хорошилова — Обсерватория в городе Новая Каховка	72
---	----

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

И. И. Неяченко — Волопас	74
------------------------------------	----

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

.	76
-----------	----

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

В. И. Кузьмин — Новая экспозиция павильона «Космос»	76
---	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. И. Кузьмин — Посвящается Циолковскому	82
--	----

ПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

— Полеты советских пилотируемых космических аппаратов	85
---	----

ЗЕМЛЯ И НЕБЕ

В. И. Кузьмин — Астрономия наших дней	92
---	----

СТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

«5» на околоземной орбите [7]; Новый метод измерения толщины [74]; «Камнепады» на Луне [33]; Оптический барстер [33]; Двойная звезда [33]; АМ Геркулеса [33]; 52-й рейс «Гломара Челленджера» [42]; Большепольский метеорит [42]; Сфотографировано падение метеорита [42]; Метановый лед на Плутоне [57]; Вечер в Доме литераторов [50]; Юбилей астрономии наблюдает в обсерватории [72]; Непрерывна ли жизнь? [75]; Космическая тематика в творчестве художника [80]; Память о героях космоса [84]; Новые книги [94, 95, 96].



Дважды Герои Советского Союза
летчики-космонавты СССР
В. А. ШАТАЛОВ
Г. Т. БЕРЕГОВОЙ

Достижения и перспективы советских пилотируемых космических полетов

«Достижения родины Октября за шесть десятилетий являются убедительным свидетельством того, что социализм обеспечил невиданные в истории темпы прогресса всех сторон жизни общества», — говорится в Постановлении ЦК КПСС «О 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции».

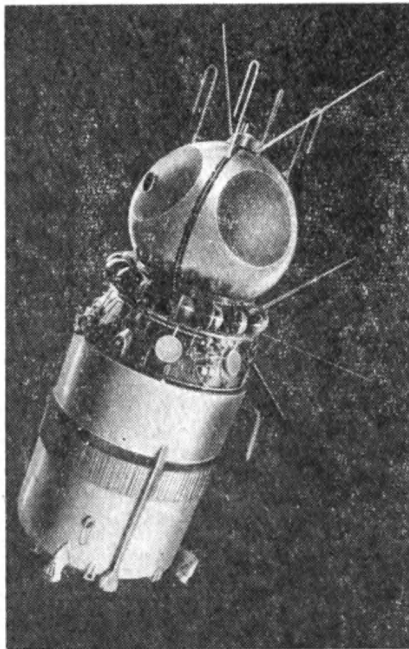
Темпы космических исследований — один из наиболее ярких примеров ускорения научно-технического прогресса в нашей стране. 20 лет — такой короткий промежуток времени, а как много сделано! И нельзя забывать, что из этих двадцати лет человек летает в космос шестнадцать. (Об этом «Земля и Вселенная» регулярно рассказывала своим читателям — Ред.)

ТРИУМФАЛЬНОЕ НАЧАЛО

Полет Юрия Гагарина поразил воображение людей всего мира и заставил задуматься. Было ясно, что первый полет не будет последним — будут и другие. Но во имя чего? Ради удовлетворения любопытства или установления рекордов? Да, раскрытие загадок, тайн природы — немаловажный стимул на пути человеческого прогресса. И рекорды люди тоже имеют обыкновение фиксировать. Однако полеты человека в космос осуществлялись не только для этих целей и главным образом не ради них.

В основе пилотируемых космических полетов, новых для человечества и потому не всем и не всегда понятных, лежала высокая, гуманистическая цель — освоить космическое пространство для блага людей,

Практическая космонавтика имеет всего 20-летнюю историю. Еще свежо в памяти впечатление, произведенное сообщением ТАСС о запуске в Советском Союзе 4 октября 1957 года первого в мире искусственного спутника Земли. А сегодня уже можно говорить об истории освоения космоса.



■ *Первый космический корабль «Восток», на котором 12 апреля 1961 года был осуществлен полет человека в космос*

живущих на Земле, заставить космос служить людям, извлечь реальную пользу из космических исследований.

История космонавтики еще не написана. Еще лежат в служебных архивах документы, запечатлевшие различные аспекты грандиозной проблемы освоения космоса. Эта проблема не только научно-техническая — она и политическая, и экономическая, и социальная. Выбор пути определяется многими соображениями.

В отличие от будущих историков, которым суждено изучать документы этой эпохи, мы — живые свидетели событий. Это обстоятельство одновременно и преимущество и недостаток. Преимуществ у очевидцев или участников событий много, но есть и серьезный недостаток — возможная пристрастность в оценках. И все-таки, оглядываясь на пройденный космонавтикой путь, перебирая в памяти события, вписанные яркими страницами в историю научно-технического прогресса, хочется выделить из них то общее, что определяет логическую линию развития, в чем выражается закономерность движения от первого шага к конечной цели.

Первый полет в космос, совершенный Юрием Гагариным на корабле «Восток», — это триумфальное начало. И в то же время — завершающий этап всей предыдущей гигантской работы.

Полет Юрия Гагарина дал положительный ответ на главный вопрос: сможет ли человек жить и работать в космосе? Этим полетом был преодолен серьезный психологический

и технический барьер неизвестности. О существовании такого барьера говорит хотя бы тот факт, что на первом корабле «Восток» было предусмотрено специальное устройство — «логический замок», допускающий только сознательное вмешательство человека в работу системы управления. (Космонавт мог взять на себя управление кораблем только после набора ряда цифр, находившихся в запечатанном конверте.)

Но кроме главного вопроса были и другие: как будет чувствовать себя человек в космосе, находясь там продолжительное время? Что он сможет делать? Что с ним будет после возвращения на Землю? Поэтому полеты кораблей «Восток» продолжались.

Полученные в результате полетов данные окончательно убедили ученых в том, что космонавты могут успешно выполнять экспериментальные работы, вести радиообмен и управлять системами корабля.

Большой интерес представляли сведения, подтверждающие, что зрение человека не претерпевает в невесомости изменений, которые в какой-то мере помешали бы нормально воспринимать окружающую обстановку. Более того, в невесомо-

■
Дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР А. А. Леонов и В. П. Кубасов на тренажере в макете корабля «Союз»

■
Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР А. А. Губарев и Г. М. Гречко в учебно-тренировочном макете орбитальной станции «Салют»



сти только зрение дает верную информацию для ориентации в пространстве.

Эксперименты этого периода легли в основу разработки дальнейших космических программ — предстояло создание долговременных орбитальных станций («Земля и Вселенная», № 2, 1974, с. 2—5.— Ред.).

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

В экспериментах, выполненных по программам полетов кораблей «Восход», исследовалась деятельность экипажа (двух- и трехместный варианты), решались задачи, связанные с выходом человека из корабля в космическое пространство. Все это, как мы сейчас знаем, делалось в интересах создания будущих долговременных орбитальных станций.

Но прежде чем создавать станцию, нужно было создать космический корабль многоцелевого назначения для экипажа из 2—3 человек. Таким кораблем стал «Союз», и поныне обеспечивающий космические полеты.

В первых автономных и групповых полетах на этом корабле отрабатывались средства и методы сближения космических аппаратов, их стыковки, испытывалась научная аппаратура и бортовые системы, отрабатывался и испытывался космический аппарат как помещение для жизни и работы людей в космосе.

Стыковка двух космических кораблей «Союз» позволила выработать принципы создания орбитальной станции и ее взаимодействия с транспортным кораблем.

Это были фундаментальные вопросы практической космонавтики. Они решались и самостоятельно, и в комплексе, начиная с первого полета. Характер этих вопросов, их соотношение менялись в зависимости от уровня разработки космической техники и наших знаний и представлений.

За 10-летний период (1961—1971 гг.) советская космонавтика прошла путь от первых пробных полетов в неизведанное, загадочное космическое пространство до создания длительно существующих космических лабораторий, оснащенных сложнейшей научной аппаратурой и являющихся своеобразным плацдармом, с которого ведется наступление на тайны космоса и самой Земли.

Вот уже более пяти лет проводится систематическая работа в космосе на станциях «Салют». В программе этих работ большое место занимают технические эксперименты в интересах дальнейшего совершенствования космической техники.

Важное значение имеют и микробиологические исследования. Они также проводятся с учетом будущих длительных полетов. Здесь можно выделить следующие основные направления: изучение влияния факторов космического полета на организм человека; оценка эффективности специальных профилактических средств и мероприятий, снижающих действие на организм человека экстремальных факторов полета; исследование психофизиологических возможностей космонавтов в решении операторских задач; исследование оптимизации режима

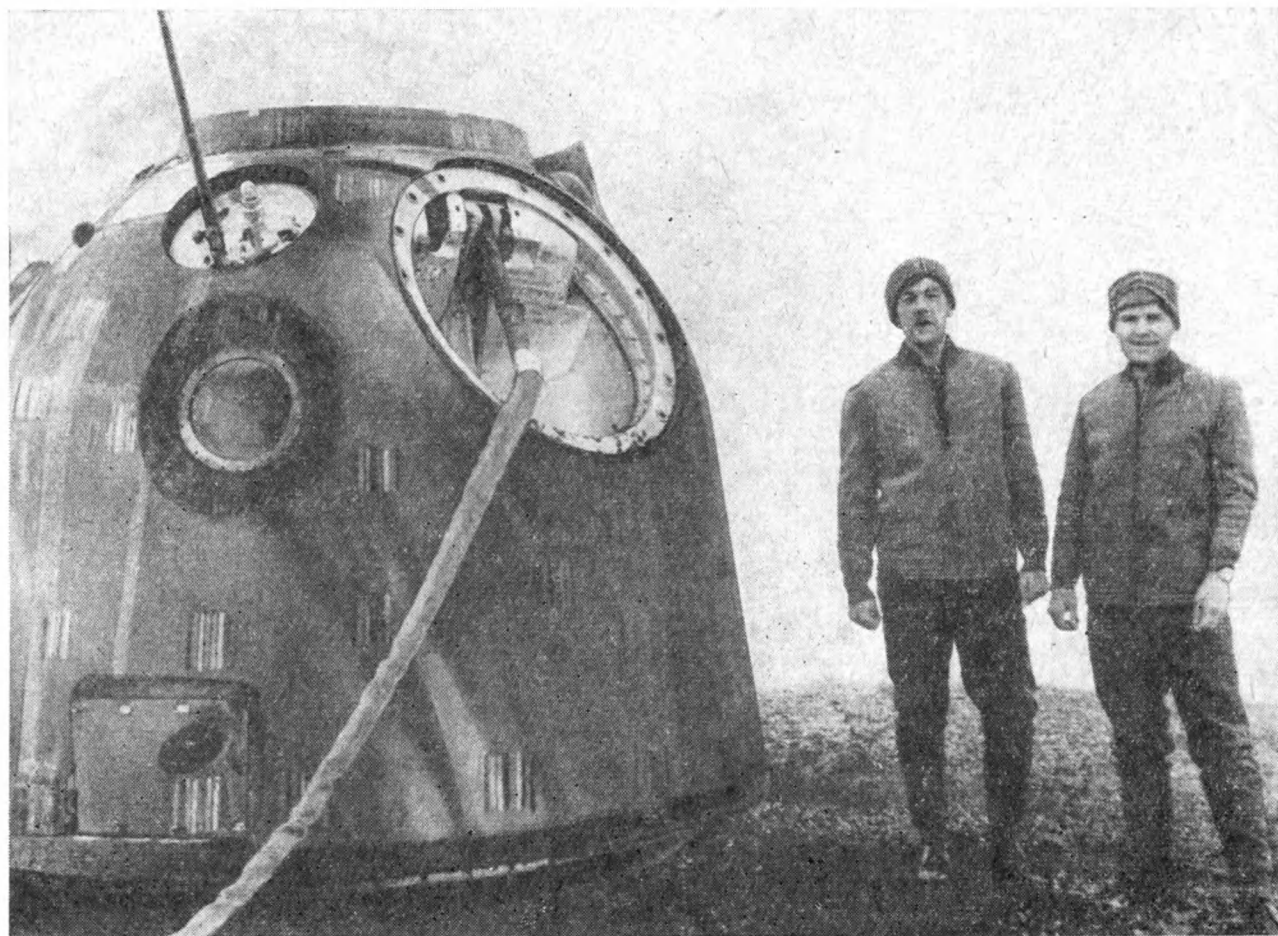
труда и отдыха членов экипажа на борту станции; определение принципов создания замкнутой системы, обеспечивающей использование отработанных продуктов жизнедеятельности.

КОСМОНАВТЫ — ИССЛЕДОВАТЕЛИ УЧЕНЫЕ

Основной объем в программах космических экспедиций занимают исследования в интересах фундаментальных и прикладных наук, а также в интересах народного хозяйства. Прежде всего, это комплексное изучение Земли. Перечень наук о Земле, которые используют результаты, полученные с орбитальных станций, весьма представительны: метеорология и физика атмосферы, физическая география и геоморфология, геология и поиск полезных ископаемых, океанология и изучение морских ресурсов, гидрология суши и гляциология, геоботаника, сельское и лесное хозяйство, почвоведение.

Для выполнения прикладных народнохозяйственных экспериментов экипажи пилотируемых космических кораблей и станций фотографировали и фотометрировали поверхность Земли в различных диапазонах спектра. Уже сфотографированы миллионы квадратных километров территории нашей страны.

Наличие экипажа упростило подготовку бортовой аппаратуры к работе, позволило перенастраивать ее в космосе. Активное участие экипажа в экспериментах значительно повысило эффективность использования бортовой научной аппаратуры благодаря возможности выбора на-



и более интересных в научном отношении объектов исследования.

Аппаратура и методы космического землеведения непрерывно совершенствуются. Пример этому — многозональная космическая фотокамера МКФ-6, разработанная специалистами ГДР и СССР и изготовленная в ГДР. Она позволяет вести съемку земной поверхности одновременно в шести спектральных диапазонах. Фотокамерой МКФ-6 производилась съемка с корабля «Союз-22» («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 10—15.—Ред.).

■
Полет корабля «Союз-8» завершен. Дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР В. А. Шаталов и А. С. Елисейев у спускаемого аппарата

Все большее значение приобретает использование специфических условий космоса (высокий вакуум, невесомость, радиация, резкие перепады температуры) для прикладных физических, химических и других исследований. В космосе осуществлены многочисленные технологические эксперименты, и объем их непрерывно растет.

Солнце и солнечно-земные связи, верхняя атмосфера и магнитосфера Земли, звезды и галактики — все это объекты научных и прикладных экспериментов в космосе. Наиболее эффективное средство получения информации о них — фотографические и спектрометрические методы регистрации. Доставленные из космоса фотопленки отличаются от полученных в наземных условиях чи-

стойкой фона, что значительно увеличивает их информативность.

Очень важным для астрономических и астрофизических исследований был полет по специализированной программе космического корабля «Союз-13».

Из сказанного можно заключить, что 16-летний период изучения и освоения космоса пилотируемыми космическими аппаратами ознаменован значительными научными и практическими результатами. Эти результаты использовались для ускорения самого процесса познания и освоения космического пространства. За короткий срок значительные изменились цели и задачи космической деятельности человека. Космический аппарат и космонавт превратились из объектов исследования в



активный исследовательский комплекс: космический аппарат стал хорошо оснащенной научной лабораторией, а космонавт — исследователем и экспериментатором широкого профиля. Результаты исследований вносят непосредственный вклад в развитие народного хозяйства нашей страны.

Значительными событиями в истории космонавтики были космические полеты по программам международного сотрудничества: совместный полет корабля «Союз-19» и американского корабля «Аполлон» по программе ЭПАС, а также полет корабля «Союз-22» по программе «Интеркосмос».

БУДУЩЕЕ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ

Встречая 20-летие космической эры, нельзя не сказать несколько слов о перспективах освоения космоса пилотируемыми аппаратами. Здесь уместно вспомнить знаменитый план К. Э. Циолковского, изложенный в его работе «Исследование мировых пространств реактив-



■
Дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР Г. Т. Береговой, В. И. Севастьянов и П. И. Климук. Идут занятия

■
Дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР А. В. Филипченко и Н. Н. Рукавишников на тренажере космического корабля «Союз»



ными приборами». В него включены различные этапы освоения космоса, начиная от первого проникновения человека за пределы атмосферы и кончая расселением человечества по Млечному Пути. Работы по его реализации хватит многим поколениям землян.

В плане К. Э. Циолковского есть и такой пункт: «Основание подвижных станций вне атмосферы (искусственные спутники Земли)». Именно этот этап и проходит сейчас наша космонавтика. В перспективе будут созданы новые орбитальные станции длительного существования. Произойдет качественный переход от экспериментирования в космосе к эффективному его использованию в народнохозяйственных и научных целях. Важное значение в реализации такой программы будут иметь готовящиеся сейчас совместные пилотируемые космические полеты граждан социалистических стран.

Нет сомнений, что будущее космонавтики в значительной мере связано с долговременными орбитальными станциями и лабораториями различного назначения. Советская наука рассматривает их создание как магистральный путь человека в космос.

«САЛЮТ-5» НА ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ

22 июня 1977 года исполнился год со дня вывода на орбиту научной станции «Салют-5», успешно продолжающей ориентированный управляемый полет в околоземном космическом пространстве.

Исследования на станции проводились в период работы двух смен экипажей в составе летчиков-космонавтов СССР товарищей Волинова Б. В. и Жолобова В. М., Горбатко В. В. и Глазкова Ю. Н. и во время полета в автоматическом режиме. Выполнена широкая программа научно-технических исследований и экспериментов.

С помощью комплекса фотографической аппаратуры в интересах различных отраслей народного хозяйства осуществлялось фотографирование обширных районов территории Советского Союза и акватории Мирового океана. Получено несколько тысяч кадров цветных, спектральных и черно-белых фотографий.

Проведены исследования физических характеристик земной атмосферы и околоземного космического пространства.

С помощью инфракрасного телескопа-спектрометра выполнены астрофизические исследования Солнца и окосолнечного пространства, Луны и других небесных тел.

Новым направлением в исследованиях на станции «Салют-5» явились эксперименты по изучению протекания различных физических процессов и проведению технологических операций в условиях невесомости.

На борту станции выполнялись также комплексные медицинские и биологические эксперименты с живыми

организмами и различными растениями.

Важной частью программы полета явились технические эксперименты по отработке новых перспективных систем, в том числе электромеханической системы стабилизации и системы по замене атмосферы станции. Проведен комплекс регламентных работ.

После завершения пилотируемой части программы полета 26 февраля 1977 года со станции был доставлен на Землю возвращаемый аппарат с материалами исследований. Получено много нового и ценного научного материала.

Результаты экспериментов изучаются в институтах Академии наук СССР и других организациях и находят широкое применение в науке и народном хозяйстве.

На протяжении всего полета станции «Салют-5», начавшегося 22 июня 1976 года, бортовые системы и научная аппаратура функционируют нормально. Состав атмосферы, температура и давление находятся в заданных пределах.

Полет станции «Салют-5» продолжается.

Сообщение ТАСС
(«Правда», 23 июня 1977 г.)



ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ В СССР

Еще до появления спутников связи мировые политические и экономические контакты, необходимость в обмене информацией потребовали и требуют расширения дальних и сверхдальних телефонно-телеграфных связей, в том числе межконтинентальных, а также развития связи с отдаленными и труднодоступными районами в странах, имеющих обширные территории.

Широкое развитие телевизионного вещания, международный обмен телевизионными программами, передача их на огромные расстояния привели к необходимости организации широкополосных телевизионных каналов связи, которые могли быть реализованы только в дециметровом и сантиметровом диапазонах радиоволн.

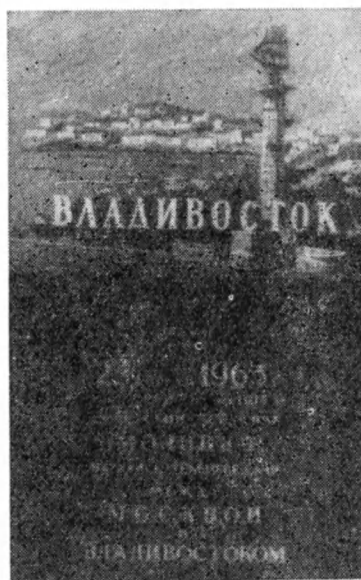
Одновременно с бурным развитием всех видов наземной электрической связи, созданием кабельных радиорелейных и тропосферных линий связи стали появляться иногда непреодолимые технические трудности в создании сверхдлинных линий связи, вызванные расстояниями, переходами через океаны, наличием труднодоступных районов земного шара. Это влекло за собой большие экономические затраты и весьма длительные сроки реализации.

Для Советского Союза, с его огромной территорией и разнообразными, часто сложными и суровыми климатическими условиями, повсеместная организация широкополосных каналов для передачи телевизи-

Министр связи СССР
доктор технических наук
Н. В. ТАЛЫЗИН

Спутники связи

Наряду с развитием привычных наземных средств — кабельных и радиорелейных линий — быстро развивается новый вид связи с помощью искусственных спутников Земли.



онных программ — очень серьезная проблема.

Вначале телевизионное вещание в СССР развивалось так: строились телевизионные центры в столицах союзных и автономных республик, в крупных городах густонаселенных промышленных районов. Такой путь

обеспечивал показ телевизионных программ, созданных местными телестудиями. Понятие Центрального телевидения СССР еще только формировалось. Конечно, это не решало задачи показа в программах телевидения всего богатства культуры советского народа, не давало возможности советским людям, живущим в отдаленных от Москвы районах, быть как бы непосредственными участниками важных политических событий, происходящих в Москве, смотреть на телевизионном экране спектакли ведущих театров страны, быть «болельщиками» интереснейших спортивных соревнований. Это стало возможным после того, как начались передачи программ Центрального телевидения из Москвы на местные телевизионные центры и передатчики по кабельным и радиорелейным линиям связи.

СПУТНИКИ ПРИХОДЯТ НА ПОМОЩЬ СВЯЗИСТАМ

В условиях такой большой страны, как наша, неоценимую помощь в ускорении развития телевизионного вещания повсеместно на территории Советского Союза оказали и оказывают спутники связи.

Известно, что радиоволны дециметрового и сантиметрового диапазонов распространяются прямолинейно подобно лучу света. Поэтому для передачи на большие расстояния телевизионного сигнала с помощью одной промежуточной станции, ретранслирующей его, эту «станцию» нужно поднять над поверхностью Земли на такую высоту, чтобы в ее поле зрения находились одновре-

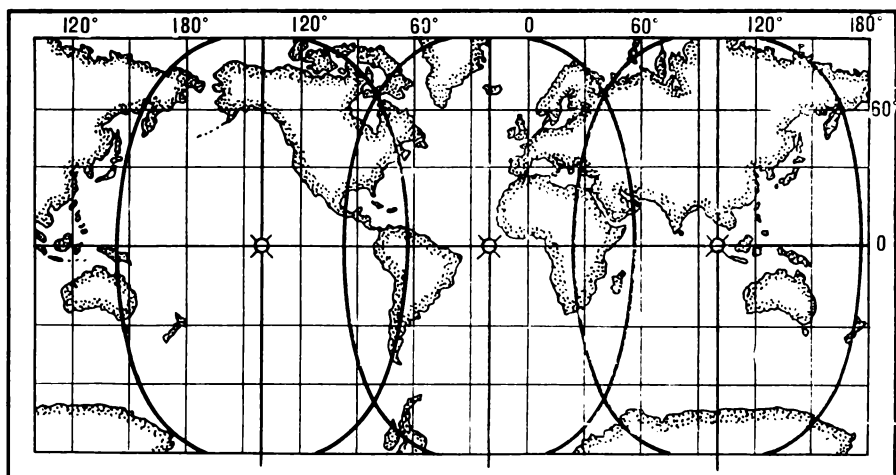
менно и передающая, и приемная наземные станции.

Спутники связи, находящиеся на высоте 30—40 тыс. км над Землей, способны ретранслировать сигналы передающей станции на расстоянии до 12—15 тыс. км. Важнейшая характеристика спутников связи — способность образовывать в течение длительного времени постоянную зону видимости — зону обслуживания, в пределах которой наземные станции космической связи могут обмениваться информацией через данный спутник.

С этой точки зрения наиболее выгодны два типа спутников, использующихся в настоящее время для связи, — геостационарные спутники и спутники на высоких эллиптических орбитах.

Геостационарные спутники обращаются по круговой орбите, расположенной в плоскости экватора на высоте около 36 тыс. км над поверхностью Земли. Они обращаются вокруг Земли в том же направлении и с тем же периодом, что и Земля, и поэтому постоянно находятся над одной и той же точкой земной поверхности. Для земного наблюдателя такие спутники кажутся неподвижными. Зона видимости этих спутников на поверхности Земли почти не меняется со временем, и расположенные в этой зоне наземные станции могут постоянно поддерживать связь через такой спутник. Однако, геостационарные спутники не обеспечивают связь в полярных районах.

Территория Советского Союза не перекрывается одним геостационарным спутником, поэтому связь Камчатки и Чукотки с Москвой не может



быть осуществлена ретрансляцией через один такой спутник.

Спутники связи другого типа обращаются вокруг Земли на высоких эллиптических орбитах с апогеем около 40 тыс. км и перигеем 500 км; наклонение плоскости орбиты к экваториальной плоскости — $63,5^\circ$. Эти спутники имеют период обращения 12 часов и за сутки делают два витка вокруг Земли. При движении по орбите на высоте 30—40 тыс. км, то есть в области, близкой к апогею, они в течение 6—8 часов «освещают» большую часть северного полушария. Такие спутники обеспечивают связь на всей территории Советского Союза, а при использовании их как на основных витках (апогей над восточным полушарием), так и на сопряженных (апогей над западным полушарием) можно осуществлять связь из Москвы или из других пунктов в пределах почти всего северного полушария, включая полярные области.

Четыре спутника на высоких эллиптических орбитах, плоскости которых сдвинуты относительно друг друга на 90° , обеспечивают круглосуточ-

ную связь с кратковременными перерывами для перехода с одного спутника на другой.

СИСТЕМА «ОРБИТА»

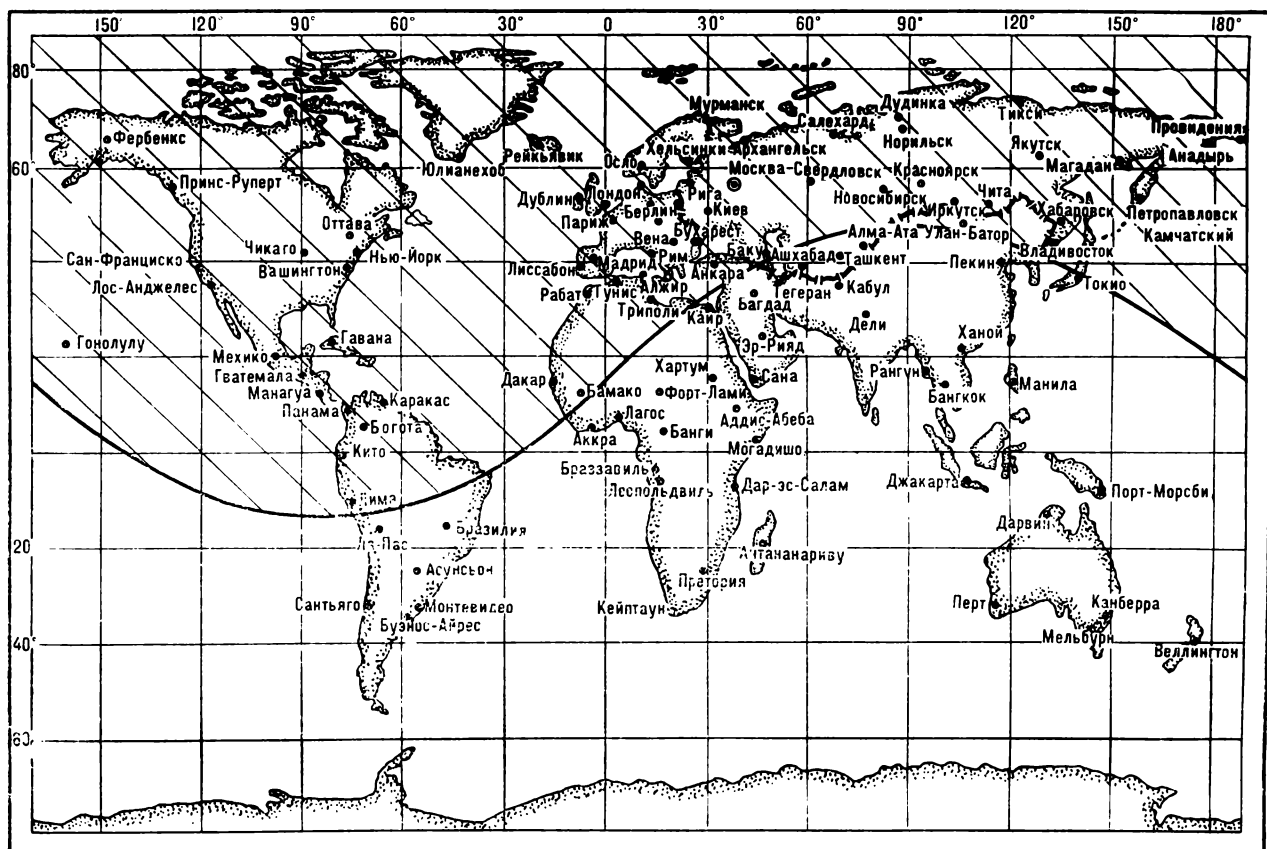
Первый советский спутник связи «Молния-1» был выведен на эллиптическую орбиту в апреле 1965 года. С его помощью начали передавать программы Центрального телевидения во Владивосток и обратно («Земля и Вселенная», № 4, 1965, с. 54—57.— Ред.).

Однако перед спутниками «Молния-1» стояли более широкие задачи — обеспечить передачу не только во Владивосток и не только программ Центрального телевидения, а в десятки административных, промышленных центров Сибири, Дальнего Востока, Крайнего Севера и Средней Азии передачу всех видов информации.

Предстояло создать широкую распределительную телевизионную систему спутниковой связи, которая впоследствии получила название «Орбита».

Важнейший вопрос создания такой системы, требующей строительства большого числа наземных станций и значительных капитальных затрат, — оптимизация технических характеристик спутника и станций наземной сети. Если этого не сделать, система будет стоить гораздо дороже.

■
Зоны видимости геостационарных спутников. Три таких спутника, точки стояния которых на орбите сдвинуты на 120° , обеспечивают глобальную связь



Излучаемые спутником связи радиосигналы проходят расстояния в 30—40 тыс. км до приемных станций на Земле, испытывая при этом огромные затухания. Сигналы, приходящие к поверхности Земли, очень слабы. Чтобы их уловить, необходимы сложные чувствительные приемные устройства и большие антенны. Понятно, что чем мощнее излучаемые спутником сигналы, тем проще и дешевле могут быть наземные приемные станции, тем быстрее и с меньшими затратами можно увеличить их число.

Однако, увеличение мощности бортовых передатчиков, с одной стороны, ведет к большим затратам на разработку, изготовление и запуск спутника, с другой стороны, оно ограничено современным уровнем развития космической техники, сложнейшими техническими проблемами,

которые возникают при создании космических аппаратов.

Ряд сложных технических проблем построения спутников связи был решен при разработке и изготовлении спутника «Молния-1». Были применены солнечные батареи, панели которых ориентировались на Солнце, что обеспечивало высокую эффективность использования их поверхности и высокий энергоресурс спутника. Мощность бортового передатчика составляла 40 Вт и значительно превышала мощность передатчиков зарубежных спутников связи того времени. Остронаправленная бортовая антенна при движении спутника по

■
Зона обслуживания искусственного спутника Земли «Молния» (заштрихована)

орбите постоянно ориентировалась на центр Земли.

Тем самым удалось обеспечить большую эффективную мощность излучаемых сигналов и за счет этого применить сравнительно простые наземные приемные станции «Орбита» с диаметром зеркала параболических антенн 12 м. В то время в зарубежной технике спутниковой связи строились гораздо более сложные наземные станции с антеннами диаметром 25—30 м и сверхвысокочувствительными приемными устройствами, охлаждаемыми жидким гелием. Советская промышленность в сжатые сроки не только освоила оборудование для станций «Орбита», но и организовала его серийное производство.

В 1967 году, к 50-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции, вошла в строй распределительная телевизионная систе-

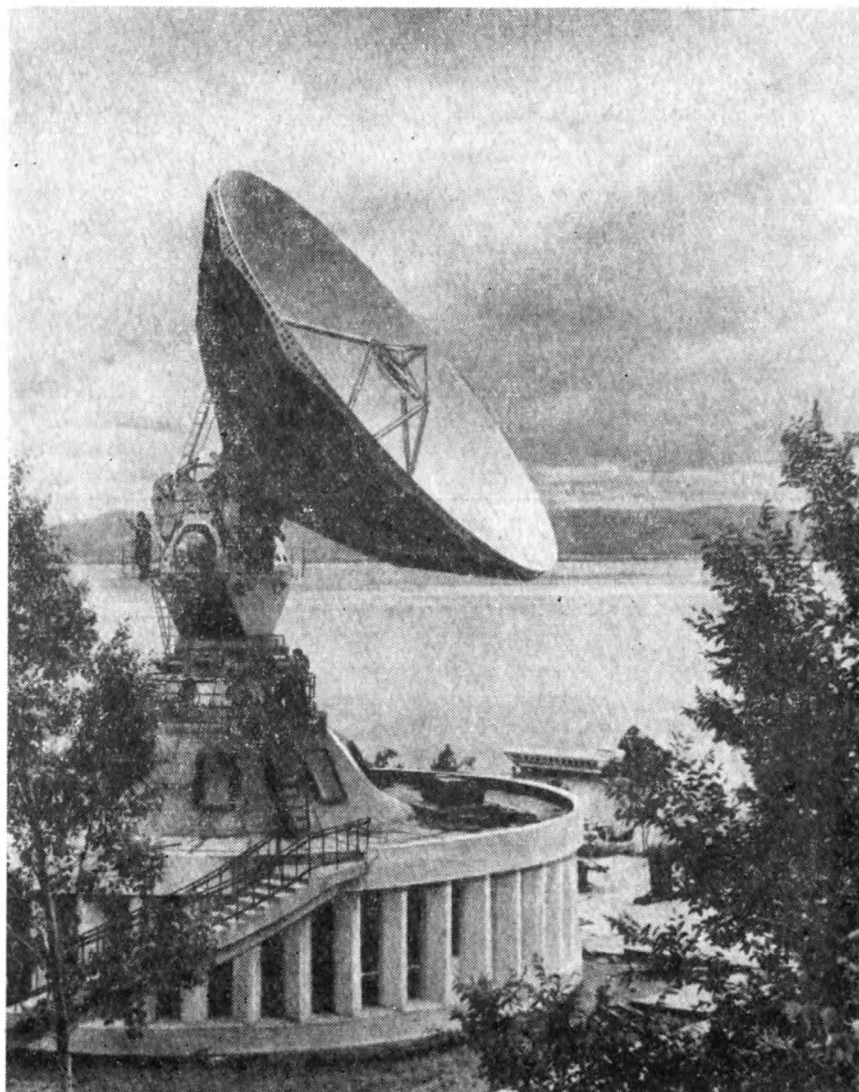
ма «Орбита» — 21 наземная станция в отдаленных районах Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, Средней Азии и Казахстана.

Сеть станций «Орбита» интенсивно росла в последующие годы, чему способствовало активное участие местных партийных и советских органов с привлечением для этой цели местных средств.

К настоящему времени в стране построено 75 станций во многих городах и даже поселках отдаленных районов СССР — там, где сравнительно большое население и строительство такой станции экономически оправдано. Сегодня практически все значительные по численности населения города имеют центральное телевидение.

Ряд станций «Орбита» кроме приема программ Центрального телевидения используются для телефонно-телеграфной связи и обмена другими видами информации: приема программ радиовещания, фототелеграфного обмена, приема полос газет. Число таких приемо-передающих многоцелевых станций «Орбита» будет увеличиваться за счет реконструкции станций, построенных вначале только для приема телевидения.

Вместе с развитием сети наземных станций совершенствовались и спутники связи. На высоких эллиптических орбитах появились спутники «Молния-2», «Молния-3» и геостационарные спутники «Радуга». Они значительно расширили возможности не только спутникового телевидения, но и спутниковой связи в целом. Применительно же к задачам распределительной телевизионной сети «Орбита» эти спутники позво-



лили значительно улучшить качество передачи телевизионных программ и приступить к многопрограммному спутниковому цветному телевизионному вещанию.

Со времени ввода в действие спутников «Молния-2», которые работают в сантиметровом диапазоне радиоволн (4—6 ГГц), выделенном международным соглашением для спутниковой связи, качество приема

программ цветного и черно-белого телевидения на станциях «Орбита» стало полностью соответствовать международным нормам.

Спутники «Молния» могут передавать программу телевидения сразу на весь Советский Союз, но по времени она не очень подходит для некоторых районов. Территория СССР занимает 11 часовых поясов. Когда на Камчатке и Чукотке 8 часов вечера — время для вечерней программы, на Кольском полуострове — 10 часов утра и у телевизоров в основном дети. Чтобы программы теле-

■
Наземная станция «Орбита» в Хабаровске

видения зрители увидели в удобный для них час, пришлось организовать передачу программ по зонам, каждая из которых включает 2—3 часовых пояса. Для каждой из этих зон передается своя программа, «привязанная» ко времени зоны.

Передача нескольких программ телевидения осуществляется спутниками «Молния-2», «Молния-3» и «Радуга» с начала 1977 года.

Кроме того, развитие наземной сети связи позволило по каналам радиорелейных и кабельных линий передавать первую программу Центрального телевидения в отдаленные города Сибири, где имеются станции «Орбита». В этих городах организована передача через спутник «Радуга» и второй телевизионной программы. Число программ Центрального телевидения, передаваемых в различные города Советского Союза, будет увеличиваться.

Таким образом, быстро решается важнейшая задача, поставленная XXV съездом КПСС,—обеспечение уверенного приема Центрального телевидения на всей территории Советского Союза.

К настоящему времени все густонаселенные районы страны перекрыты зонами обслуживания наземных телевизионных центров, передающих станций, мощных и маломощных ретрансляторов.

Однако еще есть много мелких населенных пунктов на севере страны, в Сибири, которые не попали в зоны действия имеющихся телевизионных станций. Передавать программы Центрального телевидения в такие мелкие населенные пункты станциями типа «Орбита» практически невоз-

можно. Строительство десятков тысяч таких станций потребовало бы огромных капитальных затрат, длительного времени. Да и разумно ли строить станцию «Орбита» для населенного пункта, в котором живет несколько десятков или сотен человек?

Естественно, возник вопрос, а нельзя ли установить на спутнике более мощный телевизионный передатчик и обеспечить в огромной зоне обслуживания прием программ Центрального телевидения простыми приемными устройствами? Такая система была подробно исследована теоретически. Расчеты показали, что выгоднее применить способ частотной модуляции сигналов, а не амплитудный, используемый в обычном телевидении. При этом способе модуляции для телевизионного канала нужна более широкая полоса частот, но мощность бортового передатчика может быть выбрана в несколько раз меньше.

Телевизионный передатчик, установленный на спутнике, не может использовать и те же диапазоны частот, которые применяются в современных телевизорах, иначе он будет создавать помехи телевизионному вещанию.

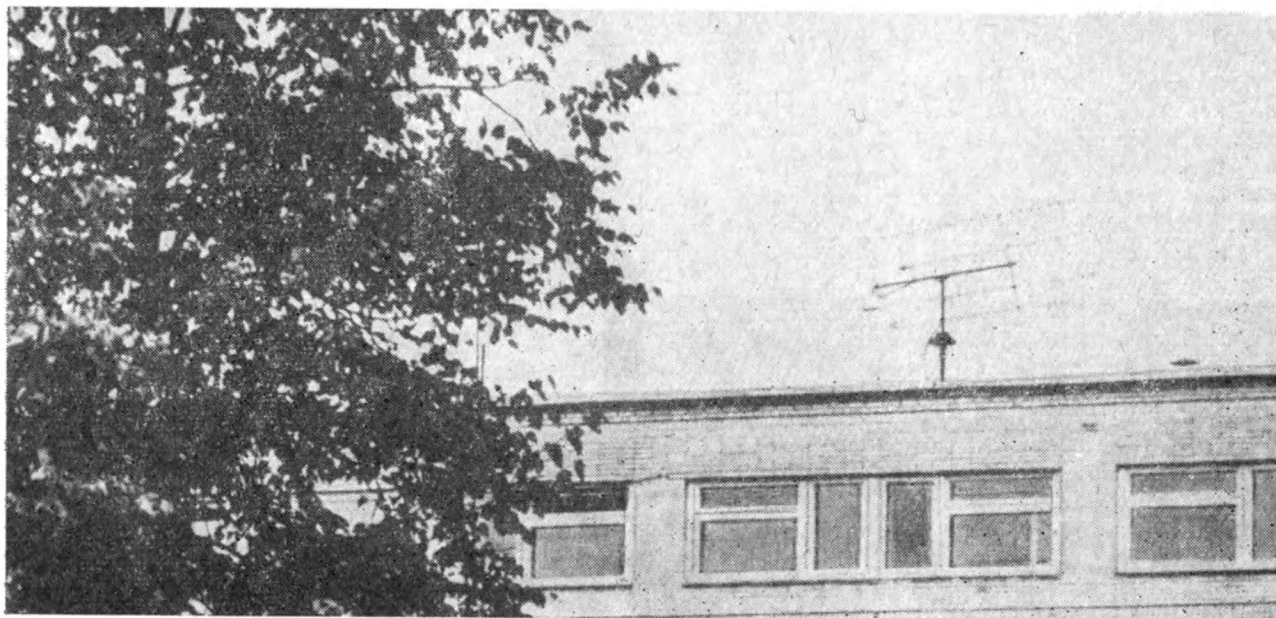
Телевизионные сигналы с такого спутника принимает относительно простая, но остронаправленная антенна, ориентированная на спутник с точностью $\pm 1-3^\circ$ по азимуту и углу места и специальное приемное устройство (конвертор). Конвертор преобразует частотную модуляцию в амплитудную и частоту телевизионного сигнала, приходящего со спутника, в частоту одного из каналов приема,

имеющихся в современных телевизорах.

Использовать весь этот комплект оборудования наиболее целесообразно сразу для всего населенного пункта. Ведь даже телевизионными антеннами мы в большинстве случаев пользуемся коллективными, а не индивидуальными. И экономически выгодно применять коллективное устройство для приема сигналов со спутника — одно на населенный пункт. Итак, принятые со спутника сигналы преобразуются по частоте и виду модуляции коллективными приемными устройствами, ретранслируются маломощными (до 1 Вт) наземными передатчиками и принимаются домашними приемниками. Преобразованные сигналы от коллективного приемного устройства могут также передаваться к телевизорам через кабельную сеть, подобную кабельной сети от коллективной антенны, применяемой в многоквартирных домах.

Приемные устройства наземной сети снабжаются остронаправленными антеннами, которые по соображениям простоты и дешевизны не имеют поворотных устройств, а наводятся на спутник один раз при первоначальной установке. Поэтому спутник должен быть в течение всего времени эксплуатации как бы неподвижен относительно наземного наблюдателя, то есть с высокой точностью (порядка $1-0,5^\circ$ по долготе и широте) удерживаться в заданном положении на геостационарной орбите.

Мощность бортового передатчика определяется простотой приемных устройств, выбранным диапазоном частот, размерами зоны обслужива-



ния и эффективностью бортовой антенны.

Бортовые антенны спутника также должны быть остронаправленными. Ошибки ориентации бортовых антенн суживают зону обслуживания. Если ошибка ориентации составляет лишь 10% от ширины диаграммы направленности бортовой антенны, то зона обслуживания будет порядка 60% ее максимально возможной величины.

СПУТНИК «ЭКРАН»

Спутник, получивший условное наименование «Экран», выведен на геостационарную орбиту 26 октября 1976 года. Спутник имеет бортовой передатчик мощностью 200 Вт и остронаправленную бортовую антенну — фазированную решетку площадью 12 м².

Системы ориентации и коррекции спутника «Экран» обеспечивают точность удержания спутника в заданной точке геостационарной орбиты 1—0,5° и точность наведения бортовых антенн 30—40'. Обеспечивается ориентация панелей солнечной батареи на Солнце.

Зона обслуживания спутника «Экран», находящегося в точке стояния

99° в. д., простирается от Новосибирска до Якутска. В этой зоне обеспечивается высокая напряженность электромагнитного поля у поверхности Земли порядка — 25 мкВ/м, что позволяет использовать для приема весьма простые коллективные установки.

Коллективное приемное устройство имеет антенну типа волнового канала. Антенна не требует специальной опоры и может устанавливаться на крыше дома.

Коэффициент усиления антенны 23 дБ. Ширина диаграммы направленности ее 9°. При первоначальной установке она должна быть ориентирована с достаточно высокой точностью на спутник «Экран» в соответствии с рассчитанными для конкретного пункта данными. Приемное устройство практически не нуждается в обслуживании.

Спутник «Экран» принимает частотно-модулированные сигналы телевидения, передаваемые наземной станцией космической связи, распо-

■
Антенна приемного устройства системы «Экран»

ложенной в районе Москвы, на частоте 6 ГГц и передает их в полосе частот 702—726 МГц в выбранной зоне обслуживания.

Приемное устройство наземной сети принимает частотно-модулированные сигналы спутника «Экран» в полосе частот 702—726 МГц и преобразовывает их в амплитудно-модулированные телевизионные сигналы одного из каналов метрового диапазона волн. Эти сигналы наземным маломощным ретранслятором передаются в зоне, охватывающей населенный пункт, что обеспечивает прием программ телевизорами с обычными коллективными или индивидуальными антеннами. Причем качество принимаемого сигнала не хуже, чем в зоне обслуживания наземного телевизионного центра.

Испытания спутников «Экран» и опытная эксплуатация существующей сети приема, в состав которой к настоящему времени входят более 60 пунктов, показали хорошие результаты.

Дальнейшее развитие наземной сети приемных станций системы «Экран» — вопрос времени. Для обеспечения полного охвата этой зоны необходимо лишь изготовить и установить необходимое число приемных

станций и маломощных ретрансляторов.

Программа Центрального телевидения, передаваемая через спутник «Экран», может приниматься, конечно, и в городах для передачи через наземные телевизионные передатчики. В этом случае качество принимаемого сигнала должно быть выше, чем при приеме на коллективные приемные устройства.

Для этой цели имеются специальные приемные устройства более высокого класса. Они снабжены антеннами в виде фазированных решеток. Антенны устанавливаются на специальных опорах. Все блоки приемного устройства имеют резерв для обеспечения высокой надежности, встроенные измерительные приборы обеспечивают контроль состояния приемного устройства и качества сигнала. Приемное устройство этого типа преобразует принимаемый со спутника «Экран» частотно-модулированный сигнал в отдельные сигналы — видеосигнал телевизионного изображения и звуковой сигнал. С приемного устройства эти сигналы по соединительной линии подаются на наземный мощный телевизионный передатчик.

Наряду с использованием дециметрового диапазона частот уже сейчас возникает вопрос об освоении других диапазонов для обеспечения многопрограммного спутникового телевизионного вещания с передачей программ на разные временные зоны в удобное для телезрителей время.

Решением Всемирной административной радиоконференции по космической связи — ВАКР-КС (Женева, 1976) для этой цели выделен диапазон частот 11,7—12,5 ГГц.

Проведенные расчеты показывают, что задачи обеспечения многопрограммного телевизионного вещания во всех странах мира по временным зонам могут быть решены при оптимальном использовании диапазона частот 11,7—12,5 ГГц. Предполагается создание национальных систем спутникового телевизионного вещания в этом диапазоне частот на основе международного плана распределения

полос частот и позиций спутников на геостационарной орбите. Такой план был разработан для стран Европы, Азии и Африки Всемирной административной конференцией по спутниковому телевизионному вещанию проходившей в Женеве в январе — феврале 1977 года.

Советскому Союзу выделено 70 каналов для передачи программ телевидения по временным зонам и 5 позиций на стационарной орбите для размещения спутников.

Использование диапазона частот 11,7—12,5 ГГц для телевизионного вещания имеет и трудности. В этом диапазоне затухание сигналов при распространении радиоволн в атмосфере значительно больше за счет поглощения в кислороде, парах воды, дожде. Эти потери в 3 раза больше, чем в дециметровом диапазоне волн, а чувствительность наземных приемных устройств при современном уровне технологии примерно в 3 раза хуже, чем в диапазоне частот 620—790 ГГц. Эти факторы определяют необходимость установки бортовых передатчиков со значительно большими мощностями на спутниках телевизионного вещания.

Создание и ввод в действие спутников связи «Молния-2», «Молния-3» и «Радуга» значительно расширили возможности дальней телефонно-телеграфной связи, передачи программ радиовещания, фототелеграфных полос газет и другой информации как в интересах народного хо-

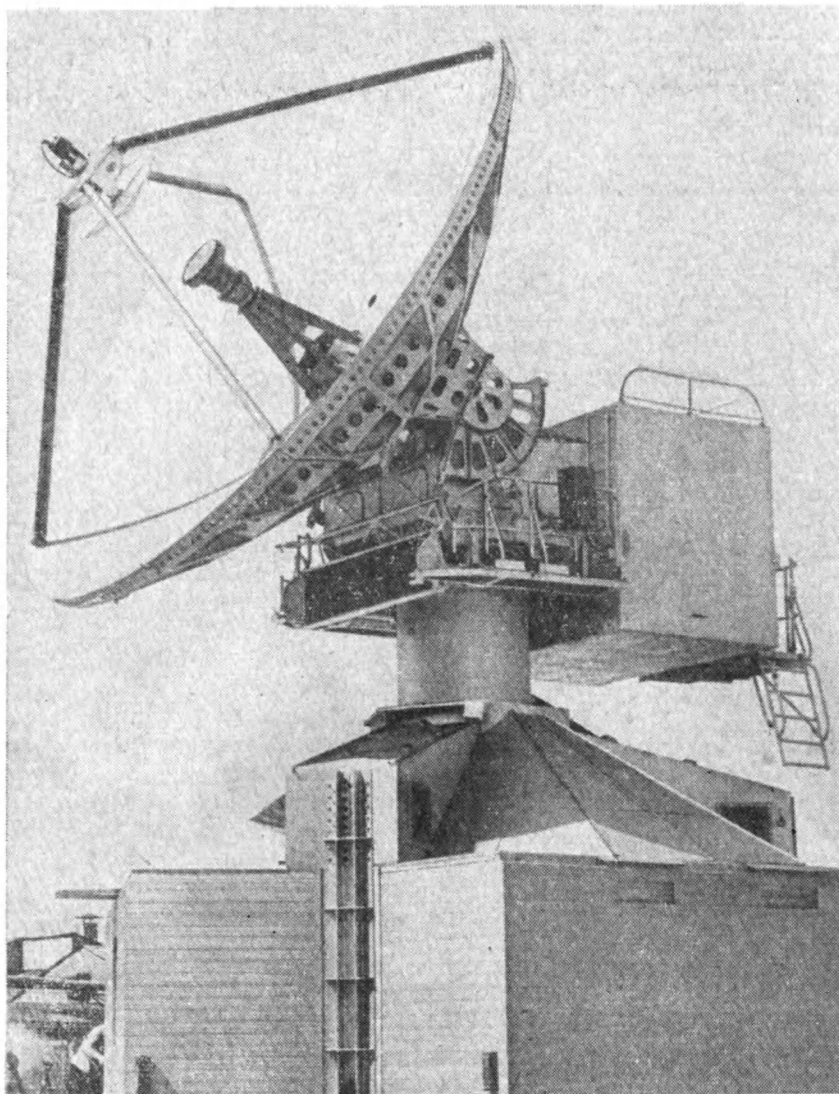
зяйства СССР, так и для международного сотрудничества.

В 1971 году было подписано соглашение о создании международной системы спутниковой связи «Интерспутник». К настоящему времени наземные станции спутниковой связи этой системы построены в СССР, в Республике Куба, ПНР, ГДР, ЧССР, МНР, НРБ, ведется строительство и в других странах.

Между наземными станциями системы «Интерспутник» осуществляется телефонно-телеграфная связь и обмен программами телевидения с использованием каналов связи на спутниках «Молния-3». Потребности системы «Интерспутник» в каналах связи могут быть удовлетворены в настоящее время использованием спутников «Молния-3» и «Радуга».

Советский Союз взаимодействует и с системой спутниковой связи «Интелсат». В СССР, в районе Львова построена станция спутниковой связи предназначенная для работы через спутники «Интелсат». Ряд социалистических стран: СССР, ГДР, ЧССР, ПНР и НРБ используют спутник «Интелсат-4» для связи с США и Канадой.

По соглашению между СССР и США для руководителей Советского государства и руководителей США организованы каналы прямой связи СССР — США с использованием спутников связи «Молния-3» и «Интелсат-4». Эти каналы, включая оборудование наземных станций космической связи СССР и США и окончательное телефонно-телеграфное оборудование, прошли длительные испытания, подтвердившие их высокую надежность.



В 10-й пятилетке в Советском Союзе планируется дальнейшее развитие сети спутниковой связи на основе использования новых геостационарных спутников, заявленных в Международном союзе электросвязи под индексом «Стационар-4, -5, -6, -7, -8, -9, -10».

Для работы через эти спутники на базе существующих станций «Орбита» будет создана широкая сеть приемо-передающих станций, которые обеспечат дуплексную телефонно-

телеграфную связь, прием нескольких программ Центрального телевидения и звукового радиовещания, прием фототелеграфных изображений, прием фототелеграфных изображений, обмен телекодовой информацией между ЭВМ.

Для развития распределительной системы телевидения с приемными станциями, более дешевыми, чем станции «Орбита», на спутниках этой серии будут предусматриваться стволы связи с передатчиками, более мощными, чем на спутниках «Молния-2, -3» и «Радуга», а также узконаправленные бортовые антенны. При использовании этих стволов связи

приемные устройства с антеннами диаметром 2—2,5 м значительно более просты и дешевле, чем станции «Орбита». Такие приемные устройства, особенно в районах, не охваченных телевизионным вещанием через спутники «Экран», позволят значительно расширить число населенных пунктов, в которых будет обеспечиваться прием нескольких программ Центрального телевидения.

На первом этапе спутники «Стационар-4 и -5» будут обеспечивать Олимпийские игры 1980 года программами телевидения, радиовещания и телефонной связью с зарубежными странами. Программы телевидения со спутников «Стационар-4, -5» могут принимать наземные станции системы «Интерспутник» или другие, работающие в диапазоне частот этих спутников.

В качестве наземных станций для приема и передачи программ телевидения могут быть использованы перевозимые станции «Марс». Эти станции имеют разборные параболические антенны диаметром 7 м; вся приемо-передающая и каналообразующая аппаратура станции смонтирована в трех контейнерах.

Такие станции перевозят железнодорожным транспортом или несколькими самолетами. В течение 2—3 дней они могут быть смонтированы и подготовлены к работе.

Данный обзор развития техники космической связи показывает, как много сделано за столь короткое время. Совершенно ясно, что дальнейшие успехи этой новой отрасли будут еще более впечатляющими.

■
Перевозимая станция «Марс»



Директор Гидрометцентра СССР
профессор
М. А. ПЕТРОСЯНЦ

Спутники службы погоды

Метеорологические спутники должны удовлетворять особым и очень жестким требованиям. Прежде всего, они обязаны образовывать непрерывно работающую систему с очень высокой степенью надежности, поставляющую информацию в определенные часы суток потребителям — прогнозистическим центрам различных рангов: от мировых метеорологических центров до авиаметеорологических станций и отдельных кораблей. Ясно, что система метеорологических спутников не в состоянии работать без наземной системы приема, автоматической обработки и распространения спутниковой информации. В службе погоды не может быть такого положения, когда к моменту составления того или иного прогноза метеорологическая информация, в том числе и от спутников, отсутствует. Поэтому любая неисправность в непрерывной технологической линии получения информации от спутников — касается ли это выхода из строя спутника на орбите или элемента наземной обрабатывающей системы — должна быть немедленно устранена.

Очень важна и стандартизация аппаратуры, установленной на спутниках. Это требование принципиально не только для спутников одной серии. Вероятно, выполнение его будет способствовать и успешному международному сотрудничеству в этой области.

ИЗМЕРЕНИЯ ИЗ КОСМОСА

Источником информации при наблюдении Земли из космоса служат, в конечном счете, электромагнитные

Средства наблюдения атмосферы из космоса прочно заняли свое место в метеорологии. Родилась и набирает силу специальная отрасль науки об атмосфере — спутниковая метеорология.

волны различных участков спектра, отраженные или излученные атмосферными либо земными объектами. По интенсивности электромагнитных волн можно судить о некоторых свойствах объектов. Телевизионные камеры и сканирующие радиометры, установленные на спутнике и измеряющие отраженную радиацию в видимом участке спектра (дневной свет), дают возможность получить представление о форме объектов с различной отражательной способностью. При этом белые участки на изображениях соответствуют районам с большим альбедо, а черные — с малым. Таким образом, облака будут выглядеть белыми, а, например, водные массы — черными.

Инфракрасные сканирующие радиометры измеряют длинноволновую (тепловую) радиацию, излучаемую облаками и подстилающей поверхностью Земли. При длине волн 10 мкм облака и подстилающая поверхность Земли излучают, как абсолютно черное тело. В диапазоне длин волн 8—12,5 мкм атмосферное поглощение минимально и инфракрасная радиация уходит в космос с наименьшими потерями. Сканирующий радиометр, измеряющий излучение в диапазоне длин волн 10,5—12,5 мкм, будет давать представление о тепловом рельефе под-

стилающей поверхности. Независимо от времени суток темные участки изображений соответствуют наиболее теплым районам подстилающей поверхности, а светлые — наиболее холодным.

Радиационная аппаратура, которая измеряет абсолютную величину излучений, фиксирует тепловые потоки исходящие от земной поверхности и атмосферы, дает оценку радиационного баланса системы Земля — атмосфера и характеристики, необходимые для определения температуры поверхности суши и океана. Более тонкая спектрометрическая аппаратура используется для измерения электромагнитной энергии в очень узких спектральных интервалах, что позволяет рассчитывать вертикальное распределение температуры, влажности и озона в атмосфере.

Все необходимые приборы доставляются в космос метеорологическими спутниками, выведенными на околополярную или геосинхронную (экваториальную) орбиты.

МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА

Ежедневные изменения погоды вызываются развитием и движением атмосферных возмущений — волн и вихрей, горизонтальные размеры которых обычно от 500 до 5000 км. За сутки такие возмущения могут пройти от 200—300 до 1000—2000 км. Поэтому для составления суточного прогноза погоды необходимы наблюдения за состоянием атмосферы на площади примерно 7000×8000 км². Прогноз на 3—5 суток уже требует информации по меньшей мере с тер-



ритории полушария, а количественный прогноз погоды на более длительные сроки невозможен без глобальной информации.

Атмосфера не зависит от государственных границ. Понимая это, метеорологические службы ряда стран еще в 1873 году создали Международную метеорологическую организацию (ныне Всемирная метеорологическая организация), насчитывающую сейчас 144 члена. В рамках этой организации создана Всемирная служба погоды, которая объединяет метеорологические службы стран — членов Всемирной метеорологической организации в единую систему, состоящую из глобальной системы наблюдений, глобальной системы телесвязи — передачи данных и глобальной системы обработки данных («Земля и Вселенная», № 1, 1969, с. 4—8; № 1, 1973, с. 21—25.—Ред.). Глобальная система наблюдений имеет две подсистемы: наземную подсистему — синоптические и аэрологические наземные станции, корабли, самолеты и космическую подсистему — полярные и геостационарные метеорологические спутники.

Станции наземной подсистемы ведут наблюдения в одно и то же время на всем земном шаре и периодически сообщают сведения о явлениях погоды, температуре, давлении, влажности, скорости и направлении ветра у земли и в свободной атмосфере. Эти данные служат основой для построения карт погоды, проведения синоптического анализа и составления численного прогноза погоды. Несомненное преимущество наземной системы заключается в

синхронности наблюдений, что позволяет получить «моментальный снимок» состояния атмосферы, всех имеющихся в данный момент атмосферных возмущений и связанной с ними погоды. Это позволяет сравнивать погоду в различных районах и определять стадию развития каждого атмосферного возмущения, каждого атмосферного объекта. Однако такая система имеет и очевидные недостатки: станции расположены друг от друга на различных, иногда на очень больших расстояниях и наблюдения проводятся не непрерывно, а через определенные промежутки времени (синоптические станции — через 3 часа, аэрологические — через 12 часов).

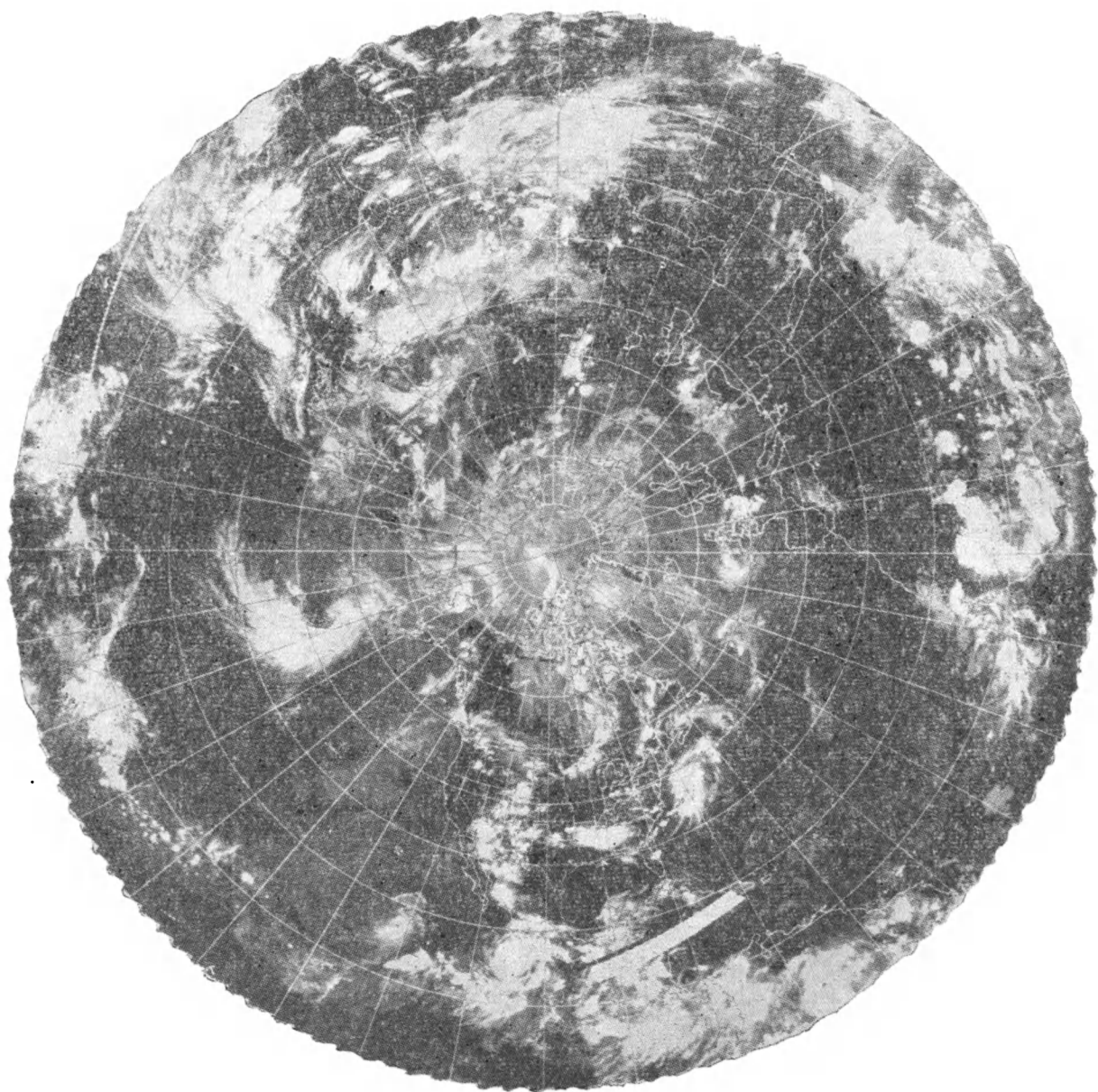
Таким образом, синоптический анализ карт погоды неизбежно должен использовать методы интерполяции для определения положения основных атмосферных объектов — фронтов, циклонов и антициклонов, струйных течений, тропических ураганов, облачных скоплений. Естественно, атмосферные возмущения, горизонтальные размеры которых меньше расстояния между станциями, а время жизни меньше, чем интервал между наблюдениями, будут пропущены. Для метеорологических наблюдений у земной поверхности это не очень важно, так как атмосферные возмущения со временем жизни от 15 минут и примерно до 3—4 часов дают ничтожный вклад

в формирование, например, поля температуры. Но начиная с высоты 300—500 м такая «потеря» возмущений становится ощутимой.

Другой очевидный недостаток наземной системы наблюдений — ее пространственная неоднородность. Густота сети станций удовлетворяет требованиям метеорологов только в Европе, Северной Америке и большей части Азии. Южное полушарие, тропические широты, океаны в Северном полушарии недостаточно охвачены сетью наблюдений, поэтому очень трудно даже приблизительно представить состояние атмосферы в этих районах.

Информация космической подсистемы, получаемая с полярных метеорологических спутников, принципиально отличается от информации наземной подсистемы. Спутник собирает и передает данные в процессе движения по орбите, и поэтому информация несинхронная. Но зато при надлежащей организации космической подсистемы информация со спутника — глобальная. Метеорологические данные наносятся на синоптическую карту около точки расположения станции, информация же с полярных спутников дает представление о форме и размерах облачных полей и других атмосферных объектов в полосе обзора спутника. Несинхронность информации от спутников несколько усложняет ее использование, однако фотографии, полученные со спутников и показывающие синоптическую ситуацию в целом, дали в руки метеорологов необычайно мощное средство анализа атмосферных процессов. Еще более важны для

■
Структура Всемирной службы погоды



наблюдения за атмосферой геостационарные спутники.

Сейчас оперативная космическая подсистема состоит из полярно-орбитальных метеорологических спутников СССР «Метеор», спутников США NOAA* и геостационарных спутников США SMS-1 и SMS-2**.

* NOAA — Национальная администрация атмосферы и океана.

** SMS — синхронный метеорологический спутник.

Советские спутники «Метеор» облетают вокруг Земли на высоте около 900 км. Разрешающая способность их телевизионных камер в надире 1,5 км, а сканирующего инфракрасного радиометра — около 20 км. Спутники NOAA летают на высоте 1450 км, разрешающая способность их телевизионных камер в надире около 3,2 км, а сканирующего инфракрасного радиометра — 7,4 км. Они оснащены специальными радиометрами, измеряющими энергию в

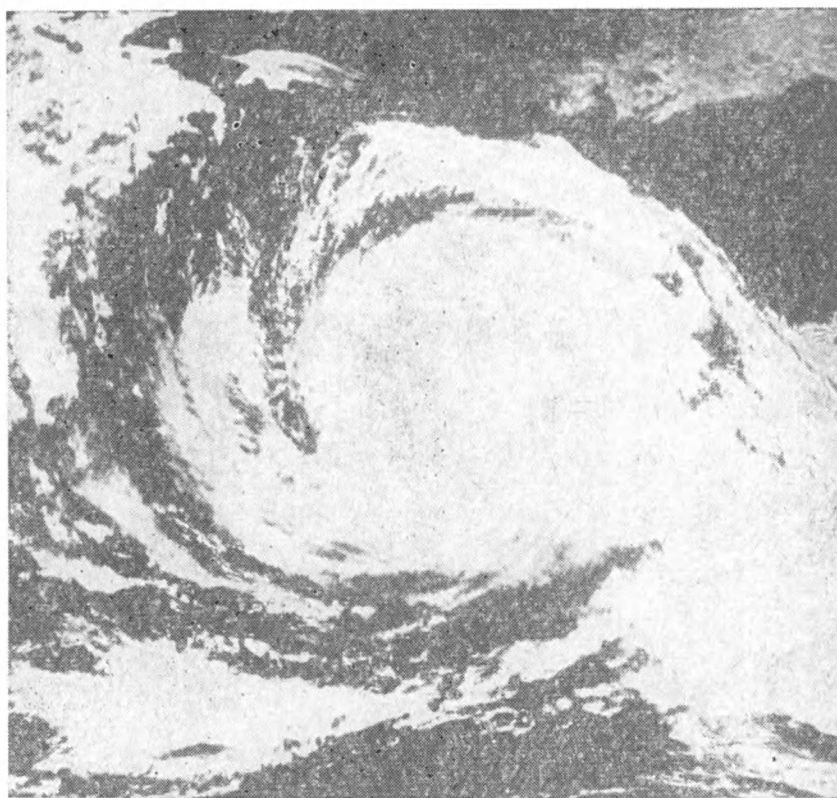
■ *Инфракрасное изображение облачности над северным полушарием. Оно получено последовательной обработкой снимков, сделанных за 14 оборотов вокруг Земли. Яркие белые пятна — высокая облачность; серые районы — поля низких облаков; черные участки — безоблачные районы над океанами и континентами. Огромная белая «заячья» в левой части снимка показывает район, где господствует мощный циклон с присущей ему непогодой. Снимки сделаны со спутника NOAA-4 7—8 июля 1975 года*

восьми интервалах инфракрасного участка спектра излучения, что позволяет вычислить профиль (вертикальное распределение) температуры от земной поверхности до высоты 30 500 м на площади примерно 110 км².

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Более чем 10-летний опыт использования информации от спутников необычайно обогатил наши знания об атмосфере. Прежде всего, телевизионные и инфракрасные снимки облачности замечательно подтвердили правильность представлений о строении облачных систем — теплых и холодных фронтов, циклонов и антициклонов, струйных течений, тропических ураганов и об изменениях облачных систем в процессе эволюции этих образований, представлений, которые были воссозданы метеорологами в результате анализа наземных наблюдений. Облачные системы, которые видны на телевизионных и инфракрасных снимках, отчетливо обрисовывают макромасштабные особенности циркуляции атмосферы.

Весьма эффективно изучение тропических циклонов по фотографиям, полученным со спутников («Земля и Вселенная», № 5, 1971, с. 37—44.—Ред.). По понятным причинам наземных наблюдений в тропических циклонах было не так много. Спутники сделали то, что трудно было сделать людям — они более точно выделили стадии развития циклонов и связанную с ними погоду. Информация, полученная со спутников, позволила создать службу оповещения о тро-



пических циклонов. По фотографиям со спутников удалось установить, что некоторые районы в Тихом и Индийском океанах, ранее считавшиеся свободными от тропических циклонов и потому безопасными для мореплавания, в действительности не являются таковыми, ибо их часто посещают свирепые ураганы.

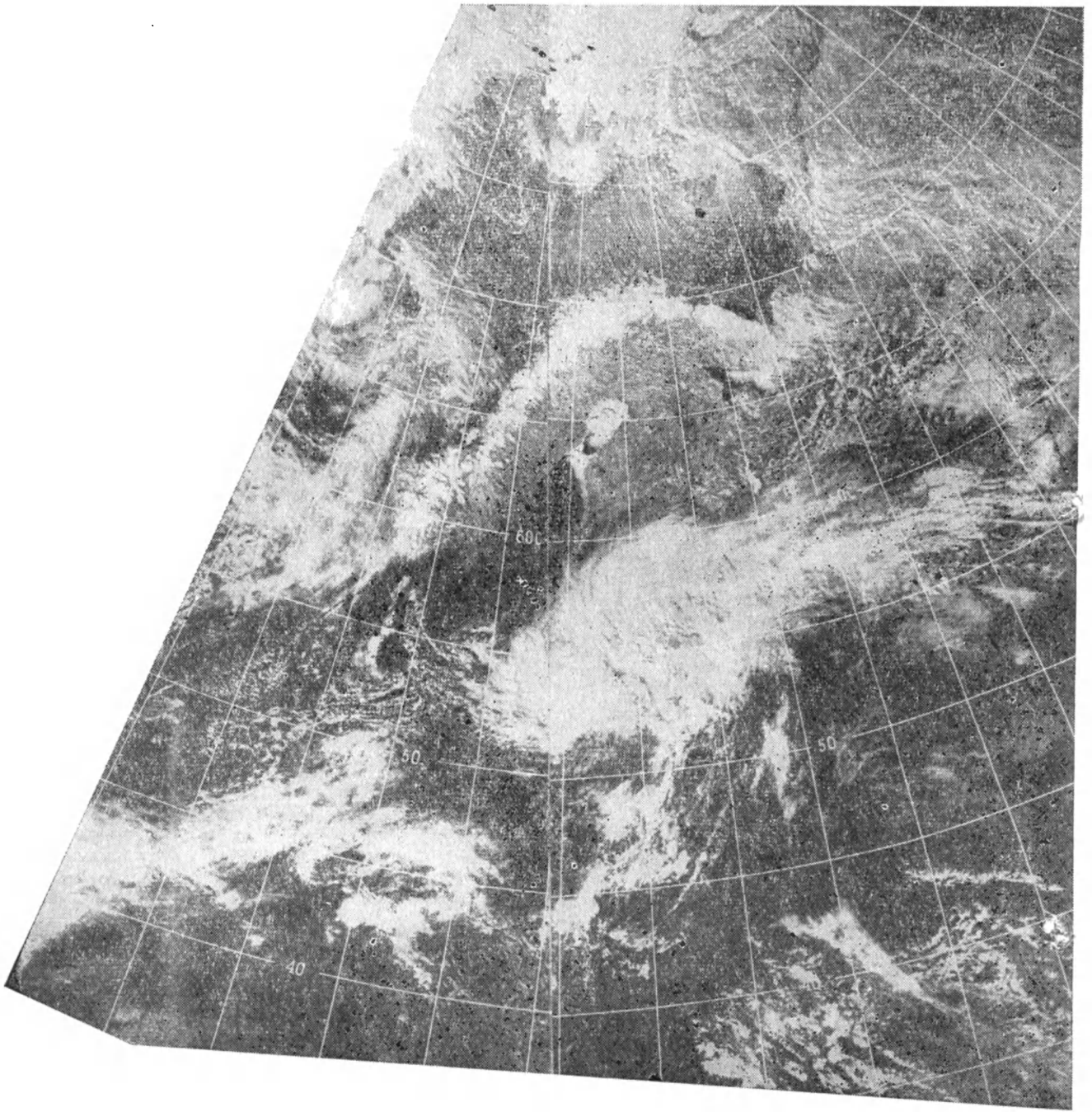
Сочетание спутниковых карт облачности с обычными картами погоды у поверхности Земли и картами воздушных течений в свободной атмосфере дает наиболее полную картину атмосферных движений в каждый момент времени. Такой анализ стал



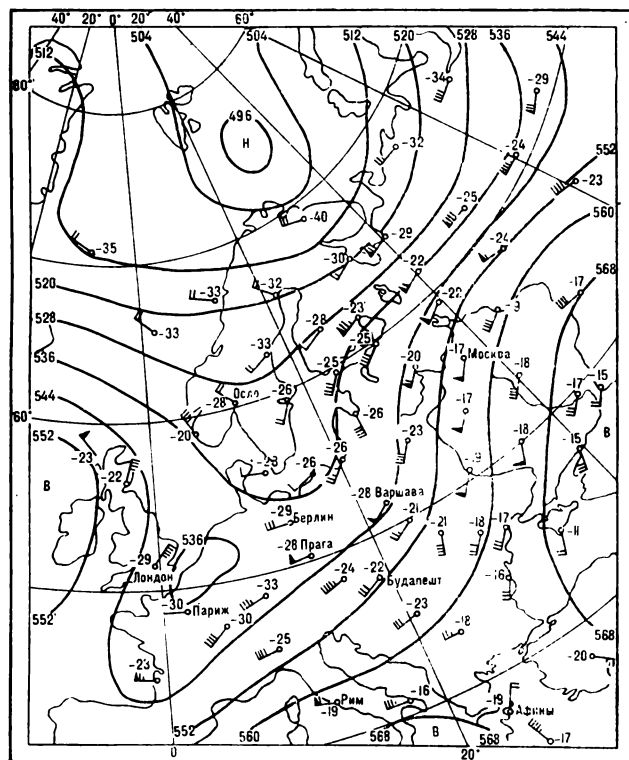
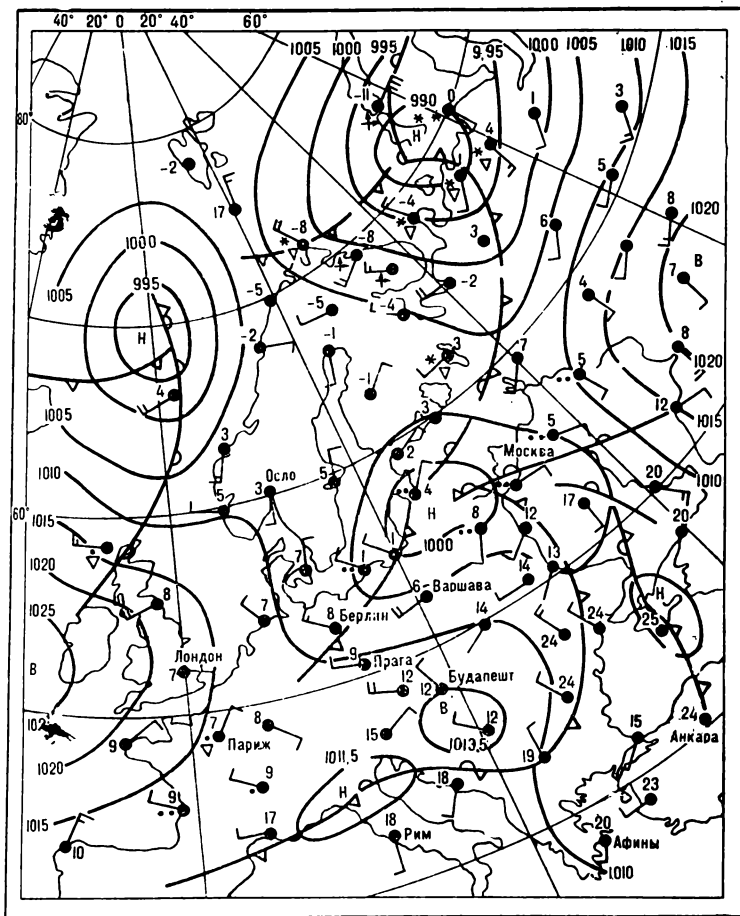
Телевизионная фотография тайфуна «Фрэн», обрушившегося в сентябре 1976 года на Японию. По характеру облачного покрова и облачных спиралей можно судить о том, что этот тайфун достиг стадии урагана (скорость ветра более 33 м/с) и, несомненно, представляет большую опасность. Снимок сделан 10 сентября 1976 года со спутника «Метеор»

ежедневным во всех современных метеорологических центрах. Однако снимки облачности, сделанные со спутников, не только помогли анализировать макромасштабные циркуляционные системы, но и открыли целый мир дотоле неизвестных метеорологических явлений с горизонтальными размерами порядка 10—100 км.

Наиболее интересные результаты были получены при исследовании конвективных процессов. Так оказалось, что в атмосфере существует два типа конвективных ячеек — закрытые и открытые. В закрытых конвективных ячейках восходящие движения наблюдаются в центре ячейки, а по ее периферии — нисходящие движения. В открытых ячейках картина восходящих движений противоположна. Телевизионная фотография облачности в районе Камчатки мало что говорит неспециалисту. Но глазу метеоролога фотография говорит о многом. На ней прослеживаются системы синоптического масштаба. Четкий край верхней границы облачно-



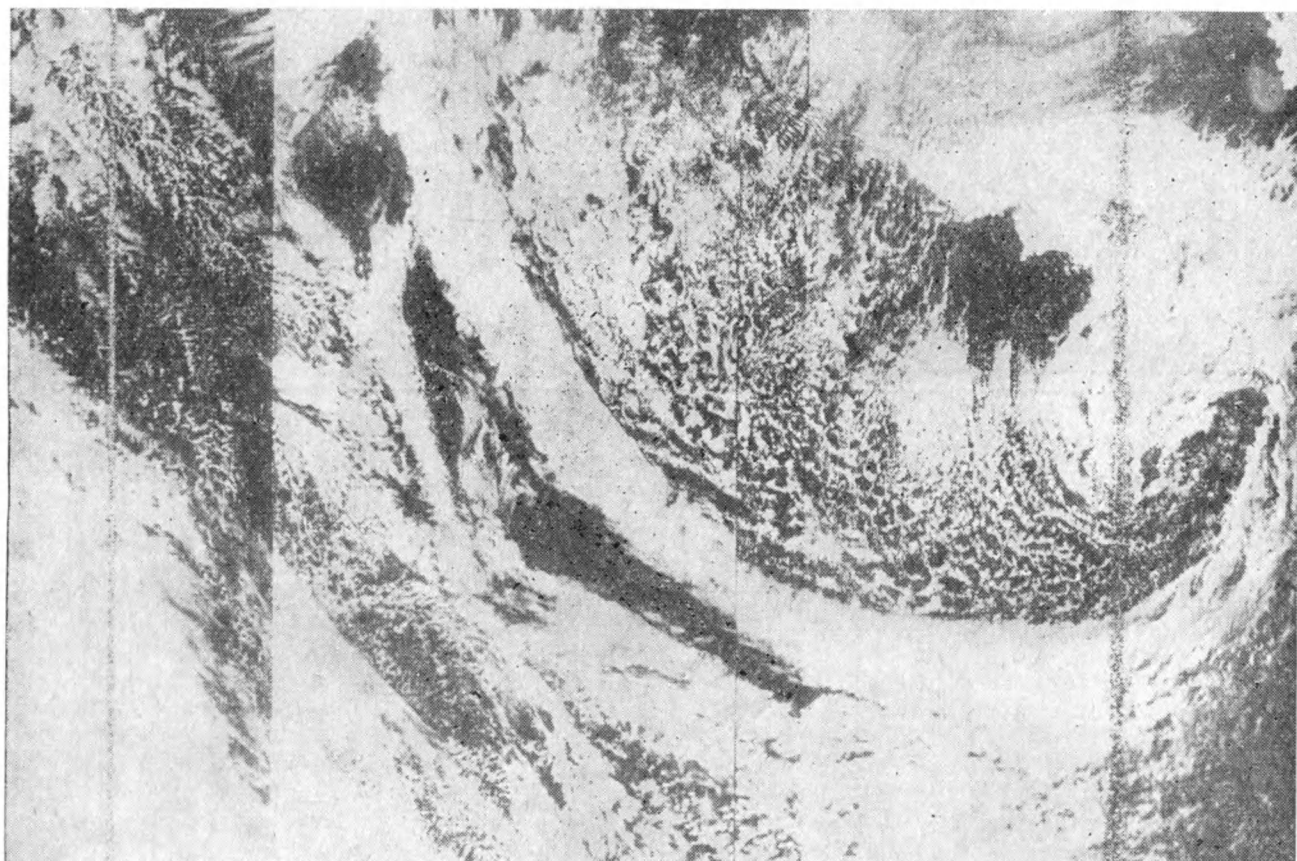
■
Облачные системы циклонов, сфотографированные со спутника «Метеор-2» в 14 и 16 часов по московскому времени 4 апреля 1977 года над Европой



Карта погоды в 15 часов по московскому времени 4 апреля 1977 года, демонстрирующая положение фронтов, циклонов (области низкого давления), антициклонов (области высокого давления), направления и скорости ветра, температуры и облачности у Земли. Условные обозначения: сплошные линии — изобары (линии равного давления), маленькие кружочки — символы станций,

стрелка с оперением — направление и скорость ветра, цифры — температура, точки означают дождь, звездочки — снег, треугольник с точкой — ливень

Карта направления и скорости воздушных течений и поля температуры в тропосфере, в слое 5—6 км над поверхностью Земли. Условные обозначения: сплошные линии — линии равных высот изобарической поверхности 500 мб, стрелка с оперением — направление и скорость ветра, цифры — температура



сти в юго-западном углу определяет положение оси струйного течения, реки быстротекущего воздуха с максимумом скорости в слое 8—12 км. На севере, несколько восточнее Камчатки, находится центр циклона с активным холодным фронтом, за которым происходит вторжение холодного воздуха на сравнительно теплую морскую поверхность Охотского моря. В тылу (за фронтом) развивается целый мир мезометеорологических образований. В северной холодной воздушной массе (за фронтом) в результате конвекции развиваются открытые конвективные ячейки, имеющие форму довольно правильных шестиугольников. В южной части вторгающейся за холодным фронтом воздушной массы наблюдаются закрытые конвективные ячейки. Это говорит об условиях трансформации воздушной массы: в северной части она прогревается от моря, а в южной части — охлаждается. Далее

на запад видны гряды волнообразных облаков, свидетельствующие о существовании инверсии температуры и гравитационных волн на ней.

Обширную информацию содержат телевизионные снимки облачности в горных районах и в районах, где воздушные течения сталкиваются с препятствиями. Телевизионные снимки облачности в горах при достаточно большом разрешении позволяют восстановить сложную картину воздушных течений. И если информация, извлеченная из телевизионного снимка, полученного со спутника, ложится на стол синоптика систематически и в необходимый момент, значение ее для локального прогноза погоды трудно переоценить.



Телевизионный снимок облачности в районе Камчатки, сделанный 15 ноября 1975 года со спутника «Метеор»

Возможности спутниковых методов наблюдения за атмосферой далеко не исчерпаны и могут дать службе погоды значительно больше, чем дают сейчас. В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» сказано: «...расширить исследования по применению космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в метеорологии, океанологии...». Это относится и к совершенствованию оперативной метеорологической спутниковой системы.

Разработка методов прогноза на сроки более пяти дней требует, чтобы равномерно по всему земному шару велись достаточно точные наблюдения за состоянием атмосферы, океана и суши. Единственная возможность создать такую наблюдательную систему — это оптимальное сочетание наземной и спутниковой наблюдательных подсистем. Прежде всего следует создать такую опера-



■
*Инфракрасный снимок получен
12 июля 1975 года с геостационарно-
го спутника*



тивную службу слежения за облачностью, которая давала бы представление о глобальном распределении облачности дважды в сутки. Причем данные должны быть представлены не только графически, но и характеризоваться числом, например средним баллом облачности на определенной площади. Кроме ежедневной информации, в наземной системе обработки нужно предусмотреть получение карт средней облачности за периоды 5, 10 дней и месяца. Такие данные необходимы для создания более точных методов долгосрочных прогнозов погоды и теории климата.

Необходимо, чтобы вертикальное зондирование температуры и влажности со спутников стало постоянным. Поскольку методами зондирования со спутников можно определять средние температуры довольно больших по толщине слоев атмосферы, необходимо провести исследова-

ния рационального сочетания спутниковых и наземных наблюдений, которые позволили бы восстановить поле давления в атмосфере. С большей точностью необходимо знать и температуру поверхности океанов.

Всемирная метеорологическая организация и Международный совет научных союзов готовят грандиозное международное научное мероприятие — Первый глобальный эксперимент по Программе исследования глобальных атмосферных процессов, проведение которого намечено на декабрь 1978 года — декабрь 1979 года. Во время этого эксперимента должна быть организована глобальная наблюдательная система, которая позволит получить годовой ряд достаточно точных данных о состоянии атмосферы, суши и океана, необходимых для создания и проверки численных моделей долгосрочного прогноза погоды. Важную часть этой системы будут составлять пять гео-

стационарных спутников, которые займут следующие точки на экваторе: 0° долготы (Европейское космическое агентство), 70° в. д. (СССР), 140° в. д. (Япония), 135° з. д. и 70° з. д. (США).

Геостационарные спутники дают возможность получать телевизионные и инфракрасные изображения поверхности Земли в широтном поясе 50° с. ш. — 50° ю. ш. с тремя величинами разрешения (1 км; 3,2 км; 6,4 км) через каждые 30 минут. Таким образом, снимок со спутника несет информацию об одновременном обзоре атмосферы, то есть имеет синоптический характер, а набор снимков, сделанных через каждые 30 минут, позволяет считать, что наблюдения ведутся непрерывно. По этим снимкам можно проследить движение облаков и получить данные о ветре в тропическом поясе — там, где этих данных больше всего не хватает. Пользу от создания подобной системы трудно переоценить.

НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА

В основе инфракрасной радиометрии, как известно, лежит регистрация собственного теплового излучения, интенсивность которого зависит от температуры и коэффициента излучения объекта. Этот метод можно применять и для измерения толщины ледяного покрова. Принимая коэффициент излучения льда или снега постоянным, можно считать, что при одинаковых значениях температуры воздуха, толщины снега на льду, теплофизических характеристик и т. д. тепловые контрасты на поверхности ледяного покрова обусловлены только различием в тол-

щине льда. Следовательно, величина зарегистрированной инфракрасной радиации будет характеризовать соотношение толщин ледяного покрова (его возрастные стадии).

Возможность оценивать толщину льда по его собственному инфракрасному излучению подтвердили измерения, проведенные в Арктике сотрудниками Арктического и Антарктического научно-исследовательского института с помощью сканирующих и несканирующих радиометров. Отмечено, что лежащий на льду снег оказывает экранирующее воздействие на тепловые контрасты, которые ослабевают при температуре воздуха, близкой к температуре замерзания воды.

Чтобы определить границы приме-

нимости инфракрасной радиометрии для измерения толщины заснеженного ледяного покрова, провели расчет тепловых контрастов, соответствующих различным значениям температуры воздуха (0—40°), толщины льда (0,1 см—4 м) и снега (0—60 см). Данные о тепловых контрастах были получены аэросъемкой. Расчет показал, что в осенне-зимний период в Арктике значительные тепловые контрасты характерны для тонких льдов и при утолщении ледяного покрова они постепенно сглаживаются. По этим тепловым контрастам инфракрасная съемка позволяет измерять толщину заснеженного морского льда в пределах от тонкой пленки до 1 м.

«Доклады АН СССР», 234, 3, 1977.



Доктор физико-математических наук
К. Н. ФЕДОРОВ
В. Е. СКЛЯРОВ

Океан из космоса

Давно прошло то время, когда постановка вопроса об исследовании океана из космоса могла вызвать лишь недоумение. Успехи космической техники и приборостроения значительно расширили область применения космических аппаратов. У разработаны и используются дистанционные методы геофизических измерений. Появились спутники, предназначенные для наблюдений за природной средой. Все это позволило впервые реально оценить преимущества изучения земной поверхности и Мирового океана с высоты космических орбит.

Океанологи в течение многих лет по крупицам собирали сведения об океане, добывавшиеся отдельными разрозненными экспедициями. Они никогда не могли охватить Мировой океан единым взором, так как организация сети постоянных наблюдательных станций в океане оказалась непосильной и слишком дорогостоящей задачей. Только за последние годы, и особенно благодаря международному сотрудничеству, удалось провести несколько длительных больших экспедиций, немного прояснивших синоптическую картину Мирового океана («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 6—16.—Ред.). В океане были открыты мощные вихри, чем-то похожие на атмосферные циклоны и антициклоны («Земля и Вселенная», № 1, 1974, с. 9—16.—Ред.). Стала понятнее сложная картина взаимодействия океана и атмосферы («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 17—24.—Ред.). Были нанесены на карты новые течения («Земля и Вселенная», № 1, 1970, с. 87—88.—Ред.). Расширились и пополнились

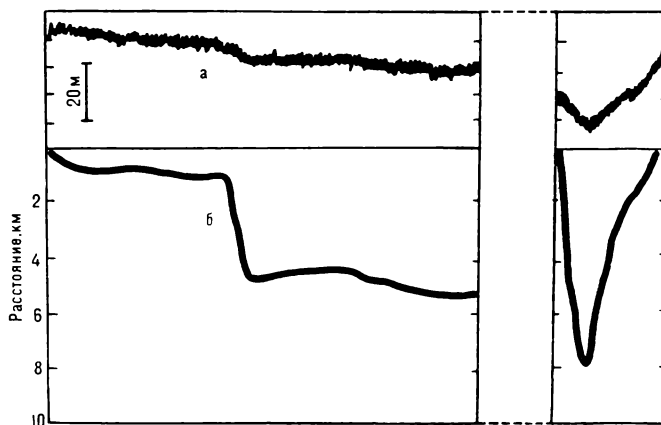
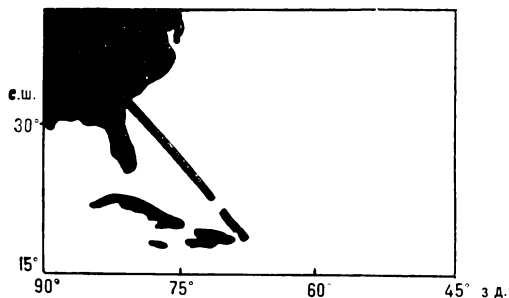
Мировой океан, занимающий две трети поверхности Земли, не только важный, но и сложный объект исследований. Поэтому возможность взглянуть на него из космоса, как на единое целое, представляет особую ценность для науки.

наши знания об изменчивости физических, химических и биологических процессов в океане. И вот, наконец, появилось средство, позволяющее связать воедино отдельные части сложной картины, взглянуть на вечно меняющийся и находящийся в непрерывном движении океан, как на единое целое. И средство это — космические лаборатории, которые дают возможность собирать весьма ценную, а иногда и уникальную научную информацию об океане.

Так, например, инфракрасные радиометры даже с высоты нескольких сот или тысяч километров могут измерять температуру морской поверхности с пространственным разрешением всего лишь в несколько километров и точностью порядка 1°C . Измерения температуры возможны также в сверхвысокочастотном диапазоне электромагнитного спектра, причем в последнем случае измерениям не мешают ни облака, ни влага, содержащаяся в атмосфере и сильно ослабляющая проходящее через нее инфракрасное излучение. Наблюдения теплового поля океана с помощью комбинации различных приборов возможны, таким образом, в любую погоду и в любое время суток. На изображениях, получаемых

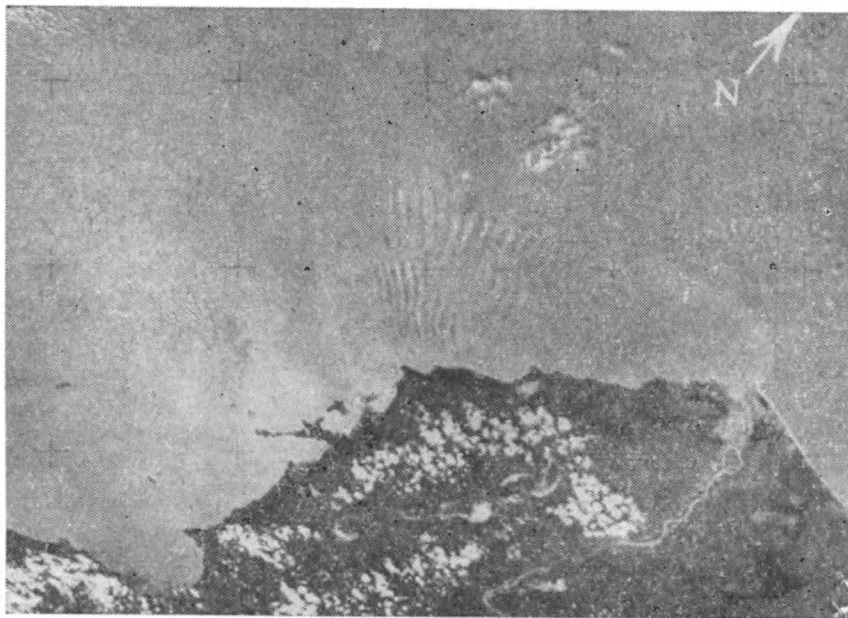
со спутников в инфракрасном диапазоне, хорошо видны границы теплых и холодных течений в океане, океанические вихри и области, покрытые льдом. Радиотепловые и радиолокационные измерения со спутников дают информацию о состоянии поверхности моря: высотах и характере ветровых волн, скорости ветра и течениях. Радиолокатор может работать на спутнике и как радиовысотометр, причем можно довести точность и разрешающую способность измерений до такой степени, что можно будет измерять превышение уровня океанической поверхности, связанное с ветровыми нагонами, приливами, течениями и разрушительными волнами — цунами.

Уже сейчас получены интересные результаты экспериментов с орбитальным радиовысотометром. Когда космическая лаборатория «Скайлэб» пролетала над районом пресловутого Бермудского треугольника, по данным радиовысотометра хорошо была видна разница уклонов северной и южной сторон понижения уровня океана в полном соответствии с уклонами дна впадины около острова Пуэрто-Рико. Несомненно, что обнаруженные искривления поверхности океана — часть сложной формы геоида и находятся в гравитационном равновесии. Следовательно, вода не может с бешеной скоростью устремляться в обнаруженные понижения уровня. Оставив в стороне различные сенсационные сообщения, появившиеся в печати по поводу обнаруженных в Бермудском треугольнике «провалов» и «воронков», хотелось бы отметить наличие отчетливой связи между изменениями уровня океа-

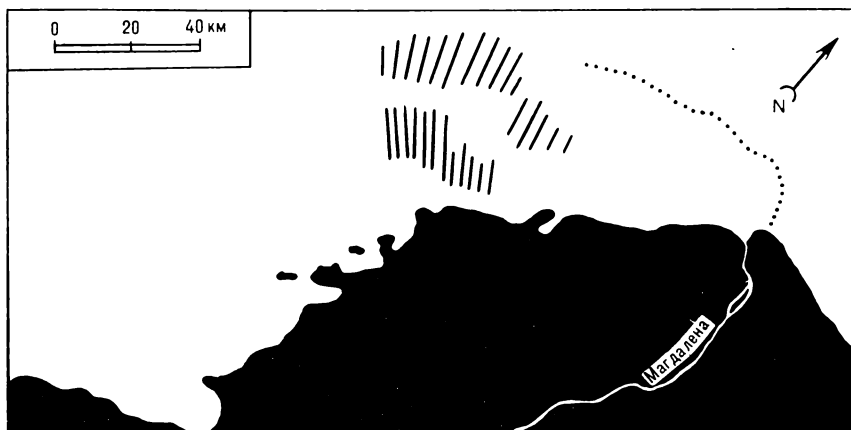


на и рельефом дна, что безусловно представляет большой научный интерес.

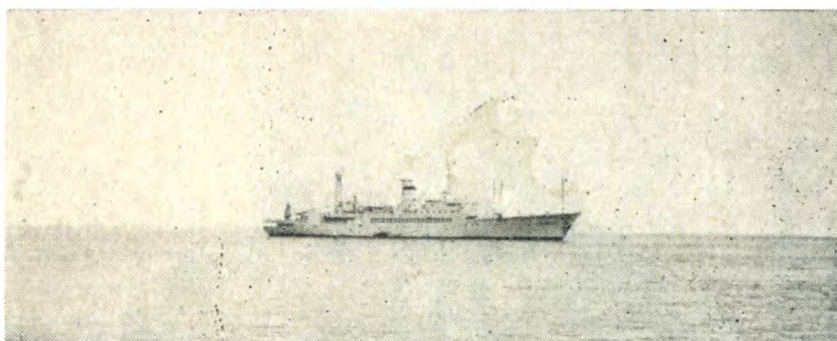
Современная оптическая техника позволяет регистрировать из космоса в видимом диапазоне спектра многие интереснейшие явления, происходящие на поверхности океана. Зоны повышенной биологической продуктивности в океане характеризуются изменениями цвета из-за наличия в воде мельчайших водорослей — фитопланктона, содержащего хлорофилл. Внутренние волны образуются и распространяются в глубинах океана и, казалось бы, не должны быть видны с поверхности. Тем не менее они взаимодействуют с поверхностными ветровыми волнами, оставляя на поверхности океана характерные следы. По этим следам можно опре-



Район и трасса измерений — от берегов Южной Каролины до пункта южнее Пуэрто-Рико; а — профиль уровня океана (по данным радиовысотомера космической лаборатории «Скайлэб»), б — кривая, соответствующая профилю дна океана



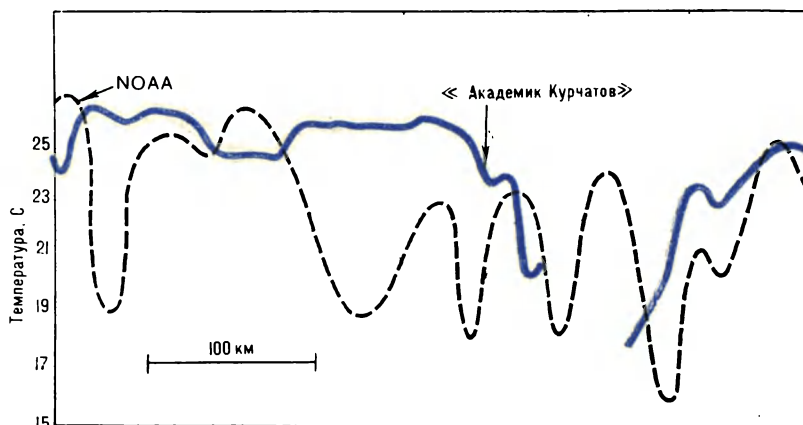
Внутренние волны у побережья Колумбии в Карибском море. Фотография получена с борта космической лаборатории «Скайлэб». Опубликовано в журнале «Sea Frontiers», 20, 6, 1974. Для большей наглядности приведена схема



делить важные параметры колебаний внутренних слоев океана. В некоторых случаях бывают и другие причины, обуславливающие возможность наблюдения внутренних волн из космоса. Так, например, в Карибское море у побережья Колумбии впадает река Магдалена, мутные воды которой распространяются вдоль берега, образуя четкую границу раздела с более чистыми водами Карибского моря. Внутренние волны особенно хорошо видны именно в полосе мутных вод, где обычно имеются группы чередующихся светлых и темных полос, почти перпендикулярных берегу. Наблюдаемое явление, по-видимому, можно объяснить тем, что на гребнях внутренних волн более прозрачные воды нижнего слоя поднимаются ближе к поверхности, создавая темные полосы. В ложбинах внутренних волн слой мутной воды толще и выглядит на фотографиях светлее.

Очень важны спутниковые методы измерений в инфракрасном, сверхвысокочастотном и видимом диапазонах для обнаружения районов загрязнения океана (например, нефтяных пленок). В разработке этих методов достигнут существенный прогресс, так что уже сейчас можно серьезно говорить об организации службы наблюдения за чистотой океана.

Перечисленными примерами далеко не исчерпывается роль искусственных спутников Земли в развитии океанологических исследований. Спутник может и не вести непосредственных измерений или наблюдений за океаном из космоса. Но с его помощью можно организовать регуляр-



ный сбор данных с автоматических измерительных станций, стоящих на якорю или дрейфующих в океане. Со спутников можно постоянно получать координаты радиобуев или айсбергов, свободно дрейфующих в струях океанических течений, и таким образом изучать циркуляцию вод в океане или предупреждать корабли об опасности столкновения.

В настоящее время имеется опыт двух экспериментов по установке радиобуев на айсберги в атлантиче-

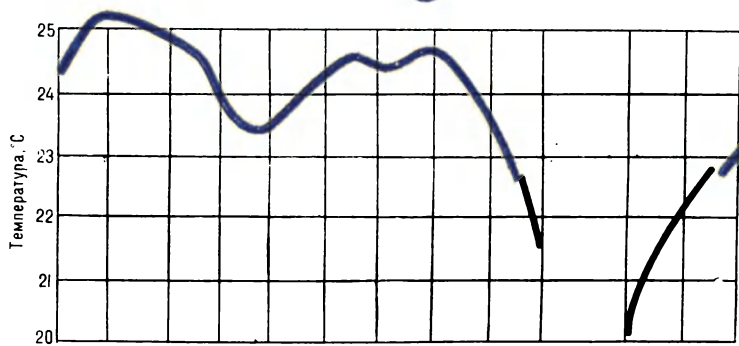
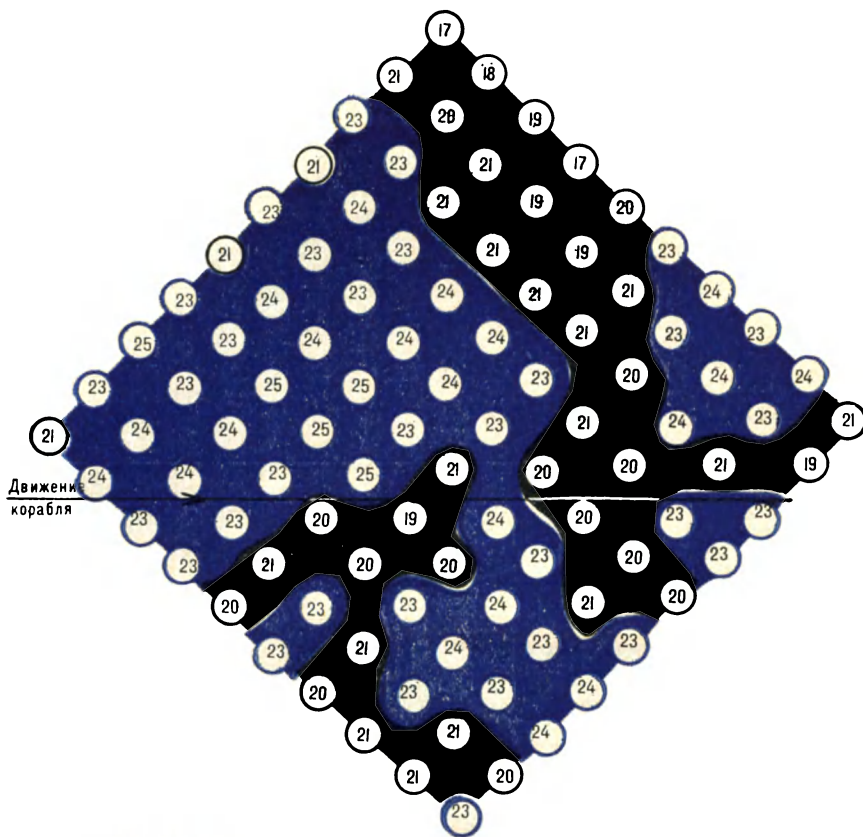
ских водах. В первом эксперименте (1972—1974 гг.) сигналы радиобуев принимались французским спутником EOLE, во втором (1975—1977 гг.) — американским «Nimbus-F». Определенные в этих экспериментах траектории дрейфующих айсбергов дали интересные сведения об особенностях циркуляции вод вблизи берегов Антарктиды. Так, например, было обнаружено отклонение на север Прибрежного Антарктического течения в секторе, ограниченном меридианами 80 и 100° з. д.

И, наконец, системы навигационных спутников позволяют очень точно (до десятков метров) определять местонахождение кораблей (в том числе и научных) в океане, что бывает необычайно важно при многих видах исследований.

Пока еще запускать спутники в космос не дешевле, чем посылать корабли с научными экспедициями в океан.

■ *Научно-исследовательское судно «Академик Курчатов» в Индийском океане во время совместных работ с американским спутником NOAA-4*

■ ■ *Синхронные измерения температуры океана в районе течения Гольфстрим, проведенные с судна и со спутника*



■ *Распределение температуры Атлантического океана в районе течения Гольфстрим, построенное по спутниковым данным с применением метода фильтрации. Хорошо видны теплые и холодные участки океана (цифры — температура, °С). В нижней части рисунка приведены результаты измерений температуры в тот же день с научно-исследовательского судна «Академик Курчатов». Данные, полученные в океане и из космоса, достаточно хорошо совпадают*

Это обстоятельство заставляет океанологов очень тщательно готовиться к усвоению и интерпретации той информации об океане, которая в недалеком будущем начнет регулярно поступать с космических орбит. Новые виды информации потребуют новых видов массовой обработки, а для достижения достоверного результата необходимо провести еще очень много дополнительных исследований.

Большие надежды в изучении океана возлагаются на международное сотрудничество. Надо сказать, что уже первые шаги такого сотрудничества принесли ощутимые плоды. Так, сотрудники института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР в 1973 и 1976 годах измеряли температуру воды на поверхности Атлантического и Индийского океанов. Одновременно инфракрасные измерения вели американские искусственные спутники Земли серии NOAA. Анализ спутниковой информации показал, что карты температуры океана, полученные со спутников, излишне детализированы. Детали искажают действительное распределение температуры океана. Обусловлено это влиянием шума аппаратуры и облаков, частично попадающих в поле зрения радиометра спутника NOAA.

Авторами данной статьи для интерпретации описанных выше измерений был применен метод оптимальной фильтрации. Этот метод использует сведения о статистической структуре поля температуры океана. Применяя его, удалось в значительной степени «подавить» шум аппаратуры и определить температуру участков водной поверхности, закрытых облаками.

Сейчас сделаны лишь первые шаги в изучении Мирового океана, но «Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» предусмотрено расширение средств и методов исследования ресурсов Земли из космоса. Можно надеяться, что в ближайшие годы с советских космических аппаратов будут регулярно осуществляться научные наблюдения за Мировым океаном.



Доктор физико-математических наук
В. Г. КУРТ

От «наземной» к «космической» астрономии

Астрономия — древнейшая наука. Еще античные астрономы наблюдали движения светил, появление новых звезд. И поныне результаты древнейших наблюдений китайских, японских и других астрономов, сохранившиеся в рукописях, имеют большую научную ценность. Достаточно вспомнить недавнюю историю изучения вспышек сверхновых и, в первую очередь, Сверхновой 1054 года, остаток которой известен ныне как Крабовидная туманность. Начиная с Галилея (1609 г.) все успехи астрономии связаны с наблюдениями, которые невозможны без телескопов. В этом смысле период с XVII по XX век (до 1950 г.) был в основном периодом количественного развития наблюдений. Конечно, надо выделить два революционных скачка: первый — во второй половине XIX века и второй — в начале нашего столетия. Речь идет о внедрении в астрономию фотографии и спектроскопии. Именно с этими двумя инструментальными методами связаны все выдающиеся открытия, продолжающиеся и в наше время (открытие квазаров, активности ядер галактик, космологические исследования). Однако подобные наблюдения ограничены двумя условиями: спектральный диапазон при наблюдениях с Земли — 4000 — 12 000 Å, а предельное разрешение из-за турбулентности в атмосфере — около 1", что в 10 раз превышает дифракционный предел больших телескопов.

Существенно расширился спектральный диапазон с появлением радиоастрономии. Перед астрономами распахнулся новый мир. Были открыты новые объекты, излучающие

Космические исследования открыли новую эпоху в науке о Вселенной. Астрономия на наших глазах из оптической превращается во всеволновую.

преимущественно в радиодиапазоне. Значительно пополнились наши знания об «оптических» объектах — Солнце, туманностях, галактиках. Сведения об отдаленных объектах (речь идет о квазарах и активных галактиках) во многом основываются на радиоданных. Благодаря радиоастрономическим наблюдениям, на которые не влияет турбулентность атмосферы, удалось достичь предельного в астрономии пространственного разрешения 0, 0004" на волне 1 см. Конечно, это потребовало баз, достигающих диаметра Земли, так как формула для вычисления дифракционного предела λ/L (λ — длина волны излучения; L — диаметр телескопа или расстояние между антеннами радиотелескопа) применима и в оптическом, и в радиодиапазонах. Не следует забывать, что инженерный «антураж» современной радио- (да, пожалуй, и оптической) астрономии — подлинное детище конца XX века. Это и гигантские 100-метровые полноповоротные антенны, и 6-метровый телескоп на азимутальной, а не параллактической установке, и ЭВМ, без которых невозможен современный радиотелескоп. Напомним читателю, что все инфракрасные детекторы — плод прогресса физики твердого тела, и для их работы требуются криогенные устройства, действующие

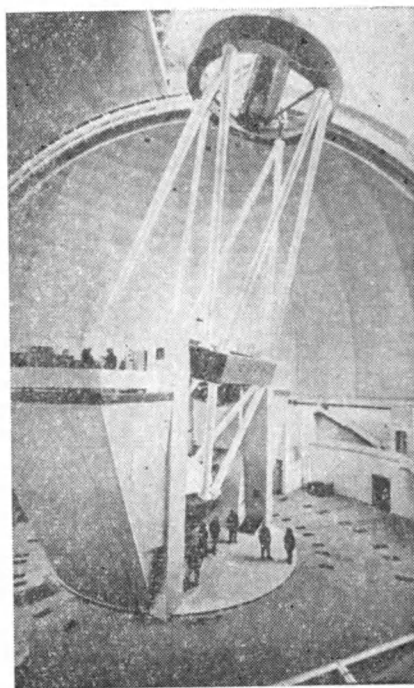
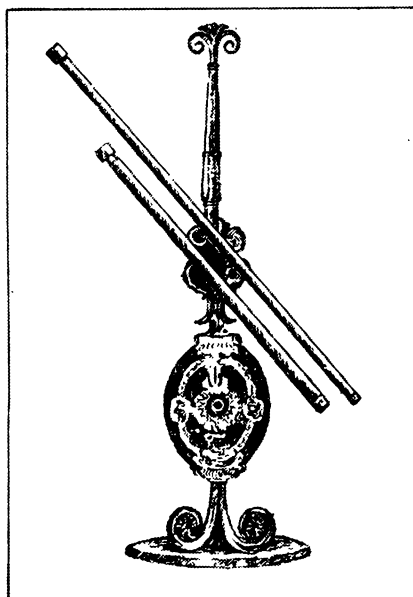
при температуре жидкого гелия — 4,2 К

Естественно, что астрономы бросали жадные взгляды на обе стороны видимого диапазона. В коротковолновую сторону простирался необозримый океан — ультрафиолетовый, рентгеновский, гамма-диапазоны. В длинноволновую — инфракрасный диапазон, смыкающийся с коротковолновой радиоастрономией. На этом участке помещалось 12 октав вместо 3-х — 4-х, доступных наземным телескопам. Но это все в прошлом. Астрономия уже не имеет никаких спектральных ограничений. Исследуется диапазон от гамма-лучей с энергией кванта 200 МэВ (и более) до длинноволновых километровых радиоволн. Этот успех последнего 20-летия связан с развитием ракетно-космической техники, позволившей вынести астрономические приборы за пределы земной атмосферы. Принципиально новые результаты, полученные в рентгеновской и гамма-областях, потребовали разработки аппаратуры, которая ближе к инструментам ядерно-физического эксперимента. Это — газонаполненные пропорциональные счетчики большой площади, сцинтилляционные детекторы и искровые камеры. Что же касается ультрафиолетового диапазона, то здесь аппаратура весьма близка к традиционной комбинации телескопа-рефлектора и дифракционного спектрометра. В качестве детекторов используются также хорошо известные астрономам фотоэлектронные умножители, правда, со специфическими фотокатодами, обладающими высокой эффективностью в ультрафиолетовой области и практически

нечувствительные к видимому свету. Трудно сказать, в какой области к 1977 году был достигнут максимальный успех. Автору кажется, что наибольшее число открытий связано с рентгеновским диапазоном.

Начиная с 1960 года, когда в США случайно был открыт первый дискретный источник рентгеновского излучения*, удалось обнаружить около 200 источников («Земля и Вселенная», № 2, 1974, с. 29—35.— Ред.). Рентгеновские источники кардинально отличаются от объектов, излучающих в оптическом и радиодиапазонах,— от звезд и туманностей. Со времени открытия рентгеновских источников в обиход астрофизики вошли необычайно высокие температуры (10^6 — 10^8 K), громадные плотности, свойственные нейтронным звездам и черным дырам (до 10^{14} г/см³), новые механизмы излучения. До открытия рентгеновских источников считалось, что рентгеновское излучение нормальных звезд, подобных Солнцу, не может быть обнаружено. Именно поэтому никаких попыток и не предпринималось.

Случайное открытие способствовало вторжению новых идей в астрофизику. Сегодня мы знаем, что существует несколько механизмов, способных обеспечить потоки рентгеновского излучения, превышающие в 10 000 раз полную светимость Солнца. Пожалуй, более всего популярен механизм падения вещества на звез-



■
Телескоп Галилея

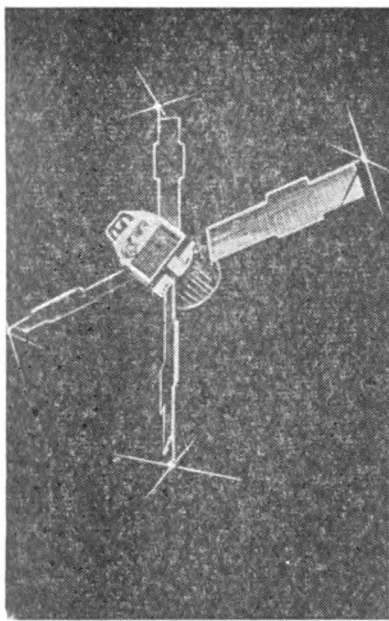
■
Крупнейший в мире 6-метровый телескоп (Фотохроника ТАСС)

ду в двойной системе, где одна из звезд — нормальная гигантская, а другая — сверхплотная нейтронная («Земля и Вселенная», № 5, 1975, с. 34—38.— Ред.). Имеются веские аргументы в пользу того, что источник Лебедь X-1 — черная дыра. В двойной системе вещество перетекает с внешних слоев нормального гиганта на сверхплотную маленькую (до 10 км в диаметре) звезду, ускоряясь до релятивистских скоростей. При падении вещества образуется плоский диск, рентгеновское излучение от которого и наблюдается.

Читателям, возможно, известны тонкие, но вполне наблюдаемые эффекты, которые проявляются как в оптическом, так и в рентгеновском диапазонах. Эти эффекты связаны с периодическими затмениями рентгеновского источника, с несферичностью видимого гиганта и неоднородностью температуры его поверхности. Есть и другой механизм, который отвечает за наблюдаемое рентгеновское излучение в одиночных звездах,— движение заряженных частиц в магнитосферах нейтронных звезд. Магнитные поля на поверхности нейтронных звезд достигают 10^{12} Гс, соответствующая этой величине плотность энергии магнитного поля — 50 г/см³! Наконец, рентгеновское излучение может генерироваться синхротронным механизмом и в туманностях — остатках вспышек сверхновых.

Обнаружено около 30 внегалактических источников рентгеновского излучения — скопления галактик, квазары, сейфертовские и взрывающиеся галактики. Можно предположить, что будущее рентгеновской астроно-

* Экспериментаторы надеялись обнаружить рентгеновскую флуоресценцию лунной поверхности, бомбардируемой космическими лучами.

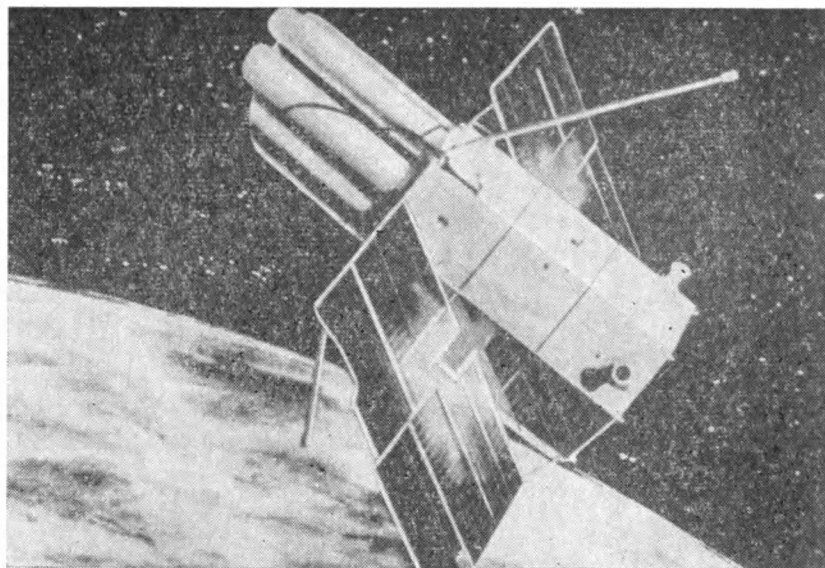


мии — во внегалактических исследованиях.

Успех рентгеновской астрономии на начальном этапе был связан с ракетными экспериментами длительностью около 5 минут каждый. Однако наиболее интересные результаты получены на специализированных спутниках, оснащенных системой астроориентации со сравнительно невысокой точностью наведения — от 1° до нескольких угловых минут. Первый американский спутник «Ухуру», ныне летающий спутник SAS-3, английский аппарат «Ариэль» и голландский ANS — сравнительно дешевые и большие спутники. Они создавались для решения конкретных задач рентгеновской астрономии, и именно благодаря им был достигнут значительный успех.

Последние два года внимание исследователей привлекали новые источники рентгеновского излучения, честь открытия которых принадлежит советским ученым во главе с А. С. Мелиоранским. Искусственный

■
Американский искусственный спутник Земли «Ухуру» («Raumfahrt für die Erde», Berlin, 1975)

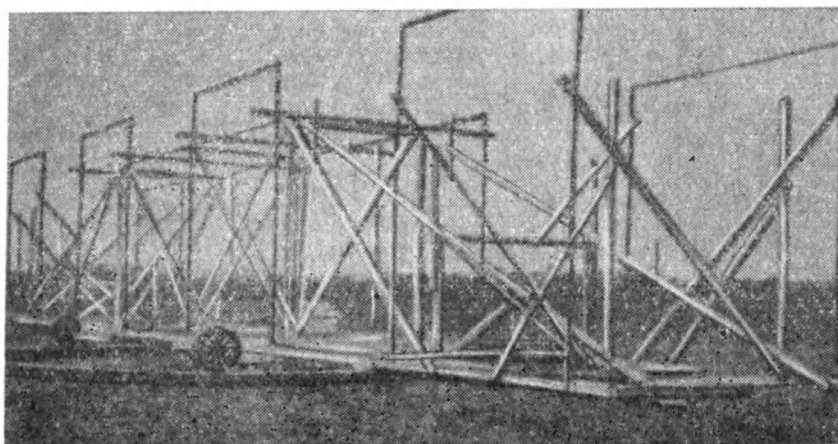


спутник Земли «Космос-428» обнаружил вспыхивающие источники, два из которых отождествлены с шаровыми скоплениями. Громадная мощность таких источников заставляет астрофизиков предполагать, что в центре шарового скопления может находиться гигантская черная дыра массой до 1000 масс Солнца. Недавно с орбитальной станции «Салют-4» подобные «гигантские» импульсы длительностью несколько секунд наблюдались в источнике Лебедь X-1 — главном претенденте на звание черной дыры с массой 5—10 масс Солнца. Со станции «Салют-4» впервые в Советском Союзе были изучены многие рентгеновские источники и получены новые интересные данные («Земля и Вселенная», № 1, 1976, с. 16—22, 23—28.— Ред.).

Ультрафиолетовая область спектра также оправдала возлагавшиеся на нее надежды. С помощью метрового телескопа «Коперник» американские ученые получили спектры сотен ярких и горячих звезд с очень высоким разрешением — $0,05 \text{ \AA}$. Для реализации такого разрешения потребовалась точность наведения телескопа на исследуемую звезду порядка $0,03''$. За четыре года работы спутника основные результаты получены

в области исследования межзвездной среды. Здесь детально изучалось межзвездное обилие атомов C, N, O, Mg, Al, Si, P, Cl, Ar, Mn и Fe. Для некоторых элементов изучалось и обилие ионов. Например, для азота наблюдались линии N I, N II, N III и N IV, что дает возможность судить об ионизационном состоянии межзвездной среды. Установлено также, что основные источники, ответственные за ионизацию межзвездного газа, — рентгеновское излучение и мягкий компонент космических лучей. В спектрах многих звезд были обнаружены полосы молекулярного водорода, включая молекулы H_2 и HD. В последнем случае один из атомов водорода заменен дейтерием. Исследовалось также содержание угарного газа (CO) и поглощение света звезд межзвездными пылинками. Результаты измерений, полученные с «Коперника», позволили астрономам детально исследовать отдельные облака межзвездного газа и пыли, сре-

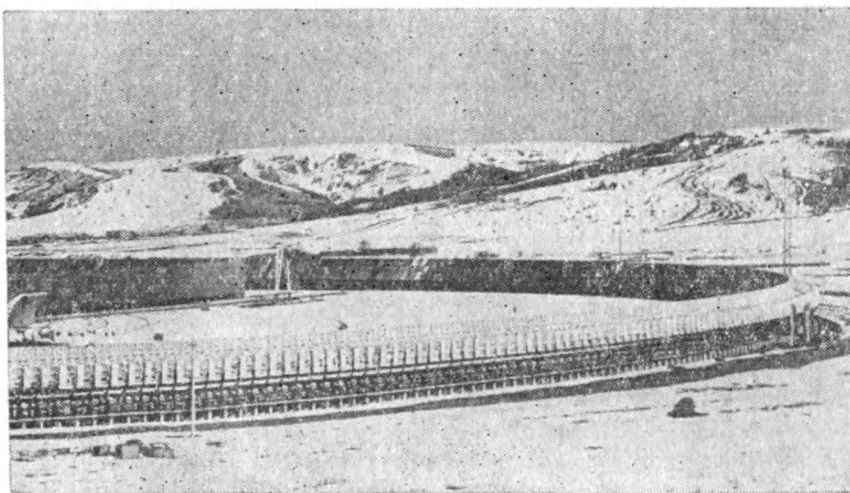
■
Американская орбитальная астрономическая обсерватория «Коперник» («Raumfahrt für die Erde», Berlin, 1975)



некоторых элементов оптики, очень велики.

Не меньшие трудности стоят и перед космической радиоастрономией. Потребность в создании космического радиотелескопа связана с необходимостью достижения еще большего пространственного разрешения, что возможно лишь при базах, на которые разносятся антенны, порядка астрономической единицы. Отсутствие земного притяжения в принципе позволяет создать на околоземной орбите антенны неограниченных размеров.

Мы умышленно не останавливаемся на проблемах исследования планет Солнечной системы с помощью пролетающих и сающихся аппаратов. Нужно было бы, конечно, упомянуть об успехах советских станций «Венера-9 и -10» («Земля и Вселенная», № 1, 1974, с. 33—37.—Ред.) и американских аппаратов «Викинг» («Земля и Вселенная», № 2, 1976, с. 30—40.—Ред.), прояснивших многие вопросы физики Венеры и Марса. Однако, по нашему мнению, прямые методы исследования Луны и планет выходят из «юрисдикции» астрономии. Астрономия, как и прежде, остается наблюдательной наукой, исследующей отдаленные космические тела по их излучению. Но сведения о планетах, полученные «неастрономическими» методами, тоже, конечно, попадают в общую копилку астрономии, потому что независимо от метода исследований астрономия остается единой наукой о Вселенной.



ду между облаками, молекулярные холодные и плотные облака.

Успехи гамма-астрономии пока еще скромные, что связано с малыми потоками квантов в этой области спектра («Земля и Вселенная», № 1, 1973, с. 2—6.—Ред.). На небе зарегистрированы надежно два источника, потоки которых превышают 10^{-6} фотонов/см²·с в области энергий больше 50 МэВ, что в тысячи раз меньше потока в рентгеновской области. Есть, однако, указания, что с европейского спутника COS-B обнаружено еще 5 источников гамма-излучения.

И наконец, инфракрасная область спектра. В настоящее время она ус-

пешно исследуется с аэростатов и самолетов. Но создание орбитального инфракрасного телескопа стало актуальной задачей, хотя трудности его разработки, включая криогенную технику для охлаждения детектора и

■
Антенна, с помощью которой К. Ян-ский в 1932 году обнаружил радиоизлучение нашей Галактики

■
Радиотелескоп Академии наук СССР РАТАН-600 (Фотохроника ТАСС)



«КАМНЕПАДЫ» НА ЛУНЕ

С тех пор как американские астрономы установили на Луне сеть сейсмометров, способных регистрировать слабые колебания ее грунта, Луна стала для нас постоянно действующим детектором столкновений с разного рода обломками, которые движутся в межпланетном пространстве. По мнению американских ученых, сейсмометры регистрируют падения тел массой от 50 г до 50 кг*, причем наиболее крупных — на площади в сотни квадратных километров. Следует заметить, что сигналы от таких падений не сходны с сигналами лунных «землетрясений», и потому нет опасности спутать их.

Частота сейсмических сигналов от падений тел на Луну позволяет оценить пространственную плотность этих тел в околоземном космическом пространстве.

Обработка 815 сигналов, поступавших с 1 января 1973 года по 15 июля 1975 года, показала, что удары тел о лунную поверхность неравномерны по времени, следовательно, и тела неравномерно распределены в пространстве. В ноябре и декабре 1974 года было зарегистрировано «сильное увеличение «метеорной активности». Особенно обильный поток камней обрушился на Луну в июне 1975 года. «Камнепад» длился около десяти суток. Масса примерно 20% камней оценивается американскими исследователями более чем по 5 кг. Каждые трое суток регистрировался удар такого камня на площади радиусом в 100 км.

* Массу падающих тел оценивают, делая некоторые предположения о скорости, с которой эти тела врезаются в лунную поверхность. При обработке данных лунных сейсмометров американские исследователи принимали, что эта скорость в среднем составляет 20 км/с. В действительности она значительно меньше, следовательно, приведенные оценки масс занижены. (Прим. ред.)

«Каменные ливни», обнаруженные лунными сейсмометрами, не похожи на земные метеорные потоки. Метеорные потоки на Земле повторяются из года в год, поскольку они вызваны встречами нашей планеты (в одних и тех же участках ее орбиты) с мелкими частицами замкнутых эллиптических роев. «Ливни» на Луне не повторяются ежегодно, поэтому можно предположить, что породившие их тела движутся в межпланетном пространстве в виде огромных облаков.

«Science», 192, 42—43, 1976.

ОПТИЧЕСКИЙ БАРСТЕР

Сейчас известно около 30 вспыхающих рентгеновских источников, или, как их называют, барстеров («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 44—45.—Ред.). Но лишь совсем недавно первый барстер был отождествлен с оптическим объектом.

Еще в 1971 году ирландские астрофизики П. Бирн и П. Вейман, наблюдавшие в Южной Африке область галактического центра, зафиксировали очень много слабых оптических вспышек. Проведенный статистический анализ показал, что подавляющее большинство вспышек — всего лишь следы пролетов слабых метеоров через поле зрения телескопа. Однако две серии вспышек остались в то время необъясненными. Одна состояла из трех вспышек, другая — из шести. Вспышки следовали одна за другой с интервалами в несколько секунд. Возможность инструментальных ошибок была признана маловероятной. Бирн и Вейман писали в своей статье, опубликованной в 1975 году (до открытия барстеров), что, возможно, обнаруженный ими оптический феномен как-то связан с процессами, которые происходят вблизи центра нашей Галактики. Позднее выяснилось, что в области неба, где Бирн и Вейман зарегистрировали оптические вспышки, находится барстер МХВ 1743—293. Если отождествле-

ние правильно, то при вспышке барстера излучается в оптическом диапазоне в 100 раз больше энергии, чем в рентгеновском.

«Monthly Notices of Royal Astronomical Society», 178, 2, 1977.

ДВОЙНАЯ СИСТЕМА АМ ГЕРКУЛЕСА

Недавно был отождествлен со звездой АМ Геркулеса слабый рентгеновский источник из каталога «Ухуру» 3U 1809 + 50. Необычность объекта сразу же привлекла внимание наблюдателей.

АМ Геркулеса — самая близкая к нам рентгеновская двойная, расположенная примерно в 50 пс от Солнца. Ее рентгеновская светимость всего 10^{32} эрг/с — в миллион раз меньше, чем ярчайшего объекта рентгеновского неба Скорпиона X-1. Один компонент системы — маломассивная звезда позднего спектрального класса с массой не больше солнечной, другой — нейтронная звезда или белый карлик. Оптическое излучение идет не от звезд, входящих в систему, а от горячих потоков газа, которые перетекают с нормальной звезды на компактный спутник. Возможно, что газ обгибает диск, формирующий вокруг компактной звезды, и уходит в межзвездное пространство. Таким образом, АМ Геркулеса способна потерять значительную долю своего вещества.

Изучая движение газовых струй в системе АМ Геркулеса, американский ученый В. Предгорский определил, что период обращения этой системы равен 0,129 суток — самый короткий среди известных рентгеновских двойных. С. Таппа (США) из поляризационных наблюдений оценил величину магнитного поля — около 10^8 Гс. Это немного, если в систему входит нейтронная звезда, но очень много, если — белый карлик. Исследования АМ Геркулеса продолжаются.

«Astrophysical Journal Letters», 212, 3, 1977.



Кандидат физико-математических наук
Н. П. ЕРПЫЛЕВ

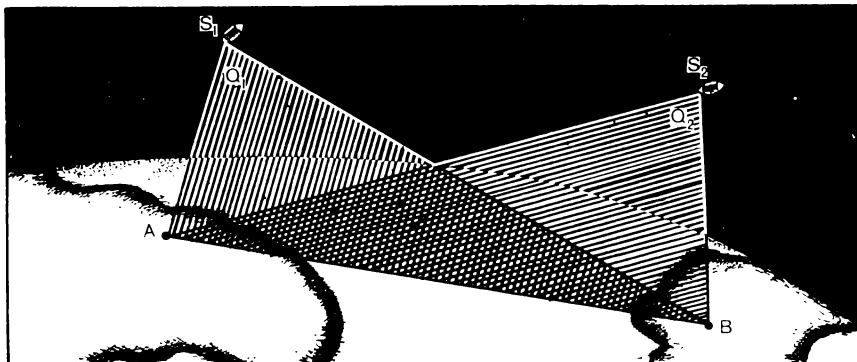
Лазерные дальномеры в спутниковой геодезии

Лазерные дальномерные наблюдения спутников уже в ближайшем будущем позволят довести точность определения расстояний на земной поверхности до нескольких сантиметров.

КОСМИЧЕСКАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ

Создание на земной поверхности сети опорных геодезических пунктов с надежно определенными координатами представляет собой одну из важнейших задач геодезии. Такие сети используются при уточнении фигуры и размеров Земли, в картографических работах, при решении многих прикладных проблем геодезии, геофизики, геодинамики.

В геодезической практике все способы определения взаимного положения опорных пунктов, как правило, основаны на измерении направлений прямых (земных хорд), соединяющих пункты, и расстояний между ними. Чтобы выполнить измерения методами классической геодезии, необходимо из каждого пункта видеть цели, установленные в нескольких других. Расстояние между пунктами, даже если соорудить в них высокие геодезические знаки (вышки), не может превосходить нескольких десятков километров (в горах — немного больше). Очевидно, что таким путем нельзя обеспечить геодезическую привязку удаленных островов к континентальной координатной системе, а тем более создать межконтинентальные сети опорных геодезических пунктов. Эта проблема решается



Геометрический метод спутниковой геодезии. Чтобы найти направление земной хорды AB , фотографируют на фоне звезд одновременно со станций A и B спутник S_1 , а затем спутник S_2 . Вычисленные пары направлений AS_1 , BS_1 и AS_2 , BS_2 определяют плоскости Q_1 и Q_2 , линия пересечения которых совпадает с направлением хорды AB

Орбитальный метод спутниковой геодезии. По наблюдениям спутника в точках S_1 , S_2 , S_3 со станций A и B , координаты которых известны, уточняют орбиту, а затем вычисляют положение спутника в моменты, когда он наблюдался со станции C . Координаты спутника в точках S_4 , S_5 , S_6 и полученные из наблюдений направления CS_4 , CS_5 , CS_6 позволяют вычислить координаты станции C

методами **космической триангуляции**.

Космическая триангуляция существенно расширила возможности геодезии («Земля и Вселенная», № 3, 1968, с. 14—22.—Ред.). Отпала необходимость в визуальной связи между концами хорды при определении ее направления. Для этого достаточно из обоих пунктов одновременно сфотографировать на фоне звезд тот или иной яркий объект, поднятый высоко над земной поверхностью. Им может быть аэростат (баллон), оснащенный мощной импульсной лампой, или искусственный спутник Земли. В баллонной геодезии длина хорды увеличилась до 200 км, в спутниковой — до нескольких тысяч километров.

Каждая пара фотографий спутника (спутникограмма), полученных одновременно с обоих концов хорды, позволяет определить пространственную ориентацию плоскости, которая проходит через три точки — наблюдательные станции и спутник в момент его фотографирования. Пересечение двух таких плоскостей соответствует искомому направлению хорды (на практике используются 30—40 пар спутникограмм). Этот метод спутниковой геодезии назван **геометрическим**.

В отличие от геометрического, **орбитальный метод** спутниковой геодезии вообще не требует одновременных наблюдений. Его можно использовать для геодезической связи пунктов, удаленных друг от друга на любое расстояние.

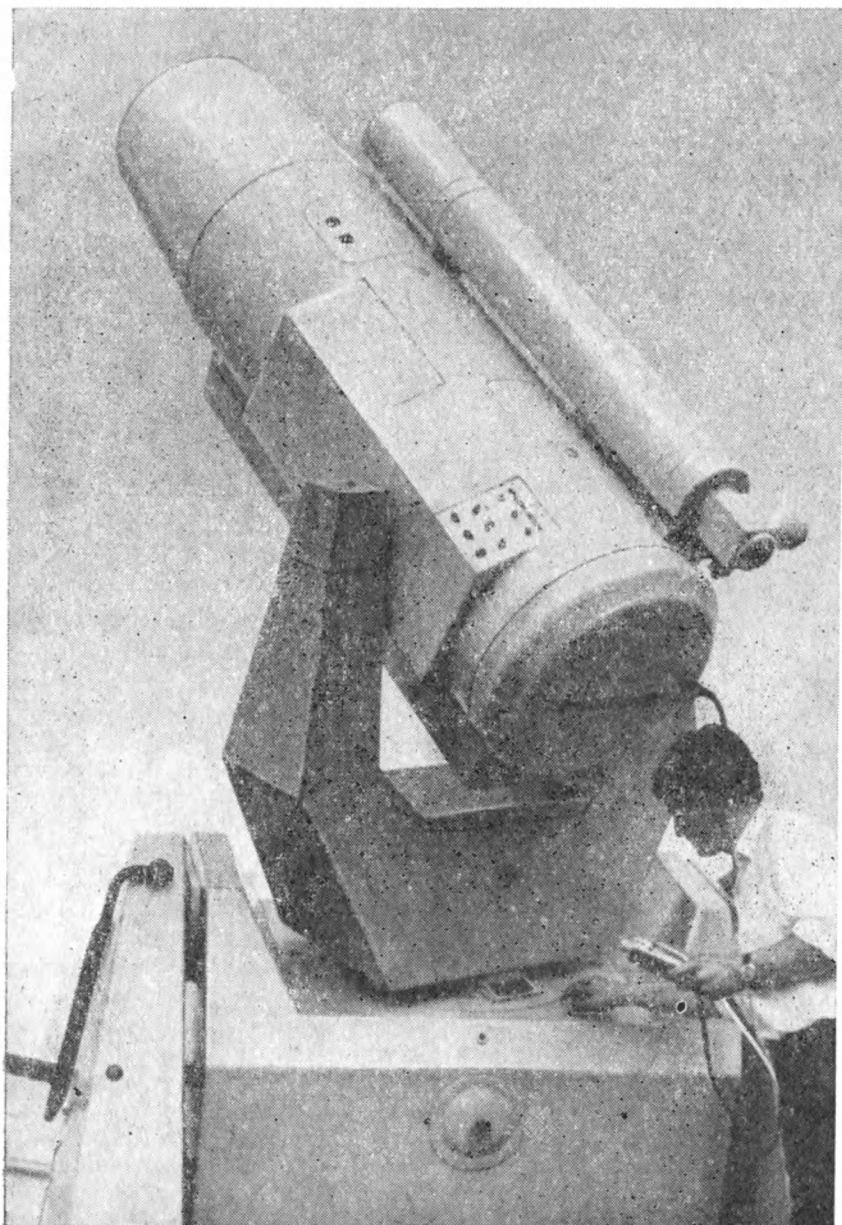
Первые работы по спутниковой геодезии были осуществлены в 1961 году по инициативе Астрономиче-



ского совета АН СССР и Главной астрономической обсерватории АН СССР на четырех советских обсерваториях («Земля и Вселенная», № 1, 1965, с. 11—16.—Ред.). С тех пор методы спутниковой геодезии получили признание в геодезической практике.

■ *Советская фотокамера АФУ-75, на которой ведутся фотографические наблюдения искусственных спутников Земли*

Исследования ведутся на обширной сети станций оптических наблюдений искусственных спутников Земли, созданной в порядке сотрудничества Астрономического совета АН СССР с рядом зарубежных научных учреждений. В наблюдениях участвуют станции, расположенные в Советском Союзе, ГДР, Польше, Чехословакии, Венгрии, Румынии, Болгарии, КНДР, на Кубе, в Египте, Судане, Сомали, Республике Чад, Мали, Экваториаль-



ной Гвинее, Французской Гвиане, Эквадоре, Индии, на острове Амстердам в Индийском океане, на архипелаге Шпицберген (до 1975 года действовала станция на островах Кергелен в Индийском океане). Все станции ведут наблюдения по единым программам и оснащены однотипными инструментами — автоматизированными спутниковыми фотокамерами на четырехосных монтировках, изготовленными в СССР (АФУ-75) и ГДР (СБГ).

Итак, на основе фотографических наблюдений спутников можно определить направления хорд, соединяющих станции наблюдений. Однако это не решило проблему создания сети опорных геодезических пунктов методом, не зависимым от классической геодезии. Измеренные направления позволяют выяснить конфигурацию сети станций и ничего не говорят о расстояниях между ними. Определить масштаб сети можно, включив в нее по крайней мере два пункта с координатами, известными из наземных геодезических измерений. Но этой же цели можно добиться и другим путем, научившись измерять расстояния до спутника.

КАК ИЗМЕРИТЬ РАССТОЯНИЕ ДО СПУТНИКА?

Современная техника знает весьма совершенные методы определения расстояний, но далеко не все они

■ Фотокамера СБГ, изготовленная народным предприятием «Карл Цейс Пена» ГДР. Этой камерой оснащены многие станции оптических наблюдений спутников

пригодны для решения геодезических задач. Не нашла применения в космической геодезии и радиолокация. Чтобы получить отраженный радиосигнал от небольшого по размерам спутника, который удален на многие тысячи километров, нужны весьма мощные стационарные радиолокаторы. Оборудовать ими многочисленные пункты геодезической сети невозможно. Однако оказались приемлемыми другие радиотехнические методы.

Один из них основан на непрерывной регистрации доплеровского сдвига частоты радиосигнала вследствие относительного движения радиопередатчика, установленного на спутнике, и приемника на станции наблюдений. Повторяя такие измерения при многих прохождениях спутника, можно с точностью до нескольких метров определить положение наблюдателя. В другом радиотехническом способе измерения расстояний до спутника используется модулированный радиосигнал. Сигнал направляется на спутник, включает на нем аппаратуру, излучающую ответный радиосигнал. Разность фаз излученного и принятого со спутника ответного сигнала дает возможность вычислить время, затраченное радиосигналом на двойной путь от наблюдателя до спутника, а затем по известной скорости распространения радиосигнала найти расстояние до спутника. Этим методом расстояние измеряется с точностью до 10 м.

Но самые надежные измерения расстояний до спутника обеспечивают лазерные дальномерные методы наблюдений. Уже сейчас точность таких измерений достигает 10—20 см.

Впервые лазерная локация искусственных спутников Земли была осуществлена в середине 60-х годов в США, Франции, Японии и некоторых других странах. В начале 70-х годов научные учреждения ряда социалистических стран, участвующих в совместных исследованиях космического пространства, приступили к созданию лазерного спутникового дальномера. Координация работ была возложена на Астрономический институт Чехословацкой академии наук и Чешский технический университет в Праге.

Весной 1972 года на Ондржейовской астрономической обсерватории (недалеко от Праги) состоялись испытания первого лазерного спутникового дальномера. Испытания увенчались успехом, и была начата сборка нескольких дальномеров, приспособленных к работе в экспедиционных условиях. Второй дальномер после испытаний в Риге был установлен в 1974 году на одной из узловых станций международной сети — в Хелуане (Египет). В последующие годы дальномерами, получившими название «Интеркосмос», были оборудованы станции в Патакамайя (Боливия), Боровце (Польша), Кавалуре (Индия), лазерные дальномеры были установлены также в Симеизе, Звенигороде (СССР) и Потсдаме (ГДР).

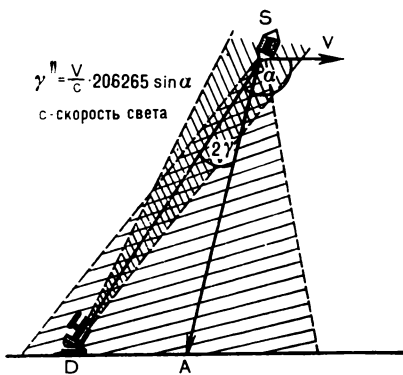
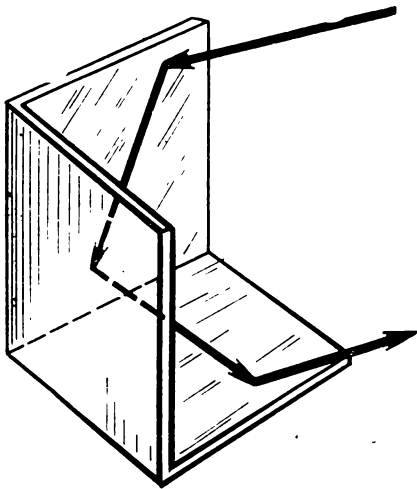
ЛАЗЕРНЫЙ СПУТНИКОВЫЙ ДАЛЬНОМЕР

Идея лазерного дальномера чрезвычайно проста: расстояние определяется по измеренному интервалу времени, в течение которого свето-

вой импульс, посланный дальномером, достигает спутника и, отразившись, возвращается на станцию наблюдений. Скорость света хорошо известна, поэтому вычислить расстояние до спутника не представляет труда. Собственно говоря, на этом принципе основана работа и обычных светодальномеров. Но при измерении расстояний до спутников, когда световой импульс должен пройти тысячи километров, потери энергии крайне велики. К дальномеру возвращается ничтожная доля первоначальной энергии импульса, и ее трудно, а иногда и просто невозможно зарегистрировать. Трудность удалось преодолеть с помощью лазерных генераторов, способных излучать мощные узконаправленные импульсы света.

Применяемые в спутниковых дальномерам лазеры излучают энергию 1—5 Дж за чрезвычайно короткие интервалы времени, не превышающие, как правило, нескольких десятков наносекунд ($1 \text{нс} = 10^{-9} \text{с}$). В это время развивается мощность 100 МВт и более. Расходимость лазерного луча составляет обычно 2—5 мрад ($1 \text{ мрад} \approx 3,4'$). Луч можно сделать еще уже, но тогда возникают сложности с наведением лазерного луча на быстро летящий спутник.

Чтобы световой импульс отразился в направлении станции наблюдений, на спутниках устанавливают уголкового отражатели. Уголкового отражатель — это система трех взаимно перпендикулярных отражающих поверхностей (обычно три грани призмы полного внутреннего отражения). Упавший на него луч света претерпевает три отражения и выходит в



$$\gamma \approx \frac{V}{c} \cdot 206265 \sin \alpha$$

с — скорость света

направлении, противоположном падающему лучу. На геодезических спутниках, предназначенных для лазерных дальномерных наблюдений, монтируют панели с уголковыми отражателями, а иногда ими покрывают всю поверхность спутника.

Ход лучей в уголковои отражателе, составленном из трех взаимно перпендикулярных зеркал

Аберрация светового импульса лазерного спутникового дальномера. Лазерный луч DS, отражаясь от спутника S, который движется со скоростью V, отклоняется на угол 2γ и возвращается в точку A. Она смещена от дальномера в сторону движения спутника. Благодаря расхождению отраженного лазерного луча дальномер оказывается внутри «лазерного зайчика»

Из-за аберрации света нельзя добиваться слишком узких отраженных лучей. Согласно теории относительности, один и тот же луч света в двух системах отсчета, движущихся относительно друг друга, имеет неодинаковые направления. Угол между обоими направлениями тем больше, чем выше скорость относительного движения систем отсчета.

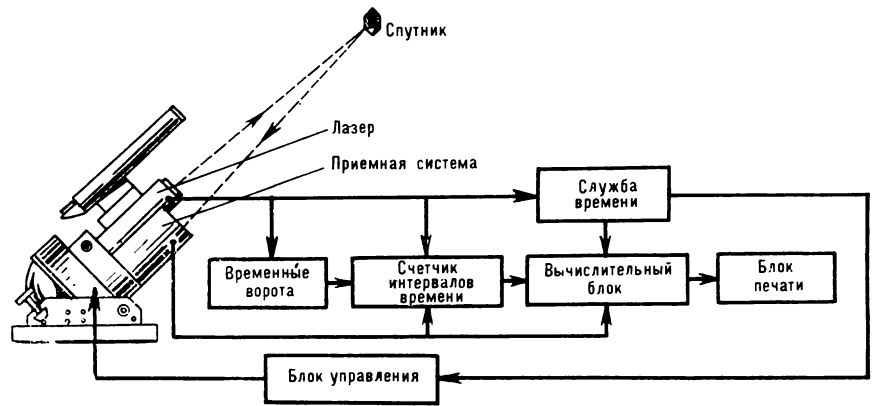
Уголковои отражатель на спутнике (система, движущаяся относительно источника света) воспринимает лазерный луч отклоненным на некоторый угол γ по сравнению с его направлением в дальномере (координатная система, связанная с источником света). Отражается луч в направлении, противоположном тому, который воспринимается уголковои отражателем. Но в координатной системе дальномера, которую теперь следует рассматривать как движущуюся относительно источника света — спутника, луч оказывается отклоненным еще раз на такой же угол γ . Общее отклонение луча составит двойной угол аберрации 2γ , который для низких, быстро летящих искусственных спутников Земли может превышать $10''$. А это значит, что если бы луч лазера был строго параллельным, он вернулся бы не к дальномеру, а к точке, сдвинутой от него вперед по движению спутника на десятки метров (для спутников, летящих на высоте 5000 км, отклонение может достигать 200—400 м). Однако от уголковои отражателей свет не отражается параллельным пучком, а расхождение отраженного луча даже на 1 мрад создает на земной поверхности «зайчик», который наверняка захватит и дальномер

(луч с углом расхождения 1 мрад на расстоянии 1000 км высвечивает круг диаметром 1 км).

Отраженный от спутника сигнал принимается телескопом-рефлектором с зеркалом диаметром от нескольких дециметров до метра.

Как уже отмечалось, в приемную систему дальномера возвращается очень слабый сигнал. Чтобы выделить его на общем фоне излучения неба, применяют узкополосные интерференционные фильтры. Они пропускают излучение лишь той частоты, которую имеет лазерный импульс, и отсеивают практически все остальное излучение. Всплески фонового излучения на частоте, пропускаемой фильтром, перекрываются «временными воротами». Это устройство открывает сигналу путь к регистрирующей аппаратуре только в тот короткий интервал времени, когда в соответствии с расчетами должен вернуться отраженный от спутника сигнал. Такой двойной (по частоте и по времени) отсев мешающего излучения позволяет увеличить чувствительность регистрирующей системы дальномера.

Наведение дальномера на спутник обеспечивается монтировками, которые можно разделить на два основных типа. Четырехосная монтировка позволяет автоматически вести «точку прицеливания» дальномера вдоль малого круга небесной сферы, наилучшим образом аппроксимирующего видимый путь спутника. Точное наведение на спутник выполняет наблюдатель, который непрерывно следит за его движением в телескоп-гид. Три оси монтировки служат для установки четвертой оси таким обра-

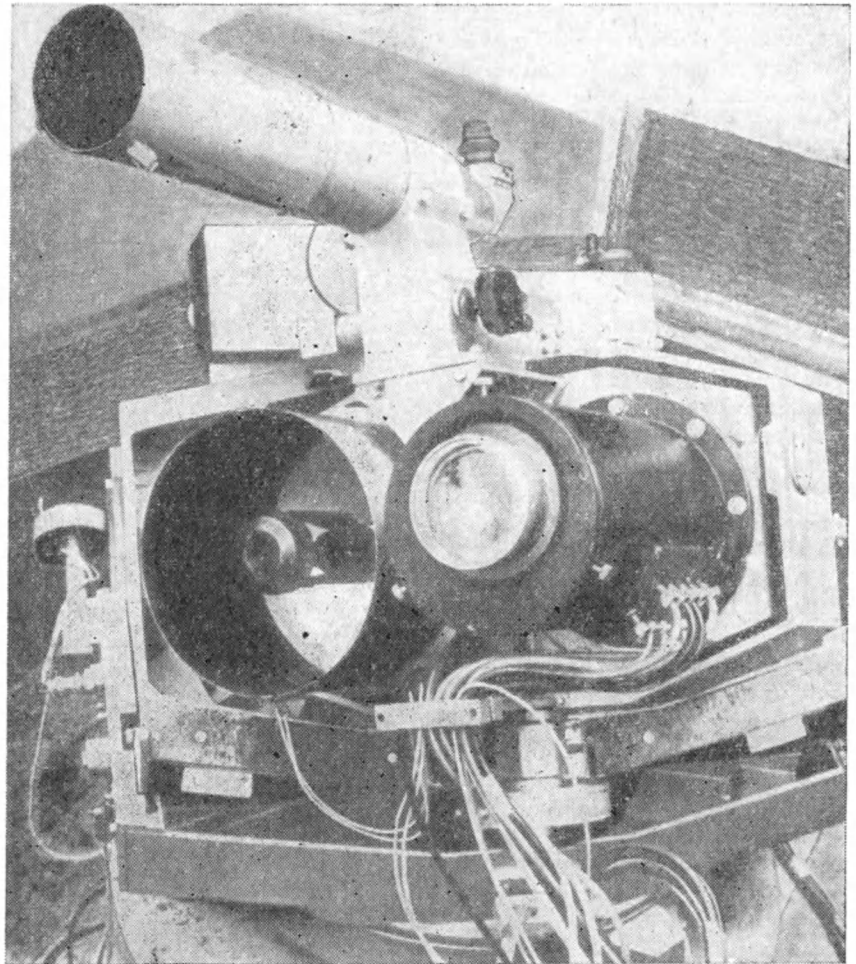


зом, чтобы слежение за спутником можно было осуществлять поворотом дальномера только вокруг нее.

В другом типе монтаровок применяются две оси (горизонтальная и вертикальная). ЭВМ вычисляет по элементам орбиты спутника, введенным заблаговременно в ее память, углы поворота вокруг осей и обеспечивает наведение дальномера на спутник без визуального контроля со стороны наблюдателя. Такая монтаровка может применяться для наблюдений днем и в периоды, когда спутник находится в тени Земли и не виден.

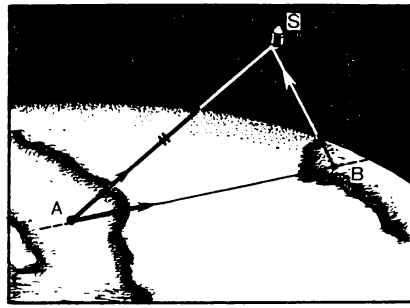
Цель дальномерных наблюдений — измерение расстояний до спутника с точностью до десятков сантиметров, а для этого требуется регистрировать интервалы времени между моментами выхода и возвращения светового импульса с точностью до 5 наносекунд и выше. Разрешающая способность современных счетчиков интервалов времени еще более высока и достигает фантастической величины — сотен пикосекунд ($1 \text{ пс} = 10^{-12} \text{ с}$). Чтобы представить себе точность счетчиков интервалов времени, отметим, что 100 пикосекунд примерно во столько же раз меньше секунды, во сколько сама секунда меньше 300 лет!

Счетчик интервалов времени включается в момент выхода светового импульса из лазера, и сразу же подается сигнал на «временные ворота». Непосредственно перед расчетным моментом возвращения импульса «временные ворота» отпирают приемную систему дальномера, которая в момент прихода отраженного импульса останавливает счетчик. Вы-



■ Блок-схема лазерного спутникового дальномера

■ Лазерный спутниковый дальномер «Интеркосмос»



численный интервал, а также момент времени, зарегистрированный кварцевыми часами с точностью до 0,1 миллисекунды ($1 \text{ мс} = 10^{-3} \text{ с}$), поступают в вычислительный блок, а затем — в печатающее устройство.

Однако на точность определения расстояния оказывает существенное влияние длительность излучения импульса. Если измеряются предельно большие расстояния, то практически вся энергия светового импульса рассеивается в пространстве — в приемную систему дальномера поступают лишь единичные фотоны. Установить, когда был испущен вернувшийся фотон — в начале импульса или в конце его, не представляется возможным. Поэтому измеренное расстояние содержит тем большую неопределенность, чем продолжительнее был импульс излучения. Длительность импульса в современных лазерных спутниковых дальномерах не превышает 10—20 наносекунд и в дальнейшем будет еще короче.

Мы уже упоминали, что несколько лазерных спутниковых дальномеров «Интеркосмос» установлено на станциях, которые участвуют в международных работах по программам спутниковой геодезии. Это дальномеры на четырехосной монтировке с 32-сантиметровым кассегреневским рефлектором и 10-сантиметровым гидом (поле зрения $1-2^\circ$). Энергия в импульсе — 1 Дж, длительность импульса — 15 наносекунд, частота — один импульс в секунду. Расхождение луча лазера — 3 мрад, но может быть с помощью передающей оптики сужено до 0,5 мрад. Разрешающая способность счетчика интервалов времени — 5 наносекунд. В бли-

жайшем будущем предполагается точность наведения дальномера довести до 1 мрад, длительность импульса — до двух наносекунд, частоту — до трех импульсов в секунду, разрешение временных интервалов — до 300 пикосекунд.

«БОЛЬШАЯ ХОРДА»

Точность измерения расстояний, которую обеспечивают дальномеры «Интеркосмос», позволила по-новому подойти к проблеме создания глобальной сети геодезических опорных пунктов. В 1969 году профессор И. Д. Жонголович предложил проект **геодезического векторного хода**. С помощью фотографических и лазерных дальномерных наблюдений спутников на земной поверхности строится цепь геодезических векторов. Их концами служат станции наблюдений, расположенные на расстоянии 2—3 тыс. км друг от друга. Каждый из векторов устанавливает геодезическую связь между двумя станциями. Значит, если известны (или заданы) координаты одной из них, то координаты второй могут быть вычислены. Следующий вектор, примыкающий ко второй станции, дает возможность определить координаты третьей станции и т. д. В ко-

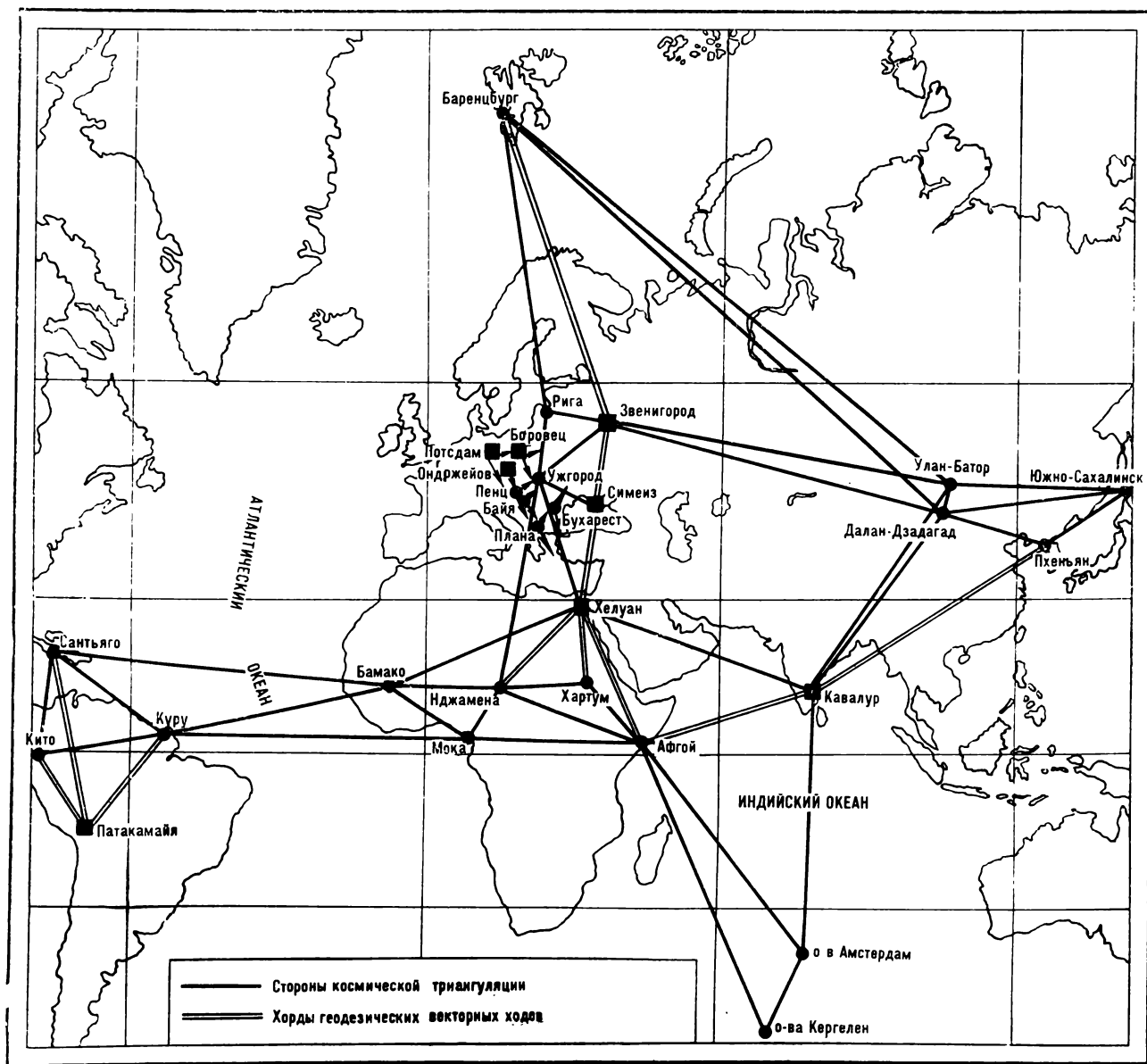
■ *Определение направления и длины геодезического вектора. Выполняют одновременные фотографические наблюдения спутника со станций A и B и лазерные дальномерные наблюдения со станции A, вычисляют направление вектора AB и углы A и B. Решая треугольник ABC, находят длину вектора AB*

нечном счете, проделав небольшое число шагов, можно осуществить геодезическую связь пунктов, находящихся по разные стороны земного шара, и измерить земные хорды, длины которых сравнимы с диаметром Земли.

Геодезический векторный ход прокладывается в два этапа. На первом этапе по синхронным фотографическим наблюдениям определяются направления геодезических векторов. При этом минимальное число наблюдаемых положений спутника на каждом векторе — два. Однако, чтобы повысить надежность результатов, устранить влияние случайных ошибок, для вычислений используют несколько десятков наблюдений. На втором этапе работы измеряется длина векторов. Синхронные фотографические наблюдения ведутся на двух станциях, ограничивающих вектор, а лазерные дальномерные — по крайней мере на одной.

Сейчас специалисты ряда стран, принимающих участие в международном сотрудничестве «Интеркосмос», прокладывают два геодезических векторных хода: Арктика — Антарктика и Восток — Запад. Вся программа, названная «Большая хорда», предусматривает вычисление двух земных хорд. Одна из них простирается от архипелага Шпицберген до островов Индийского океана, вторая — соединяет Дальний Восток и Латинскую Америку. Координирует работы Астрономический совет АН СССР.

Синхронные фотографические наблюдения уже обеспечили исследователей материалом, достаточным для определения направлений боль-



шинства векторов. Начаты синхронные фотографические и лазерные дальномерные наблюдения геодезических спутников, результаты которых дадут возможность полностью решить задачу.

Лазерные дальномерные наблюдения, во многих отношениях более точные, чем позиционные фотографические наблюдения, позволяют по-новому подойти к решению задач

геодинамики и небесной механики. Систематически определяя с высокой точностью координаты пунктов на земной поверхности, можно изучать тектонические движения, земные приливы и локальные деформации земной коры; исследовать движения земных континентов и вращение Земли, уточнить параметры гравитационного поля Земли и вариации этого поля, вызванные, например, приливами. Можно смело утверждать, что введение в практику лазерных спутниковых дальнометров ознаменовало начало нового периода во всех исследованиях, связанных с наблюдениями искусственных спутников Земли.

Сеть космической триангуляции, создаваемая на основе международного сотрудничества Астрономического совета АН СССР с научными учреждениями зарубежных стран. Все станции сети оборудованы спутниковыми фотокамерами. На станциях, отмеченных квадратиками, установлены лазерные спутниковые дальнометры

часть тектонические движения, земные приливы и локальные деформации земной коры; исследовать движения земных континентов и вращение Земли, уточнить параметры гравитационного поля Земли и вариации этого поля, вызванные, например, приливами. Можно смело утверждать, что введение в практику лазерных спутниковых дальнометров ознаменовало начало нового периода во всех исследованиях, связанных с наблюдениями искусственных спутников Земли.



52-й РЕЙС «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

В конце января 1977 года завершился 52-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер». В работе на борту судна кроме американских участвовали ученые из ФРГ, Франции, ЮАР, Японии, Великобритании и Советского Союза. Цель экспедиции — изучение геологического строения дна океана в одном из интереснейших его районов (Бермудском поднятии в Атлантике).

Было выполнено повторное бурение скважины, заложенной в предыдущем рейсе в южной части этого района, где глубина океана достигает 6000 м. Здесь обнаружена одна из наиболее крупных магнитных аномалий, известных в Мировом океане. Земная кора, образующая морское дно в этой области, как полагают, сформировалась около 80 млн. лет назад. Пробуренная скважина — глубочайшая из всех, пройденных в ложе северо-западной части Атлантики (708,5 м).

Колонки грунта, поднятые на борт судна, содержат образцы отложившихся в различное время базальтовых лавовых потоков, которые слагают верхнюю часть океанической коры. Эти потоки создали слой подушечной лавы, изобилующей выпуклостями. Обычно такой слой возникает при остывании медленно излившейся лавы под водой. Местами подушечные лавы перемежаются осадочными породами и измельченными подушечными брекчиями, которые, очевидно, образовались в ходе новых извержений. Впервые показано, что около 25% лавовых потоков составляют массивные базальты, сформировавшиеся при «запруживании» значительной массы быстро изливающейся свежей лавы.

Как подушечные, так и массивные породы отличаются необычной для их возраста (100 млн. лет) свежестью и обилием в них непереработанного стекла. Предварительный химический и петрологический анализ указывает на сходство этих пород с базальтами, извергающимися

в настоящее время вдоль Срединно-Атлантического хребта.

Базальты, поднятые из скважины, имеют стабильное отрицательное магнитное наклонение. Никаких свидетельств обращения направленности магнитного поля в них не найдено, что говорит об отрицательной полярности в период отложения этих базальтов. Магнитная интенсивность подушечных и массивных лав различна. Полагают, что подушечные лавы создают 90% всей магнитной интенсивности в исследуемых слоях.

Изучение образцов из второй скважины, пробуренной в том же геологическом районе на глубину 570,5 м, показывает, что верхнюю часть осадочных пород слагают однородные мелкозернистые глины (средняя скорость их отложения около 3,5 м за 1 млн. лет). В нижней части осадочных пород заметна цикличность отложения, в ходе которой донные воды изменяли свои свойства от подвижных, насыщенных кислородом до богатых органикой и пиритами. Бугорчатая поверхность пород, препятствующая активной циркуляции придонных вод, образовалась при охлаждении излившейся из расщелин в дне лавы.

В глубинной части изверженных пород найдена шпинель. Это свидетельствует о высоком давлении в период ее формирования, что возможно лишь в глубинных областях земной коры и мантии. Интересны и магнитные характеристики поднятых образцов. В верхней части дна океана — в подушечных и массивных лавах — магнитное склонение положительное, а в нижней — отрицательное. Подушечные брекчии, как и следовало ожидать, везде имеют и положительное и отрицательное склонение. Последнее может означать, что место бурения пришлось на границу между двумя магнитными аномалиями, существовавшими в то время, когда магнитное поле Земли претерпевало обращение.

С вспомогательного судна в океа-

не производились небольшие подводные взрывы и выполнялись сейсмические эксперименты. Время распространения и характер акустической волны, проходящей сквозь породы земной коры, определяли геофоном, который помещался внутри бурильной скважины. Анализ данных, впервые полученных «изнутри» коры, слагающей океаническое ложе, еще не завершено, но он даст новые сведения об ее строении.

«Deep Sea Drilling Project» (Scripps Institution of Oceanography), 255, 1977.

БОЛЬШОЙ АНТАРКТИЧЕСКИЙ МЕТЕОРИТ

Один из самых крупных метеоритов недавно обнаружила в Антарктиде американско-японская полевая экспедиция. Полная масса метеорита 407 кг, но он был найден в виде 33 блестящих коричневых осколков рассыпанных на поверхности площадью 0,8 га. Масса наибольшего фрагмента метеорита 113 кг. Место падения находится на Земле Виктории, в 190 км к северо-западу от Мак-Мердо — главной научной базы США в Антарктиде.

Поблизости от этого места было собрано еще 10 метеоритов, полная масса которых 53 кг. Один из метеоритов — железный, массой 1,4 кг.

«Sky and Telescope», 53, 4, 1977.



Инфракрасная астрономия и галактическая пыль

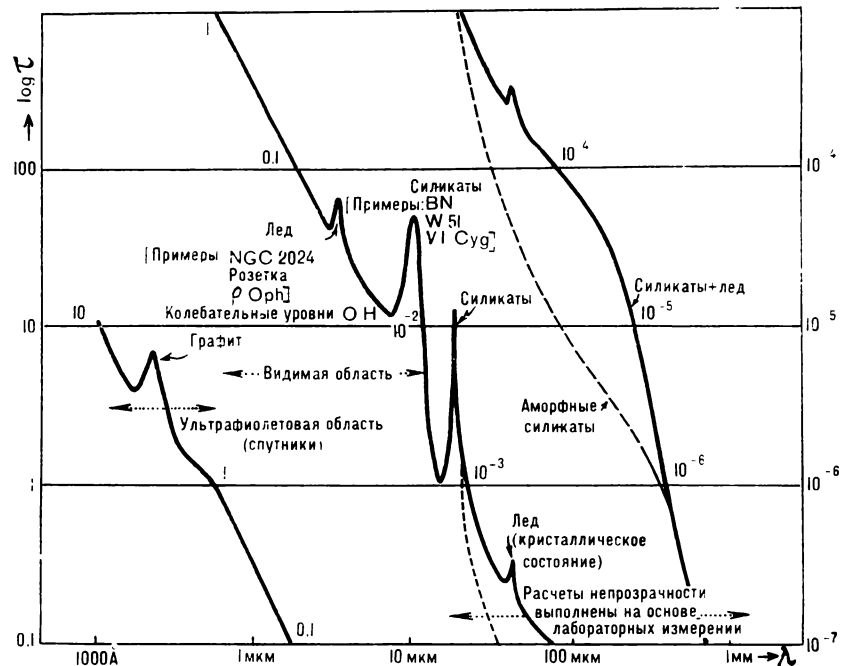
ПРИРОДА И НЕПРОЗРАЧНОСТЬ ПЫЛЕВЫХ ОБЛАКОВ

Для дальнейшей диагностики надо знать непрозрачность пылевого облака. Если эти облака прозрачны или почти прозрачны для фотонов непрерывного спектра, они могут, напротив, быть непрозрачными в отдельных линиях поглощения или эмиссионных линиях.

Спектроскопия с хорошим разрешением доставляет нам новые существенные данные. Не вдаваясь в спектральные особенности ионизованного газа, уже наблюдавшиеся, и те, которые, по-видимому, скоро будут обнаружены, ограничимся характеристиками пылинок. На основе ракетных наблюдений уже давно известна «подпись» графита на волне 2000 Å. Не меньшее значение имело открытие в инфракрасном диапазоне полос, принадлежащих льду (длина волны 3,7 мкм) и силикатам (9,8 и 18 мкм). Пылевые облака имеют в спектре и молекулярные полосы СО на волне 2,36 мкм, а возможно, и С₂Н на волне 3,2 мкм.

Силикатные полосы представляют особый интерес, поскольку их легко сравнить с лабораторными спектрами или с расчетами. Полоса на волне 9,8 мкм вызвала много толкований. Были предложены даже удлиненные пылинки полимеризованного полиоксиметилена, получаемого из формальдегида НСНО. Преимущество удлиненных пылинок в том, что их ориентацией вдоль магнитных силовых линий удавалось объяснить наблюдаемую иногда линейную поляризацию излучения.

Окончание. Начало см. № 4, 1977 г.



Силикатная гипотеза кажется сейчас общепринятой. Какие же типы силикатов, она подразумевает? Ведь на Земле и на Луне их очень много! Рассмотрим внимательнее полосу силикатов на волне 9,8 мкм. Она часто проявляется в поглощении и гораздо реже при излучении. Обычно полоса достаточно сильная, и это позволяет исключить ее межзвездное происхождение. По-видимому, она возникает вблизи источника и связана каким-то образом с его структурой, подобно тому как линии поглощения в спектре Солнца связаны со стратификацией в солнечной атмосфере. Если источник излучает прозрачный континуум, то сильная непрозрачность на волне 9,8 мкм,

без сомнения, мешает наблюдению его центральных областей. Установлено, что основные силикаты (например, оливин), независимо от других спектральных особенностей, лучше подходят для полосы 9,8 мкм, чем кислые силикаты (например, кварц).

Полоса при 18 мкм, наоборот, интерпретируется не очень хорошо.

■
Непрозрачность околозвездной среды (оптическая толщина в видимой области спектра принимается за единицу). Приведены средние кривые, соответствующие поглощению смеси пылинок графита и силикатов со льдом (сплошные линии) или без льда (пунктирные линии)



Не обязана ли она своим появлением таким силикатам, как Fe_2SiO_4 , Mn_2SiO_4 , Ca_2SiO_4 ? Или же она порождается соединением типа Si—O—Si (оно наблюдается и на волне 9,8 мкм) с ослабленными связями благодаря растяжению связи Si—O ?

Существование полосы льда вблизи 3,1 мкм ориентировало астрономов на изучение составных пылинков. Концепция составных пылинков учитывала химический состав межзвездной среды и привела к представлению о силикатных ядрах, покрытых ледяной оболочкой. Конечно, это не единственно возможный тип пылинков, но такая модель кажется очень правдоподобной.

Наблюдения в инфракрасном диапазоне подтверждают необходимость в составных пылинках. Но, к сожалению, верно и то, что их существование не согласуется с наблюдениями ни в видимом, ни в ультрафиолетовом диапазонах. Добавим, что использование спектральных полос может привести при той или иной гипотезе к оценкам массы пылевых облаков, ответственных за наблюдаемый эффект. Можно определить отношение массы пыли к массе газа — оно порядка долей процента и редко выше одного процента.

Пылевые смеси могут оказаться более сложными, чем мы до сих пор предполагали. Разве не наблюдалась в спектре ряда инфракрасных источников линейная поляризация на волне 9,8 мкм и круговая вблизи 3,5 мкм? Означает ли это, что силикатные пылинки вытянуты, но некий источник круговой поляризации дей-

ствует на коротких волнах, а не на длинных? Не связано ли это с тем, что при наблюдении на 9,8 мкм мы проникаем внутрь облака не столь глубоко (из-за непрозрачности силикатов), как на 3,5 мкм? Возможно, что в центре облака пылинки ориентированы как раз вдоль луча зрения. Словом, диагноз далек от того, чтобы быть очевидным!..

Знание интенсивностей полос 3,1 мкм, 9,8 мкм и 18 мкм позволяет выяснить, каково отношение льда и силикатов в пылинках. Анализ распределения энергии дополняет эту информацию и помогает оценить непрозрачность межзвездной и околозвездной среды. Таким образом можно полнее использовать методы диагностики, принципы которой обрисованы выше.

ИНФРАКРАСНЫЕ ИСТОЧНИКИ В ГАЛАКТИКЕ

Прогресс инфракрасных исследований впечатляет. Возьмем для примера области Н II. В 1971 году только три из них (туманность Ориона, М 17 и М 18) были известны как инфракрасные источники, в 1974 году — 50, сегодня это число превышает сотню. Установлено, что практически все области Н II содержат пыль, связанную с ионизованным газом.

Давайте начнем наше путешествие по инфракрасным источникам с областей, где расположены звезды молодой формации, а возможно, и еще не сформировавшиеся звезды.

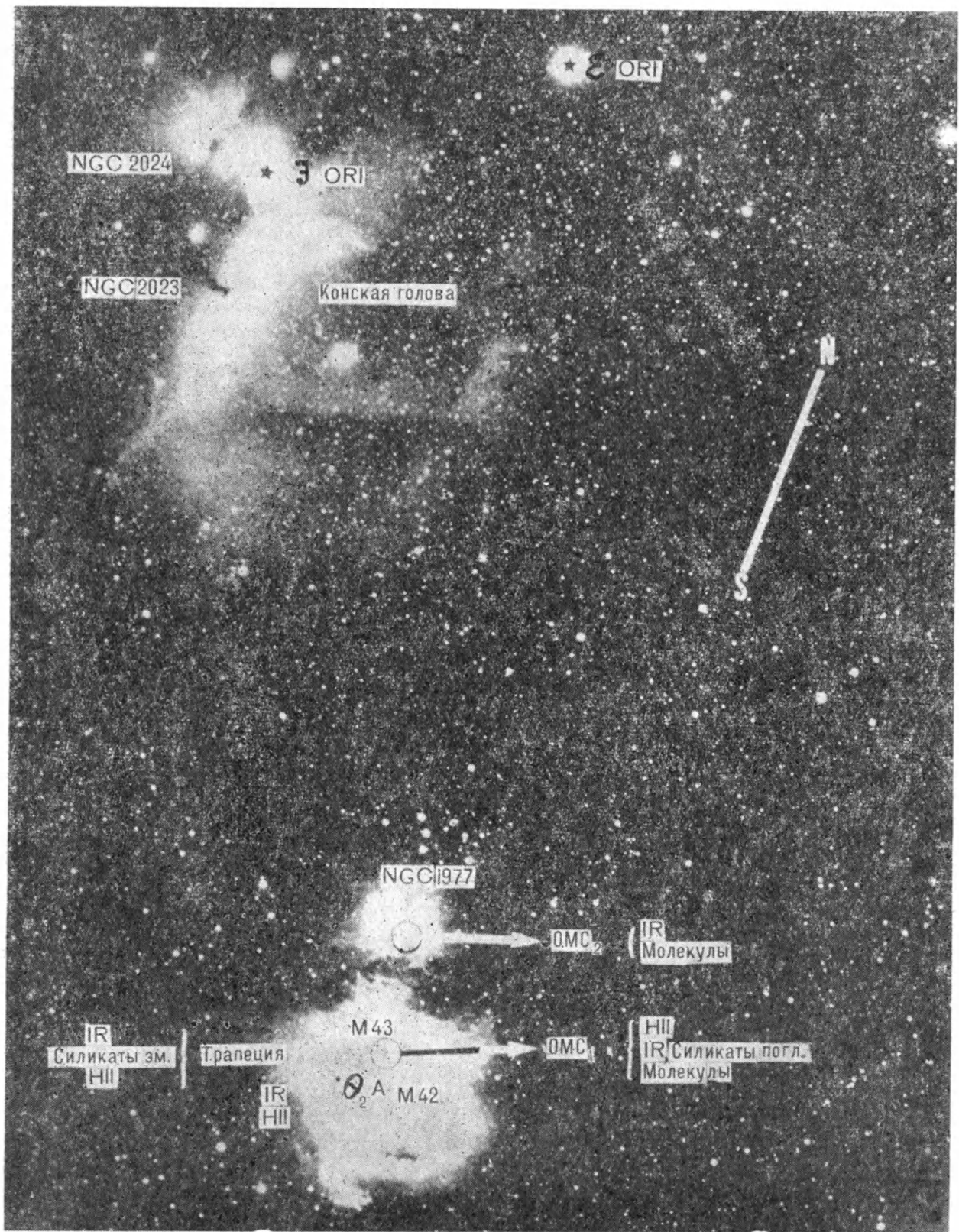
Рассмотрим туманность Ориона. Сосуществование здесь областей Н II (наблюдаемых в линии H_α , ультра-

фиолетовом и радиодиапазонах), пылевых облаков (наблюдаемых в инфракрасном диапазоне), молекул (наблюдаемых в ближнем инфракрасном и радиодиапазонах) — воистину замечательное явление. На картах туманности, составленных по результатам наблюдений в различных длинах волн, совпадение всех этих объектов очевидно, хотя в деталях корреляция и не столь совершенна. Корреляция наблюдаемых излучений, несомненно, была бы лучше, если бы поглощающие облака оказались прозрачными на всех длинах волн, но при этом они меньше бы излучали. Оптическая толщина такого облака служит мерой его полной массы.

В туманности Ориона наблюдается одна из наиболее интересных молекул — радикал гидроксила OH (длина волны 18 см). Четыре его линии могут генерироваться только благодаря мазерному механизму, возможно обязанному своим действием инфракрасному излучению («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 9—15.— Ред.). Области излучения гидроксила почти всегда ассоциируются с дискретными инфракрасными областями и редко — со структурами, наблюдаемыми в видимом свете.

Инфракрасная светимость туманности Ориона весьма велика — в 160 тыс. раз больше солнечной. Она почти эквивалентна светимости самых ярких звезд класса О и В, погружен-

■
Источники инфракрасного излучения в созвездии Ориона (ОМС₁ и ОМС₂ — соответственно, орионовы молекулярные облака 1 и 2)



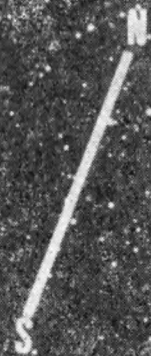
NGC 2024

★ ζ ORI

★ ε ORI

NGC 2023

Конская голова



NGC 1977

OMC₂

IR
Молекулы

IR
Силикаты эм.
NII

Трапедия

IR
NII

M43

θ₂ A M42

OMC₁

NII
IR
Силикаты погл.
Молекулы

ных в нее. Система близка к радиационному равновесию.

В орионовом комплексе содержится несколько инфракрасных областей, и все они достаточно богаты. В знаменитой Трапедии, яркие звезды которой мощно излучают в ультрафиолетовом диапазоне, найдено два инфракрасных источника — Нея-Аллена (NA) и IRS 4. Первый имеет диаметр несколько угловых секунд на волне 10 мкм, второй источник — точечный, в спектре источника NA есть полоса излучения силикатов, его температура, возможно, выше, чем у IRS 4.

Группа инфракрасных источников, расположенная в одной угловой минуте на северо-восток от Трапедии, содержит очень интенсивные источники Беклина—Нейгебауера (BN) и Кляйнмана—Лоу (KL). Источник BN, один из самых изученных на всем небе, кажется небольшим (менее 2"), его температура около 500 К, а излучение сильно поляризовано. Источник KL имеет около 30" в диаметре, размер его ядра примерно 2". Температура источника около 200 К, причем внешняя его часть холоднее — примерно 130 К. К этой же группе относятся и квазиточечные источники IRS 3 и IRS 2, приблизительно здесь же находятся области излучения гидроксила и воды.

Не менее интересна в орионовом комплексе и другая инфракрасная область. Она хорошо видна на обычных фотографиях — это **ионизационный барьер** вблизи Трапедии, точнее, вблизи звезды Θ_2A Ориона. В этой области локализуются пылинки, нагретые до 60 К. Но наблюдалось также тепловое излучение более

горячих пылинок (300 К). В их спектре видны полосы поглощения, по-видимому, силикатов (около 9,5 и 12,5 мкм) и одна широкая эмиссионная полоса вблизи 9,8 мкм. Резкое увеличение плотности пыли вблизи ионизационного барьера, вероятно, вызвано сжатием внешней среды расширяющейся ионизированной областью. Давление в последней еще не уравновешено давлением окружающего ее нейтрального водорода, что объясняется молодостью рассматриваемой области H II. Нарастающее разрежение пылинок в области H II, по-видимому, связано с тем, что высокая температура (несколько десятков тысяч градусов) стремится испарить их, тогда как радиационное давление выталкивает пылинки, слишком малые для того, чтобы гравитационное воздействие на них стало доминирующим.

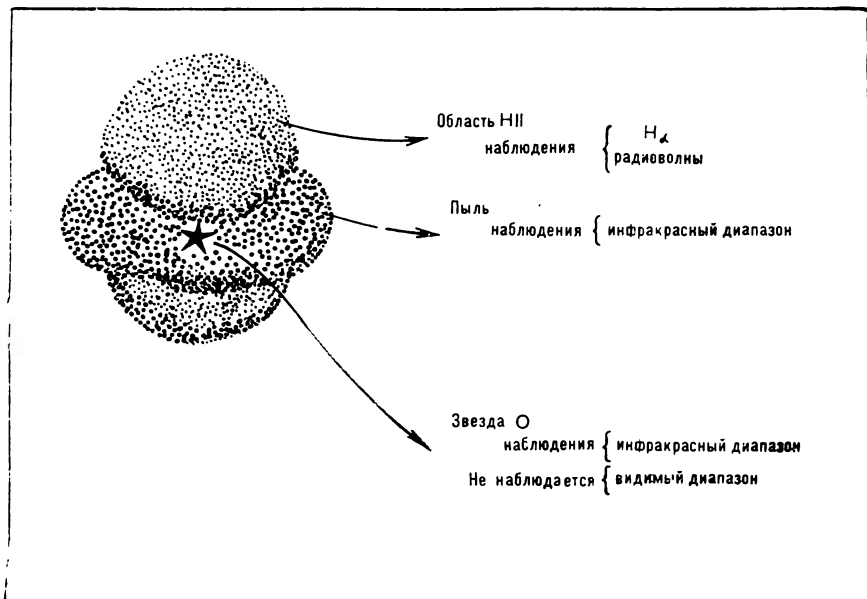
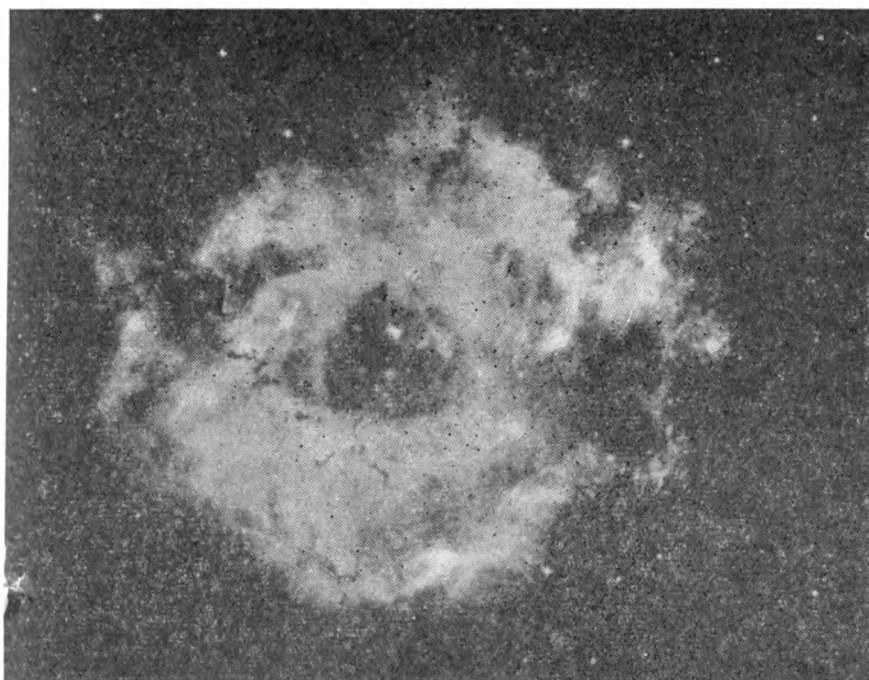
Часто области H II бывают так богаты пылью (пожалуй, следовало бы сказать «так молоды»), что яркие О-звезды — источники их возбуждения — практически не видны. Такие объекты очень трудно отличить от протозвезд, чья инфракрасная энергия черпается из гравитационной. Противоречива, например, интерпретация источника BN. Вероятнее всего, там находится протозвезда с массой 5 солнечных, однако не исключено, что в источнике может быть спрятан очень яркий сверхгигант массой в миллион солнечных! В орионовом комплексе мы увидели сосуществование околосредних областей H II, протозвезд, вихрей газа в пылевой среде, молекул...

Другие инфракрасные объекты за-

служивают кратких комментариев. Многие горячие О- и В-звезды окружены оболочками. Например В-звезда **HD 45677**. Ее оболочка имеет температуру 1000 К вблизи звезды и всего 250 К на расстоянии, в 10 раз большем. Другой объект — довольно простой — это **Henize 938**, сильно покрасневшая Ве-звезда. Поглощение в видимом диапазоне составляет почти 4 звездные величины.

Интересна область **W 3 (IC 1795)**. Форма спектра показывает, что непрозрачность этой области мала, поскольку наклон спектра на коротких волнах круче, чем у абсолютно черного тела. По спектру удается определить непрозрачность и даже ее изменения с длиной волны. Можно заключить, что размеры ответственных за непрозрачность пылинок гораздо меньше длины волны. Инфракрасный источник имеет температуру около 270 К, и его структура не проста: в радиодиапазоне наблюдаются более холодные компоненты (температура около 50 К). Пыль простирается очень далеко от источников, наблюдаемых в ближней инфракрасной области. По всей видимости, при удалении от конденсационного ядра плотность спадает по тому же закону, что и в коллапсирующем облаке.

В самом «сердце» **W 3** обнаружено несколько квазиточечных источников. Подтверждается впечатление, что они очень молоды. **IR 2** — определенно яркая и очень горячая звезда, сильно покрасневшая и ослабленная непрозрачностью пылевого облака. **IR 5** может быть одной из тех точек на небе, где мы видим кратковременный процесс коллапса, — настоль-



■ Диффузная туманность Розетка в созвездии Единорога. Центр туманности, более темный на фотографии, опустошен ионизацией

■ Модель инфракрасного источника Sharpless 106. В центре источника находится звезда спектрального класса O, ее окружает область ионизованного водорода H II и пылевая оболочка в форме тора

ко велика полная светимость объекта, по-видимому еще более яркого, чем источник BN в созвездии Ориона.

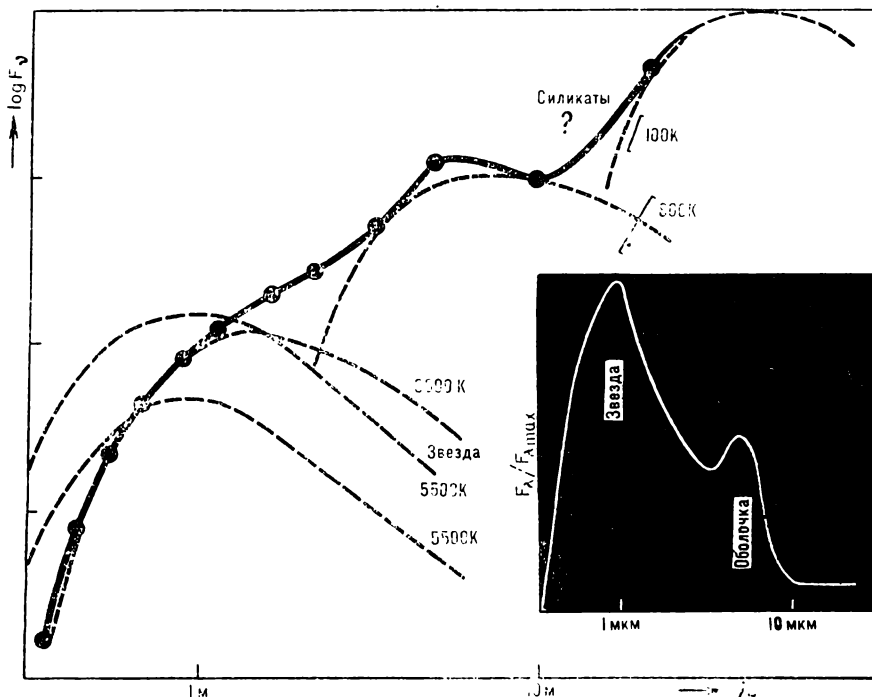
Другой замечательный пример — темное облако в созвездии Змееносца, вблизи звезды ρ Змееносца. В него погружено много горячих звезд и небольших областей H II, наблюдаемых по излучению в линии H α . В инфракрасном диапазоне удастся проникнуть внутрь облака и обнаружить новые очень молодые области и очень молодые звезды. Действительно, на волне 2 мкм открыто около 50 инфракрасных источников, и этот список, вероятно, еще не исчерпан, хотя на других длинах волн (например, 100 мкм) он уже полон. Несомненно, что эти области — яркие звезды, но вызванное облаком затемнение может достигать 10—15, а в ряде случаев и 30 звездных величин. Спектральный анализ одного из объектов дает основания полагать, что это звезды O и B класса, приближающиеся к главной последовательности. Таким образом, темное облако в созвездии Змееносца скрывает от нас звездную ассоциацию, подобную многим другим. Но последние уже рассеялись и лишились пылевого облака, в котором заключены молодые звездные скопления. Плотность в этой группе кажется необычно большой (свыше 20 звезд в 1 пс³) по сравнению со скоплением Плеяды или η Персея (соответственно, 6 и 7 звезд в 1 пс³).

Облако в созвездии Змееносца, темное в видимом диапазоне, на самом деле может быть заполнено источниками ультрафиолетового и видимого излучений, и их действием

на плотное и толстое пылевое облако нельзя, конечно, пренебрегать. Более того, оценка поглощения позволяет получить значения массы такого облака, сопоставимые с числом погруженных в него горячих звезд, — тысячи солнечных масс.

Те звезды, которые окружены облаком с пылевыми и газовыми компонентами, обладают интересной теометрией. Поскольку вращение небесных тел связано с определенным уплощением, отдельные исследования подобных объектов включают рассмотрение более или менее сплющенного пылевого диска. Если он расположен около горячей звезды, то его центр опустошен ионизацией, что видно на примере такого хорошо известного объекта, как туманность Розетка. Пылевой диск в области H II Sharpless 106 имеет, скорее, форму сплющенного тора. В зависимости от того, как видит наблюдатель звезду по отношению к тору, она будет более или менее затемнена в визуальных лучах. Возможно, с различными углами наклона, под которыми можно наблюдать звезду, связана дисперсия цветовых избытков звезд в молодых скоплениях типа NGC 2264.

Интересно отметить, что если облака, окружающие звезды, — остатки протозвездной материи, то они, возможно, являются и протопланетными облаками. Солнечная система, очень бедная сейчас маленькими пылинками, служит примером того, что может произойти с такими облаками. Распределение планетных масс в Солнечной системе достаточно хорошо соответствует распре-



делению масс в сплющенном торе.

Молодые объекты, о которых мы рассказывали до сих пор, были массивными горячими звездами. Теперь рассмотрим холодные звезды. К ним относятся и **молодые объекты типа Т Тельца** с массой порядка солнечной. Считается, что эти карликовые звезды еще не достигли главной последовательности и находятся в процессе формирования.

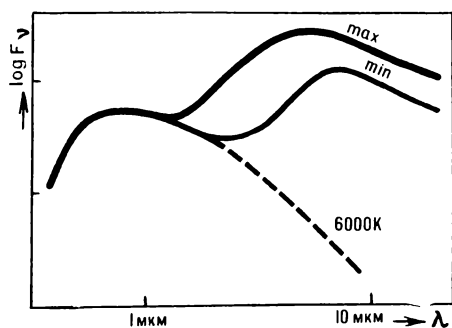
Действительно, от молодых звезд можно ожидать всего! Формирование оболочек, постепенно теряющих газ и пыль, проходит через этапы, когда уже видимое звездное ядро еще окружено плотными облаками.

А что сказать о старых объектах? Например, красный сверхгигант — массивная проэволюционировавшая звезда. Она ушла с главной последовательности, вокруг нее исчезли все следы первичного протозвездного

облака — этой хаотической смеси пыли и газов, существовавшей до рождения источника излучения. Но звезда, хотя и проэволюционировавшая, не инертна: внутренние процессы могут стать спусковым крючком для развития неустойчивостей, которые часто проявляются вблизи звездной поверхности и особенно заметны в инфракрасном диапазоне.

Возьмем для примера **R Северной Короны** — переменную звезду с неправильными колебаниями блеска. Ее спектр в максимуме несколько напоминает спектр сверхгигантов класса G0 I (температура около 5000 K). Звезда может изменять блеск на несколько звездных величин, однако и в минимуме спектр ее кажется таким же, как в максимуме блеска, — видны эмиссионные линии, например, ионизованного титана. Похоже, что звезда богата углеродом, так как в ее спектре довольно сильны эмиссионные линии молекулы C₂. Инфракрасные наблюдения, которые, конечно, подтверждают переменность такого объекта, демонстрируют заметное различие в эмиссионном спектре в периоды максимума и минимума.

■ *Спектр звезды Т Тельца. Пунктир соответствует спектрам излучения абсолютно черного тела с различной температурой. На врезке показан поток излучения от звезды в расчете на единицу длины волны*



Анализ инфракрасных наблюдений показывает, что богатые углеродом газовые облака, которые выбрасываются из звезды, конденсируются в облака графитовой пыли. Последние время от времени затемняют звезду, чем объясняется отсутствие четкой корреляции между инфракрасным излучением и видимой звездной величиной. Даже если облака не затемняют звездный диск, они излучают в инфракрасном диапазоне. Можно построить модель R Северной Короны, используя графит как основной поглотитель, и получить отличное согласие с наблюдениями. Во время максимума инфракрасного излучения пыль заполняет сферу размером около 350 звездных радиусов, а в минимуме — около 600 звездных радиусов. В обоих случаях полная масса пыли оказалась одной и той же — около $4,6 \cdot 10^{-7}$ солнечных. Фактически это не однородная сфера, а грубая сферическая модель дискретных облаков с оптической толщиной в видимой части спектра порядка пяти. Звезда закрыта от наблюдателя 11% времени, а затем образовавшаяся на расстоянии 300 звездных радиусов пыль извергается со скоростью 600 км/с и захватывает при своем движении массы газа, которые излучают, как туманность. На основе этого механизма можно оценить потери массы звездой — они порядка 10^{-8} солнечных масс в год. Эмиссионный спектр газовой туманности усиливается (по контрасту), когда фотосферное излучение ослабляется затемнением. Таким образом, мы имеем модель, которая могла бы дать также представление о том, что про-

исходит при вспышках новых звезд. Но это не единственно возможная модель; наблюдения согласуются и с предположением о том, что пыль выбрасывается не самой звездой, а ее более холодным спутником.

R Северной Короны — довольно странный объект. К числу нормальных углеродных звезд относятся NML Лебеда, R Единорога, VY Большого Пса. Вокруг холодных углеродных звезд, выбрасывающих вещество, графитовые пылинки образуют оболочку. Она бывает простой или состоит из двух слоев. Например, у звезды IRC+10 216 один слой имеет температуру около 600 К, а второй, удаленный от звезды на расстояние в 4 или 5 раз большее, — около 400 К.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я надеюсь, что показал и богатство наблюдений и важность их анализа как для молодых объектов, так и для проэволюционировавших звезд. Значение открытий в инфракрасном диапазоне для понимания звездной эволюции на ранних или поздних этапах, действительно, громадно. Можно проследить эволюцию от рождения звезды до ее современного состояния и даже дальше — до формирования планет. Существование газа (бедного элементами, из которых создавались твердые частицы) и пылинок (графит, силикаты, лед) само по себе

■ *Спектр звезды R Северной Короны в максимуме и минимуме инфракрасного излучения. Пунктиром показан спектр излучения абсолютно черного тела с температурой 6000 К*

интересно. Когда достигается равновесие между атомами, молекулами, пылинками — равновесие, постоянно разрушаемое при образовании звезд?

Это равновесие — результат многих процессов. С одной стороны, атомно-молекулярное равновесие в газовой среде подразумевает ассоциацию при столкновениях и диссоциацию в поле излучения или при столкновениях. Немногие молекулы могут противостоять этим механизмам, их энергия связи порядка нескольких электронвольт. Наиболее стабильными из всех молекул считаются CO (энергия диссоциации около 11 эВ), N₂, C₂, NO и, возможно, самая распространенная H₂. Все они наблюдаются в ультрафиолетовом диапазоне. Такие окислы, как SiO, TiO, ZrO, тоже стабильны, но априори менее распространены, поскольку межзвездная среда (как и Солнце) в среднем состоит из атомов, плотность которых в первом приближении уменьшается с возрастом атомного номера.

С другой стороны, атомы и молекулы могут адсорбироваться пылинками и поэтому взаимодействуют между собой в поверхностных слоях пылинок, вероятно, более активно, чем в газе. Вполне возможно, что равновесие между адсорбцией (часто в атомном состоянии) и испарением (часто в молекулярном состоянии) фактически никогда не достигается.

Является ли это труднодостижимое равновесие неким призраком межгалактических пространств и протогалактических времен? Мнения разделились. Достаточно ли горяча

материя формирующихся галактик, как предсказывает теория расширяющейся Вселенной? Ведь тогда ей придется остыть к моменту образования молекул и пылинок... И мы должны допустить, что происходило общее охлаждение, иначе нельзя объяснить, почему большая часть межзвездного газа почти полностью лишена атомов, которые стали основой стабильных молекулярных соединений. Не запрещается предполагать, что очень холодная протогалактика позволила бы лучше понять данные наблюдений. Но имеют ли все эти наблюдения достаточно общий смысл? Может быть, они справедливы только для ограниченной части Галактики? Миграция пылинок и молекул...—Разве это невозможно в сложном поле сил гравитации и радиационного давления? У нас есть, конечно, некоторая информация... Но теории этих макроскопических и микроскопических процессов находятся еще в детском возрасте, и мы далеки от возможности извлекать из доступной нам информации какое-либо понимание эволюции Галактики в целом.

Но все же не столь плохо, как мне представляется, понимать структуру и эволюцию околос звездных облаков. В среде, окружающей звезды и звездные группы, наблюдается постоянный переход между физикой звездных недр (физика квазитермодинамического равновесия, в которой почти достаточно задать температуру для получения полного описания) и физикой очень разреженной материи, где подразумеваемое равновесием состояние вырождения еще не достигнуто,

а физические свойства можно описывать, лишь привлекая множество параметров состояния. А между этими крайностями — обширная промежуточная область, в которой работает сама физика, руководящая астрофизическими наблюдениями. На границах конденсаций плотность меняется от звездной до межзвездной (на десятки порядков!), меняет свои формы энергия, ускоряются частицы, деградируют фотоны... Здесь усиливаются потоки массы и механические волны, останавливается коллапс — именно здесь, в хаотической и величественной магме. Какую же физику использовать для описания этой среды, если не далекую от физики равновесия? Изучение подобных проблем могло бы стать источником новой термодинамики, где концепция необратимых процессов, конечно, сильно отличалась бы от обычно используемой термодинамики почти равновесных сред.

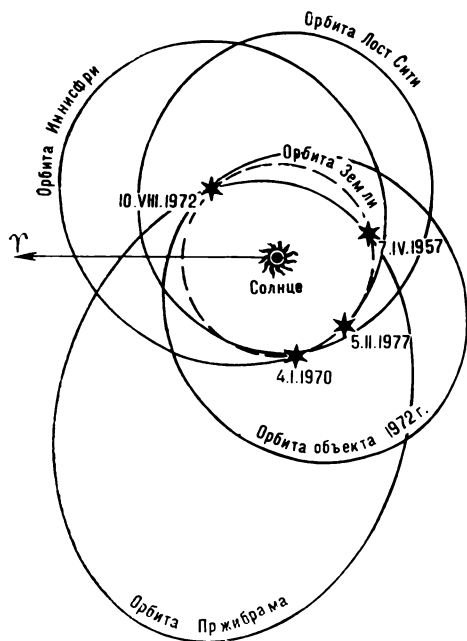
Кое-кто будет критиковать меня за то, что я втянулся в неопределенные лирические экстраполяции. На самом же деле, правдивость инфракрасных исследований достаточно на сама по себе. Несколько лет назад Галактика была только уплощенной семьей точечных источников — звезд. Миллиарды светящихся точек, затерянные в огромной пустоте объемом в тысячи миллиардов парсек. А между звездами почти ничего! Только редкие облака и некоторое покраснение удаленных звезд указывали на то, что это — не абсолютный вакуум. Но малопомалу с развитием ультрафиолетовой космической астрономии, радио-

астрономии и, конечно, инфракрасной астрономии этот мир постепенно заполнялся. Диффузные массы, смутные коконы около молодых объектов, извержения нестабильных или умирающих звезд — в эту среду погружены звезды, ею они опутаны и затемнены. Смесь холодных и горячих газов, твердых крупинок и пылинок, родившихся на этих крупинках молекул и возможного сырья для их образования... Не следует удивляться, обнаружив в этой плотной, мутной среде планеты — одни из самых больших пылинок — и жизнь, и нас самих. Что было пылью, снова превращается в пыль. Формирующаяся протогалактика через длительный срок станет мертвой галактикой, а из ее остатков, возможно, возникнут другие галактики. И это, вероятно, всего лишь пусть великолепный, но незначительный виток всеобщей Эволюции, где галактики, подобные нашим, исчисляются миллиардами...

Перевод с английского
С. Н. РОДИОНОВА

СФОТОГРАФИРОВАНО ПАДЕНИЕ МЕТЕОРТА ИННИСФРИ

В зимний вечер 5 февраля 1977 года, в 19 часов 17 минут, маленький астероидный осколок вторгся в атмосферу Земли над территорией Канады. Яркий болид вспыхнул и покатился по небу огненным шаром, за которым потянулся красноватый шлейф — хвост. Приблизительно через 5 секунд болид рассыпался в искры, которые быстро погасли. Еще



через несколько секунд на поверхность Земли упали обломки метеорита. Один был найден спустя 12 дней. Метеорит назвали Иннисфри.

Его полет в атмосфере сфотографировала болидная сеть Канады. С 1971 года 12 станций этой сети непрерывно следят за небом в течение всего темного времени суток, подкарауливая болиды, которые могут закончиться выпадением метеоритов. Станция расположена приблизительно в 200 км друг от друга в районах Альберты, Саскатчевана и Манитобы, вдали от больших городов.

Следует сказать, что аналогичные болидные сети существуют в США, Чехословакии, ГДР и ФРГ, а также Англии. За исключением последней, все они обслуживаются специалистами. За время функционирования болидных сетей сфотографированы тысячи болидов.

Десятки раз на основании анализа кинематических, динамических и фотометрических характеристик болидов, полученных в результате изучения их фотографий, ученые предполагали, что выпал метеорит. К сожалению, все поиски оканчивались неудачей, несмотря на то, что места «приземления» метеоритов бы-

■ *Орбиты метеоритов Иннисфри, Лост Сити и Пржибрама. Место встречи метеоритов с Землей отмечено звездочкой. Показана также орбита тела, которое породило яркий болид в США в 1972 году. V — направление на точку весеннего равноденствия*

ли вычислены с точностью до нескольких сот метров.

До сих пор удалось найти всего лишь два метеорита, полет которых в атмосфере успели запечатлеть фотографические камеры: в 1959 году — метеорит Пржибрам в Чехословакии и в 1970 году — метеорит Лост Сити в США. Правда, Пржибрам сфотографировали «случайно» еще до создания специальных сетей. Полет Лост Сити зарегистрировала болидная сеть США спустя пять лет после ее ввода в действие.

Таким образом, почти из трех тысяч метеоритов, известных ученым, только для Пржибрама и Лост Сити по фотографическим данным были установлены атмосферные траектории, скорости движения в атмосфере и межпланетном пространстве, размеры, форма и ориентация орбит в Солнечной системе. А между тем предполагали, что определение орбит метеоритов (а не просто болидов, порожденных телами неизвестного состава, неизвестной структуры и неизвестного происхождения) и находка свежих, только что выпавших метеоритов будут основной «продукцией» болидных сетей.

Но шел год за годом, и ученые начали терять надежду. В научных кругах все чаще ставилась под сомнение целесообразность болидных сетей. Этот вопрос обсуждался на специальном симпозиуме, проходившем во время Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза осенью 1976 года в Гренобле (Франция). В резолюциях симпозиума указывались проблемы, которые могут быть решены с помощью болидных сетей, однако возможность находки метеоритов, падение которых было зарегистрировано, представлялась сомнительной.

И вот, наконец, найден еще один метеорит после того, как сфотографировали его полет в атмосфере. Канадские ученые по интенсивности свечения оценили массу разлетевшихся частей метеорита — искр. Поскольку фотографии были получены с применением обтюраторов, удалось

определить и скорости их движения перед самым угасанием. Далее, предположив, что осколки двигались по баллистическим кривым, канадские ученые рассчитали места падения обломков.

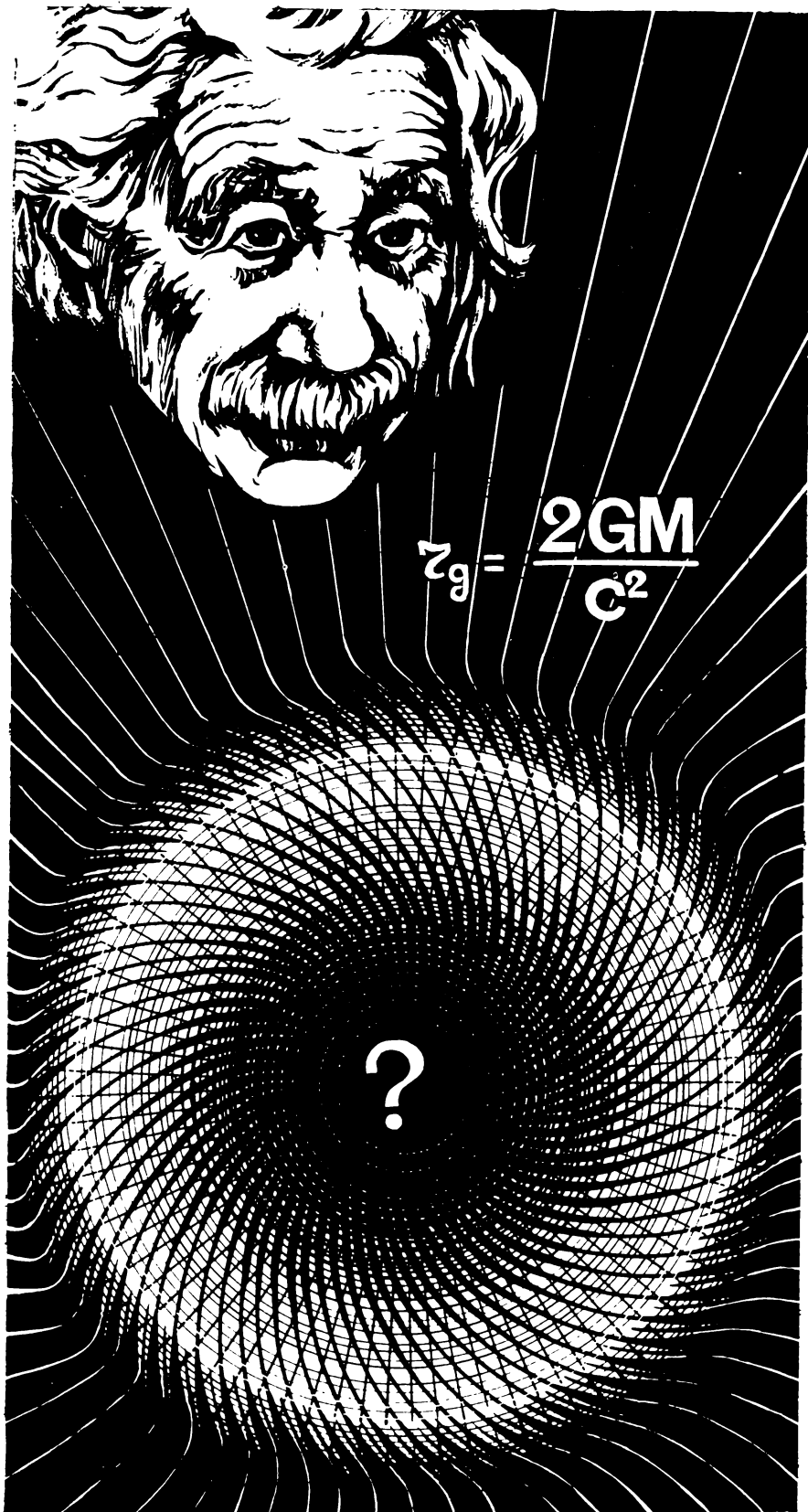
17 февраля 1977 года был найден первый (и, как полагают, самый крупный) из обломков метеорита в 0,5 км от предвычисленного места падения. Этот небольшой метеорит (размеры 10×9×8 см и масса около 2,1 кг) оказался хондритом — представителем наиболее распространенной разновидности метеоритов.

Форма и размеры орбиты Иннисфри поразительно напоминают орбиту Лост Сити, который тоже относится к хондритам, но имеет другой состав. К эклиптике обе орбиты наклонены почти одинаково — приблизительно на 12°. Но ориентация орбит в Солнечной системе различна. Лишь один крошечный астероид — тело поперечником в десятки метров — был открыт на сходной орбите в 1972 году, когда он прошел мимо Земли, на высоте 57 км над ее поверхностью. Астероид буквально «пронзил» земную атмосферу над территорией США и снова улетел в межпланетное пространство.

Метеорит Иннисфри в перигелии своей орбиты проникал внутрь орбиты Земли всего на 0,014 а. е. В афелии он удалялся от Солнца на 2,5 а. е. Из-за малого наклона орбиты к плоскости эклиптики он уходил от нее более чем на 0,32 а. е. Линия узлов орбиты всего на 2° отклонялась от линии аспид.

Едва пройдя перигелий, метеорит, имевший скорость около 33 км/с, достиг Земли, которая движется по своей орбите со скоростью около 30 км/с. Когда метеорит приблизился к Земле, ее притяжение увеличило относительную скорость метеорита до 14,5 км/с. С такой скоростью он вошел в атмосферу Земли, выдержал сопротивление атмосферы и достиг земной поверхности, хотя и раздробился на части.

Кандидат физико-математических наук
А. Н. СИМОНЕНКО



Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ

За краем гравитационной бездны

Можно ли совершить путешествие
внутри черной дыры? Что
ждет космонавта в этом путеше-
ствии?

БЕЗДОННЫЕ ПРОПАСТИ
ВСЕЛЕННОЙ

Черные дыры — это совершенно новые объекты, качественно отличающиеся от всего известного науке. **Черной дырой** называется масса, сжавшаяся настолько сильно, что возросшее гравитационное поле не выпускает даже лучи света. Из черной дыры не может вылететь никакая частица, не может выйти никакое излучение, так как ничто не способно двигаться быстрее света. В сильном гравитационном поле черной дыры медленнее течет время, а свойства пространства описываются неевклидовой («искривленной») геометрией («Земля и Вселенная», № 5, 1976, с. 29—38. — Ред.).

По современным представлениям, в черные дыры превращаются достаточно массивные звезды в конце своей эволюции. Процесс их сжатия получил название гравитационного коллапса («Земля и Вселенная», № 1, 1969, с. 40—48. — Ред.). Поле тяготения не выпускает света, когда звезда сжимается до размеров гравитационного радиуса $r_g = \frac{2GM}{c^2}$, где G — постоянная тяготения Ньютона, c — скорость света, M — масса звезды. Из этого соотношения следует, что для превращения в черную дыру Солнце (его масса $2 \cdot 10^{33}$ г) должно сжаться до радиуса $r_g = 3$ км.

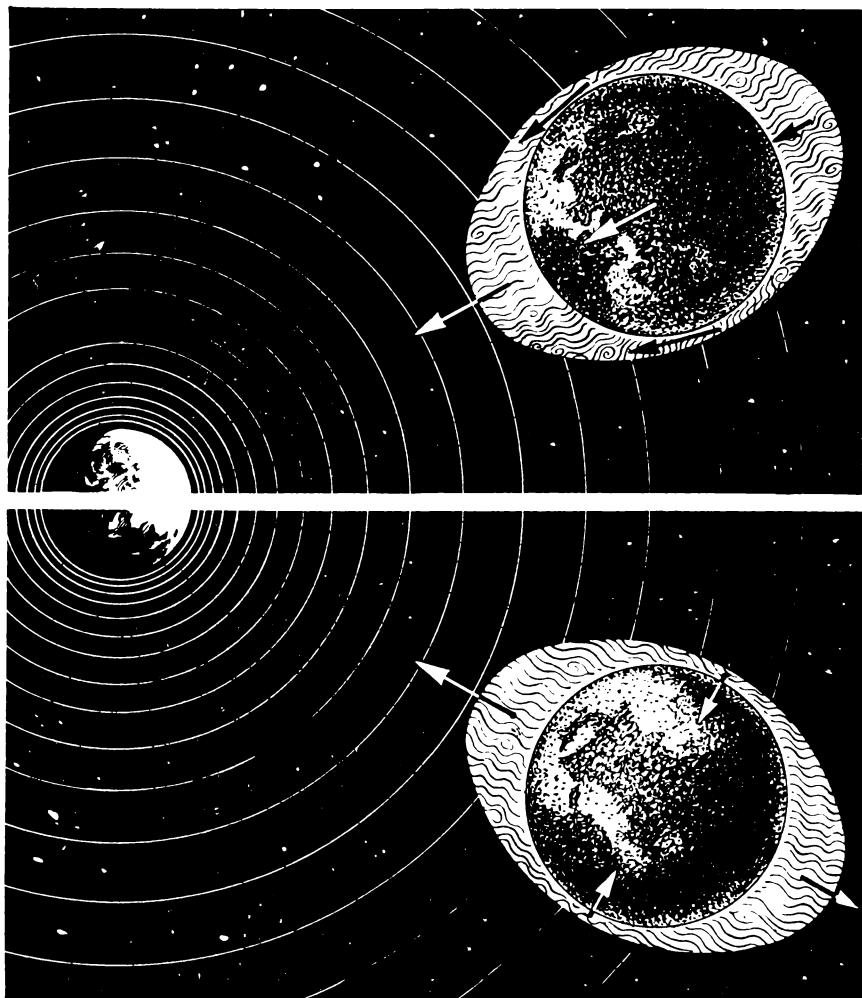


В черную дыру могут падать и тела, и свет, но из нее ничто не может выйти. Граница области, откуда не может выйти излучение, носит название **горизонта событий**, или просто **горизонта**. Когда тела падают в черную дыру, ее масса и, следовательно, ее размер (гравитационный радиус пропорционален массе) возрастают. Таким образом, падение тел только увеличивает черную дыру, поэтому ее иногда сравнивают с бездонной пропастью (черную дыру нельзя ничем заполнить!).

Внешний наблюдатель никогда не узнает, что происходит внутри черной дыры. Попробуем подойти к краю этой бездонной пропасти и попытаемся заглянуть внутрь. Впрочем, слово «заглянуть» здесь не уместно. Увидеть, что происходит внутри черной дыры, даже достигнув ее края, невозможно. Для этого космонавту придется последовать внутрь черной дыры. А такое путешествие сопряжено с риском. Ведь из черной дыры ничто не возвращается, ничто не выходит во внешнее пространство. Никогда не сможет вернуться и космонавт, какими бы двигателями ни обладала его космическая ракета. Не может космонавт послать нам какое-либо сообщение о своих наблюдениях. Но в принципе такое путешествие возможно.

ПАДАЕМ В ЧЕРНУЮ ДЫРУ

Прежде чем отправиться в путешествие вместе с космонавтом, напомним еще об одном гравитационном явлении, хорошо известном,— **о приливных гравитационных силах**.



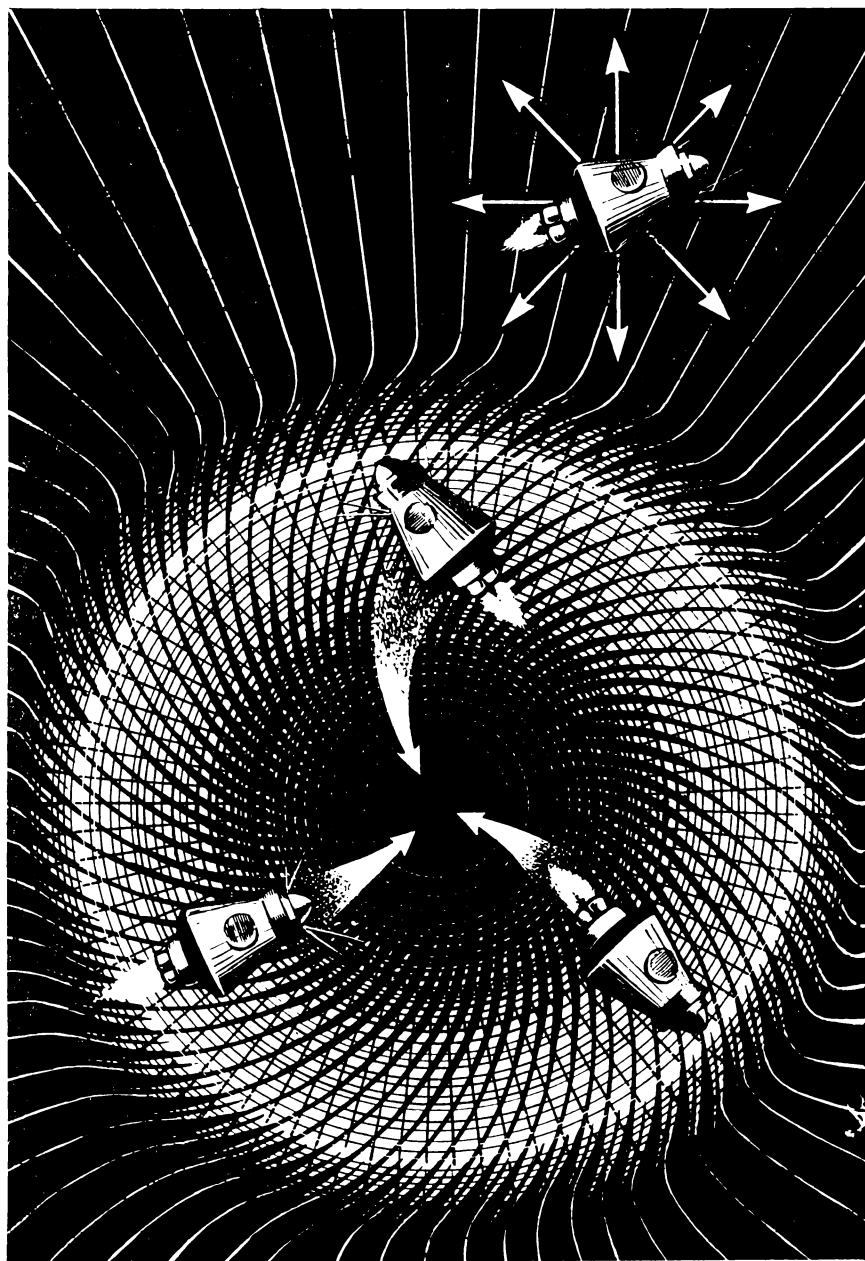
Эти силы проявляются потому, что все тела, находящиеся в поле тяготения, имеют некоторые размеры. Гравитационные поля всегда неоднородны, и разные точки притягиваемых тел испытывают разное тяготение.

Пусть тело находится в поле тяго-

■ *Силы тяготения Луны, действующие на разные точки Земли. Разность этих сил вызывает приливы в земных океанах (вверху). Сила, приложенная к центру Земли, смещает ее целиком и на Земле не наблюдается. Если эту силу вычесть, то останутся приливные силы, показанные на рисунке*

тения планеты. Ближайшие к планете его части будут притягиваться сильнее, чем отдаленные. Эта разность сил тяготения, называемая приливной силой, стремится растянуть, разорвать тело. Приливная сила тем больше, чем резче меняется поле тяготения от точки к точке и чем больше расстояние между точками, то есть чем больше размер тела. Разумеется, в обычных условиях, скажем в кабине космического корабля, летящего вокруг Земли, приливные силы ничтожны, незаметны, так как малы размеры корабля. Несущественно их действие и на обычные тела, расположенные на поверхности Земли. Но эти силы пропорциональны размерам тел. Именно они вызывают, например, приливы в океанах.

Но вернемся к нашему космонавту. Поместим его сначала на поверхность невращающейся сферической звезды. Ее поверхность сжимается под действием все усиливающегося тяготения. Силы внутреннего давления вещества звезды практически уже не оказывают никакого сопротивления нарастающей гравитации. Поверхность звезды пересекает гравитационный радиус и продолжает сжиматься дальше. Процесс остановиться не может, и за короткий промежуток времени по часам наблюдателя, расположившегося на поверхности звезды, эта звезда сожмется в «точку», а ее плотность станет бесконечно большой. Возникает **сингулярность** пространства — времени. Бесконечно сильно искривится пространство, и столь же сильно искривится течение времени. Вблизи сингулярности и приливные гравитационные силы будут стремиться к бесконечности. Значит,



любое тело (в том числе и наблюдатель) будет разорвано.

Тело, падающее в сферическую черную дыру, которая образуется после сжатия звезды, также достигает сингулярности. Можно ли избежать попадания в сингулярность, если тело уже находится под горизонтом черной дыры? Оказывается, нет. Попадание в сингулярность не-

■ *Вне черной дыры небесные тела и космические ракеты могут двигаться в любом направлении. Внутри черной дыры все тела движутся к центру независимо от направления работы ускоряющих двигателей ракет*

избежно. Как бы ни маневрировал космический корабль, как бы мощны ни были его двигатели, он быстро упадет в сингулярность. Силы тяготения заставят все тела (и даже свет внутри черной дыры) двигаться только к центру. Движение от центра невозможно. Максимальное время, которое космический корабль может просуществовать под горизонтом черной дыры массы M до падения в сингулярность:

$$\tau_{\max} \approx 10^{-5} \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right) c$$

(здесь M_{\odot} означает массу Солнца).

Для того чтобы просуществовать это максимально возможное время, космический корабль должен выполнить следующий маневр. Необходимо включить двигатель на полную мощность при подлете к горизонту — к сфере гравитационного радиуса — и почти остановиться у самого горизонта. После этого выключить двигатель и дать кораблю свободно падать по радиусу от горизонта до сингулярности. Время падения и будет максимальным временем существования. Любые попытки космонавта как-то затормозить падение корабля внутри черной дыры или придать ему орбитальное движение приведут только к тому, что корабль упадет в сингулярность за более короткий промежуток времени по часам космонавта. Это сокращение времени падения связано с известным из специальной теории относительности замедлением времени при разгоне космического корабля. Чем быстрее движется корабль, тем медленнее на нем идут часы. Внутри черной дыры выигрыш от продвижения корабля мень-

ше, чем потери, связанные с замедлением времени.

Вне черной дыры и внутри нее на космонавта и его корабль действуют приливные силы. Приведем их численные значения. Пусть космический корабль свободно падает в черную дыру массы M . В корабле находится космонавт, рост которого 1,8 м, масса — 75 кг. Космонавт расположился в корабле так, что направление его туловища совпадает с направлением на центр черной дыры. Тогда на космонавта будет действовать растягивающая сила F_1 , направленная вдоль его туловища:

$$F_1 = 10^{18} \text{ дин/см}^2 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right) (R \text{ км})^{-3},$$

где R — расстояние корабля от центра черной дыры.

Но приливная сила не только растягивает тело космонавта, она и сжимает его в перпендикулярном направлении. Сдавливающая сила F_2 равна:

$$F_2 = 10^{18} \text{ дин/см}^2 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right) (R \text{ км})^{-3}.$$

Мы видим, что человек в космическом корабле может приблизиться к черной дыре и достичь ее границы (сферы гравитационного радиуса r_g), не рискуя быть разорванным и раздавленным приливными силами, лишь в том случае, если черная дыра достаточно большая. Тогда $R \approx r_g$, входящие в кубе в знаменатели написанных выше выражений для F_1 и F_2 , будут достаточно большими. Человек способен выдержать давление и натяжение не более 100 атм, что равно 10^8 дин/см². Используя приведенные соотношения, находим, что человек может



■ Приливные силы, действующие на космонавта, который падает в черную дыру



достичь границы той черной дыры, которая имеет размер больше 3000 км и, соответственно, массу больше тысячи солнечных*. К меньшим черным дырам человеку приближаться опасно.

Разумеется, когда космический корабль оказывается даже в очень большой черной дыре, на границе которой человеку не угрожает опасность быть разорванным приливными силами, в дальнейшем корабль будет неудержимо падать в сингулярность. При этом приливные силы неограниченно нарастают и рано или поздно разрывают любое тело. Таким образом, проникновение в сферическую черную дыру для космонавта равносильно самоубийству.

ОКНО В НЕОБЫЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО — ВРЕМЯ

Казалось бы, мы пришли к крайне неутешительному выводу. Никто никогда не станет проникать внутрь черной дыры и исследовать ее изнутри не только потому, что не сможет вернуться назад во внешнее пространство, но еще и потому, что, попав в черную дыру, должен очень быстро приблизиться к сингулярности, где будет разорван приливными силами тяготения.

Однако напомним, что мы рассматривали черную дыру, возникающую из точно сферического тела, и вывод о неизбежности попадания в сингулярность внутри черной дыры относится только к это-

му крайне искусственному случаю. В сферической черной дыре сила тяготения направлена прямо в центр, и неудивительно, что она сжимает точно к центру все вещества, создавая сингулярность. Но реальные тела не бывают строго сферическими.

Может быть, если сжимается несферическое, например, сплюснутое и вращающееся тело, то оно вовсе не сжимается до бесконечной плотности, а достигает некоторого минимального размера под горизонтом и начинает вновь расширяться, и сингулярность никогда не возникает? А если и возникает, то всегда ли вещество, падающее в черную дыру, устремляется к сингулярности? Нельзя ли космонавту в маневрирующем корабле избежать этого?

Здесь мы вступаем в область, где очень много нерешенных проблем и нет ответов даже на самые важные вопросы. О том, что должно происходить внутри реальной черной дыры, когда нет идеальной сферической симметрии, известно очень мало. Для ответа на эти вопросы надо решить такие сложные математические уравнения, с какими современная математика справиться пока не может. И все же, кое-что известно.

Прежде всего удалось установить, что если при коллапсе несферического и вращающегося тела образуется черная дыра, то внутри нее неизбежно возникает и сингулярность. Это важное утверждение было доказано английским теоретиком Р. Пенроузом.

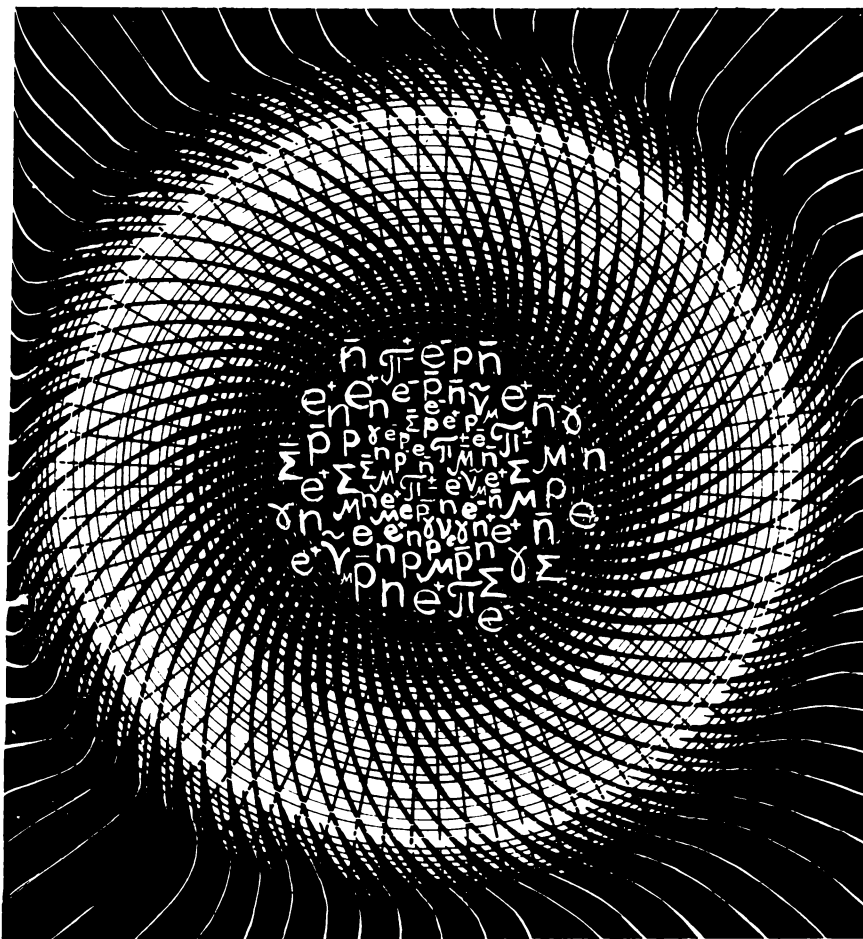
Но узнать что-либо о природе этой сингулярности не удалось. Воз-

никают ли там бесконечные приливные силы? — не известно. Все ли частицы вещества и кванты излучения под горизонтом черной дыры неизбежно падают в сингулярность? — тоже не известно. Известно только, что внутри черной дыры хотя бы одна (!) частица вещества или один (!) квант излучения не смогут существовать сколь угодно долго после возникновения горизонта черной дыры и должны прекратить существование в сингулярности. Вот и все. Очень немного, и физики хотят узнать больше.

Исследования продолжаются. Построены очень искусственные модели коллапса электрически заряженного сферического шара. Здесь возникает удивительная ситуация: в игру вмешиваются гравитационные силы, создаваемые электрическим полем шара. При сильном сжатии эти силы становятся весьма существенными. Общая картина коллапса заряженного шара следующая. Вещество шара сжимается, образуется черная дыра, вещество уходит глубоко под горизонт, но не достигает бесконечной плотности — на определенном этапе сжатие сменяется расширением. Вне шара имеется сингулярность, но вещество шара на нее не наталкивается.

Вещество шара не может расширяться и выйти из-под горизонта черной дыры в пространство, где оно начало сжиматься. Ведь мы помним, что из-под горизонта черной дыры ничто не выходит. Спрашивается, куда же происходит расширение? Оказывается, вещество шара расширяется не во внешнее пространство, где оно сжималось, а

* Согласно некоторым гипотезам, подобная черная дыра может оказаться в центре нашей Галактики.



МЕТАНОВЫЙ ЛЕД НА ПЛУТОНЕ

Плутон оказался первым объектом Солнечной системы, на поверхности которого обнаружен метановый лед. Лед или иней из аммония, метана и воды, как предположил Дж. Левис в 1972 году, должен покрывать поверхности внешних планет. Водяной лед уже нашли на кольцах Сатурна и его четырех спутниках, на спутниках Юпитера — Европе и Ганимеде, тогда как замерзший аммоний и метан долго не удавалось зарегистрировать. И вот наконец Д. Крукшенк с коллегами (США) обнаружил в инфракрасном излучении самой далекой планеты Солнечной системы спектральную подпись метанового льда.

Американские астрономы наблюдали Плутон в марте 1977 года на 4-метровом телескопе обсерватории Китт Пик. Чтобы отличить друг от друга три типа льдов, измерения велись в пяти полосах длин волн между 1,2 и 2,2 мкм. Эти измерения сравнивались с лабораторными образцами, что и привело ученых к открытию метанового льда на Плуtone. Возможно, что Плутон, покрытый льдом, отражает солнечный свет намного эффективнее, чем ранее предполагалось. Если альbedo Плутона 0,4, то его диаметр должен быть 3300 км, а если альbedo 0,6, то диаметр 2800 км. Таким образом, Плутон может оказаться даже меньше Луны. Если в состав льдов входят летучие компоненты, то плотность Плутона будет всего 2 г/см³.

«Sky and Telescope», 53, 3, 1977.

«глубь» черной дыры. Образно говоря, вещество расширяется в «новом пространстве». Мы не случайно подчеркнули, что в сильном поле тяготения пространство и время сильно искривлены и могут иметь очень сложную топологическую структуру.

Происходит ли нечто подобное в случае коллапса реального тела (а не в крайне идеализированных ус-



В центре черной дыры вблизи сингулярности, где гравитационное поле сильно переменное, происходит бурное рождение частиц и античастиц из вакуума

ловиях)? — не известно. Большинство специалистов считает, что в реальной ситуации после образования черной дыры все вещество достигает сингулярности. В сверхсильном и быстро меняющемся гравитационном поле даже теории тяготения Эйнштейна уже недостаточно для описания того, что происходит. Вблизи самой сингулярности должны вступать в силу законы квантовой физики. Развивается бурный процесс рождения частиц из вакуума. Возможно, что пространство и время приобретают вблизи сингулярности квантовую природу. Исследование этих удивительных процессов только начинается.



Э. Н. БОРОВИШКИ
Герой Советского Союза
летчик-космонавт СССР
Г. М. ГРЕЧКО

Иван Антонович Ефремов

В этом году исполнилось 70 лет со дня рождения замечательного писателя-фантаста и ученого-палеонтолога И. А. Ефремова. Его имя хорошо известно и в нашей стране, и за рубежом. Роман «Туманность Андромеды» стал эталоном советской научной фантастики. Жизнь его героев — неутомимых искателей, отважных моряков и горячих мечтателей в какой-то степени отражает биографию автора — моряка, геолога, путешественника, искателя «костей драконов», создателя новой отрасли палеонтологии — тафономии, стоящей на стыке биологии и исторической геологии. Тафономия объясняет закономерности сохранения остатков вымерших животных и растений и дает более полное представление о природе давно минувших эпох.

И. А. Ефремов родился в деревне Вырице, под Петербургом. На всю жизнь запомнил и полюбил Ефремову дивный лес, окружавший дом, где прошло его детство, лес с могучими, в три обхвата, соснами и елями, заглядывающими прямо в окна горниц. Кроме любви к природе мальчика отличала удивительная любознательность. Первой книгой, поразившей его воображение, был роман «Двадцать тысяч лье под водой», а несколько позже он заинтересовался и другим романом Жюль Верна — «Путешествие к центру Земли». Книгам он обязан и увлечением минералами. Спустя годы Ефремов станет геологом и палеонтологом.

Первые учебники по палеонтологии, с которыми познакомился пятнадцатилетний юноша, показали



ему скучными и непонятными. Но однажды ему попала в руки статья академика П. П. Сушкина о северодвинской пермской фауне. В ней воспроизводилась картина жизни бесконечно далекого прошлого Земли. Как писал впоследствии Ефре-

мов, «могучая мысль ученого восстанавливала большую реку, переставшую течь 170 миллионов лет

Иван Антонович Ефремов в своем рабочем кабинете

тому назад, оживляла целый мир странных животных, обитавших на ее берегах, раскрывала перед читателем необъятную перспективу времени и огромное количество нерешенных вопросов — интереснейших загадок науки».

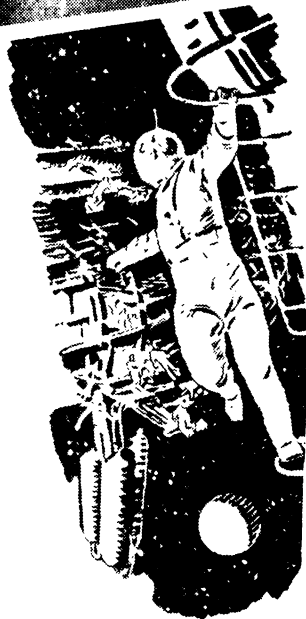
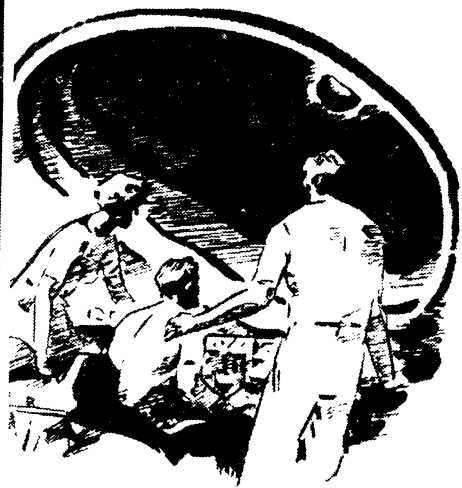
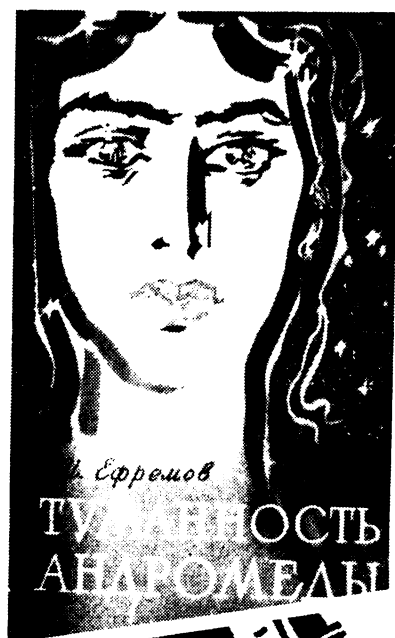
Петр Петрович Сушкин принял юного Ефремова, попросившего его об этом, и, оценив восприимчивость и живой ум молодого человека, решил помочь ему в изучении палеонтологии.

Пройдет время, и последователь замечательного русского ученого Ефремов за опубликованный в 1950 году труд «Тафономия и геологическая летопись» будет отмечен Государственной премией. Но еще раньше ему удалось блестяще применить положения тафономии на практике, открыв громадные «кладбища» динозавров и других ископаемых животных в необъятных просторах Гоби.

Как ученый-палеонтолог, автор многих специальных трудов стал крупнейшим писателем-фантастом?

Ефремову с давних пор хотелось передать в художественной форме свои богатые впечатления путешественника и исследователя. Но он был чрезвычайно занят и не мог, как признавался, «отойти от окружающего, посмотреть со стороны глазами художника, иметь время для неторопливого и тщательного раздумья».

В 1942 году тяжелые приступы тифоидной лихорадки, полученной им во время одной из экспедиций, приковали Ефремова к постели. Человек, всегда обладавший кипучей энергией, принялся сочинять расска-



зы. Конечно, писателем Ефремов стал не случайно: образы, будоражившие его воображение, давно искали выхода.

■
Иллюстрации к роману «Туманность Андромеды». Художник А. Побединский

Самобытный литературный талант ученого заметил Алексей Николаевич Толстой. Он пригласил Ефремова к себе и долго беседовал с автором «Рассказов о необыкновенном».

Ефремов ценил романтику приключений, но предпочитал ей романтику творческого поиска. Толстого поразила «правдоподобность необычайного», которая имела реальную основу в научном предвидении рассказчика. Характер пород и теоретические соображения позволили опытному геологу Ефремову предположить, что на севере Сибири есть месторождения алмазов. В рассказе «Алмазная труба» геолог Чурилин ищет и находит подтверждение этой догадки. Через два-три года группа геологов действительно обнаружила в Якутии, приблизительно там же, где совершили свое открытие герои Ефремова, месторождение алмазов...

В одном интервью журналистам Иван Антонович рассказывал: «Еще будучи совсем молодым ученым, я поставил вопрос о необходимости исследования дна океанов. Написал об этом в солидный научный жур-

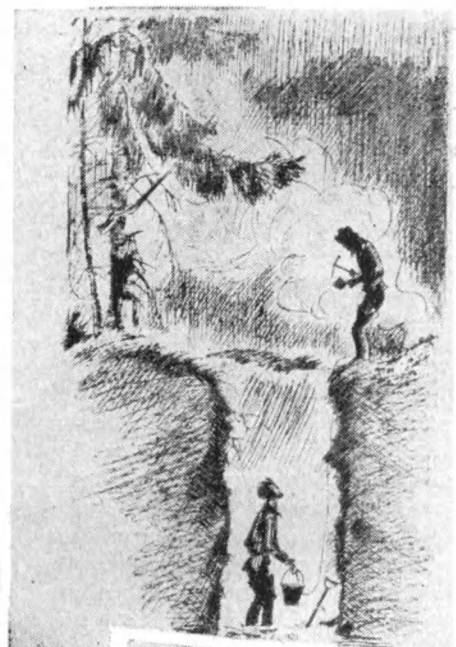
нал. И через некоторое время получил ответ, подписанный известным специалистом по морской геологии Отто Пратье. Он писал, что статья господина Ефремова абсолютно фантастична. Никаких минералов со дна добыть нельзя. Дно океана не имеет рельефа. Оно совершенно плоское и покрыто толстым слоем осадков. Так меня, мальчишку, он уничтожил. Статья не была опубликована. А теперь мы знаем, что на дне есть и хребты, и ущелья, и открытые выходы пород...».

Член-корреспондент АН СССР Ю. Н. Денисюк, известный специалист по голографии, сказал как-то, что на поиски его натолкнул рассказ Ефремова «Тень минувшего», опубликованный в 1944 году. В нем, кстати, говорилось, что трудности заключаются в отсутствии сильного источника света. Такой источник появился с изобретением лазеров.

Вдохновленный встречей с выдающимся писателем, Ефремов продолжил серию «Рассказов о необыкновенном». К началу 50-х годов его рассказы были переведены на многие языки народов СССР и зарубежных стран. Но наибольшую славу Ефремову принесли романы и повести.

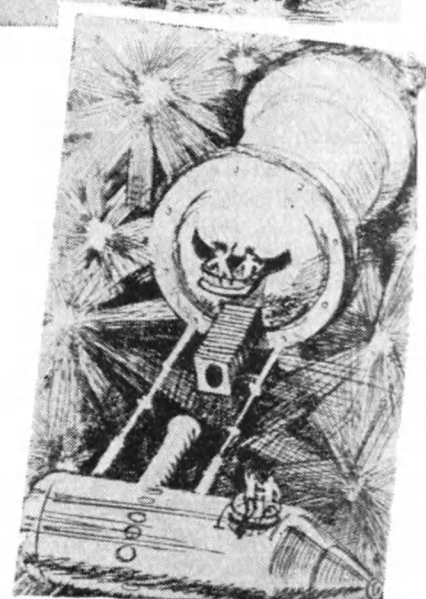
В середине 50-х годов появилась «Туманность Андромеды» (1957 г.). Люди жадно интересовались проблемами будущего. Роману Ефремова суждено было обойти весь земной шар, выдержать сотни изданий.

Неизлечимый недуг заставил Ефремова рассчитывать время буквально по минутам. Каждая книга, над которой работал Иван Антоно-



вич, казалась ему последней. Сильная воля писателя дала возможность за несколько лет написать романы «Лезвие бритвы» (1962 г.) и «Таис Афинская» (1972 г.). Создавая фантастические сюжеты, Иван Антонович всегда оставался реалистом, поэтому герои его книг — и в романах о будущем общества и в исторических произведениях — близки читателям.

Еще задолго до начала космической эры, в 1944 году, Ефремов написал повесть «Звездные корабли». Рассказывая об инопланетянах, по-



■ *Иллюстрации к книге «Сердце Змеи». Художник А. Иткин*



сетивших Землю, писатель доказывал, что они неминуемо должны быть человекоподобными: «Формы человека, его облик как мыслящего животного не случаен, он наиболее соответствует организму, обладающему огромным мыслящим мозгом. Между враждебными силами Космоса есть лишь узкие коридоры, которые использует жизнь, и эти коридоры строго определяют ее облик. Поэтому всякое другое мыслящее существо должно обладать многими чертами строения, сходными с человеческими, особенно в черепе».

Ефремовская концепция человекоподобия инопланетян не сводится к примитивному тождеству с человеком. В общих рамках морфология разумного существа может довольно широко варьироваться. «Только низшие формы жизни очень разнообразны,— поясняет Ефремов.— Чем выше, тем они более похожи друг на друга».

Ефремов мог бы по примеру многих писателей придать разумным существам других планет самый не-





вероятный облик. Но он этого нигде не делает — ни в «Звездных кораблях», ни в «Сердце Змеи».

В повести писателей-фантастов Г. С. Альтова и В. Н. Журавлевой «Баллада о звездах» ставится под сомнение возможность найти точки соприкосновения с иным разумом. Герой «Баллады» был рядом с инопланетным существом, они разговаривали — и не понимали друг друга. Ефремов думает совершенно по-другому. В «Сердце Змеи» он писал: «Не может быть никаких «иных», совсем непохожих мышлений», потому что «мышление следует законам мироздания, которые едины повсюду».

Встреча в глубинах Космоса экипажей двух звездолетов, показанная в романе «Туманность Андромеды», выявляет не только физиологическое сходство землян и «голубых людей», но и близость уровней социального и научно-технического прогресса обитателей двух планет. Цивилизация, достигшая высокого технического уровня, не может не стоять на высшей ступени нравственного, а следовательно, и социального развития.

В «Сердце Змеи» образ мышления героев находится в соответствии с временем действия, то есть отражает высочайший уровень общественной структуры и знаний эпохи расцвета мирового коммунизма. В романе «Туманность Андромеды» Ефремов наметил далекие перспективы космонавтики, кибернетики, биохимии, медицины, убедительно показал победу Разума над силами мироздания, впервые попытался нарисовать картину высокоразвитого

коммунистического общества, объединившего все человечество.

Общность разумных существ не может остаться общностью, не расширяясь на все разумные миры. Более развитая цивилизация не может не заботиться о менее развитой хотя бы потому, что последняя представляет ее резерв. Ефремов продумывает и излагает грандиозную идею, воспринимаемую как научную гипотезу — Великое Кольцо Миров. Он далек от того, чтобы наделять обитателей других планет моралью своего общества, как это делают западные фантасты. Для него мораль Великого Кольца — целесообразность, к которой неизбежно приходит любая цивилизация.

Герои «Сердца Змеи» надеются, что встреча в Космосе будет дружественной, так как убеждены, что на высшей ступени разум гуманен. Буржуазные фантасты переносят в Космос техасские нравы потому, что считают капитализм и все связанное с ним вечным.

Когда Ефремова спросили, на чем основан оптимизм его произведений, он ответил: «Мой оптимизм основан прежде всего на глубочайшей вере, что никакое другое общество, кроме коммунистического, не может объединить всю планету и сбалансировать человеческие отношения. Поэтому для меня стоит вопрос так: либо будет всепланетное коммунистическое общество, либо вообще не будет никакого, а будет пыль и песок на мертвой планете. Это первое.

А второе заключается в том, что человек по своей природе не плох, как считают иные зарубежные фан-

тасты, а хорош. За свою историю он уже преодолел в себе многие недостатки, научился подавлять эгоистические инстинкты и выработал в себе чувство взаимопомощи, коллективного труда и еще — великое чувство любви.

Вот это и дает право считать, что хорошего в человеке много, и при соответствующем социальном воспитании он очень легко приобретает ту дисциплину и ту преданность общему делу, ту заботу о товарище, о другом человеке, которые необходимы для устройства коммунистического общества...».

Прогнозирование, к которому прибегает Ефремов в своих романах о грядущем, всегда оптимистично. Его оптимизм зиждется на твердой убежденности ученого-мыслителя в безграничной возможности человеческого разума, в торжестве заложенного в человеке природой доброго начала, на глубоком знании закономерностей общественного развития.

Герои Ефремова, картины коммунистического будущего, его мысли и идеи живут в его книгах и воспитывают читателей убежденными и активными творцами коммунистического общества.

Произведения Ефремова оказывали огромное воздействие на тех, кто посвятил себя покорению Космоса. Об этом свидетельствуют многочисленные высказывания ученых и космонавтов. Нам хотелось бы в заключении своей статьи привести в качестве примера два таких высказывания.



Дорогой Иван Антонович!

С волнением, как зачарованный, вновь прочитал Вашу «Туманность Андромеды»

Впервые я прочел ее в журнале «Техника—молодежи» в 1957 году и очень рад, что это чудесное произведение выпущено отдельным изданием.

Показать картину будущей жизни человечества так разносторонне, с таким научным предвидением, так увлекательно, как это сделали Вы, подстать только выдающемуся писателю научно-фантастического жанра.

Будущее многих представителей молодого поколения определялось талантливыми

■
Академик В. П. Глушко и первый космонавт планеты Ю. А. Гагарин

сочинениями Жюль Верна, производящими неизгладимое впечатление на юные души. Ваше сочинение—это прекрасный подарок юношеству. Пусть наша молодежь читает Вашу книгу, приоткрывающую завесу над заманчивым, зовущим будущим.

Большое впечатление производит подлинная научность Вашей фантастики, свидетельствующая о большой эрудиции автора. Поэтому «Туманность Андромеды» является подарком не только юношеству, но и искушенным читателям зрелого возраста.

Большое Вам спасибо за Ваш вдохновенный труд, исполненный веры в человека, в его яркое будущее и любви к прекрасному.

Позвольте пожелать Вам долгих лет здоровья, счастливой жизни и дальнейших творческих успехов.

Ваш академик ГЛУШКО

28 февраля 1959 г.

«...Появилась новая книга—«Туманность Андромеды» Ивана Ефремова, пронизанная историческим оптимизмом, верой в прогресс, в светлое коммунистическое будущее человечества. У себя в комнате мы читали ее по очереди. Книга нам понравилась. Она была значительней научно-фантастических повестей и романов, прочитанных в детстве. Нам полюбили красочные картины будущего, нарисованные в романе, нравились описания межзвездных путешествий, мы были согласны с писателем, что технический прогресс, достигнутый людьми спустя несколько тысяч лет, был бы невозможен без полной победы коммунизма на Земле.»

Юрий ГАГАРИН

(«Правда», 26 мая 1961 г.)



ВЕЧЕР В ДОМЕ ЛИТЕРАТОРОВ



Вечер, посвященный 70-летию со дня рождения Ивана Антоновича Ефремова, состоялся 19 апреля 1977 года. В числе его организаторов Московская организация Союза писателей РСФСР и Московское городское общество любителей книги. Здесь можно было ознакомиться с книгами И. А. Ефремова, изданными в

разных странах, иллюстрациями к ним, фотографиями, рассказывающими о творчестве писателя, с картинками, написанными по мотивам его произведений. На стендах представлены научные труды, газеты и журналы с его статьями, некоторые интересные документы. Один из таких документов читали с особым ин-

тересом и волнением, ибо он имеет прямое отношение к величайшей стройке сегодняшнего дня — Байкало-Амурской магистрали: «Удостоверение выдано Начальнику отряда геологу Ефремову, что он командирован по изысканиям от реки Олекма до реки Тында. Предлагается всем советским организациям ока-



Клуб любителей фантастики имени И. А. Ефремова. Хотелось бы привести выдержки из некоторых выступлений.

Главный редактор журнала «Техника — молодежи» В. Д. Захарченко: И. А. Ефремов дает оптимистическое жизнеутверждающее начало человека завтрашнего дня. Он беспредельно верит в человека. Разум, по Ефремову, есть порождение труда, поэтому инопланетяне в его произведениях похожи на людей.

Летчик-космонавт СССР Ю. Н. Глазков: Я считаю, что фантастика, космонавт, космос — это единое целое. А мир будет в конце концов таким, как в «Туманности Андромеды».

Писатель Г. И. Гуревич: Фантасты пишут о мечтах и надеждах современников, о их чаяниях. И. А. Ефремов был необыкновенно чуток к этим чаяниям, и даже не современным, а будущим. Вот пример: до 1957 года он пишет «Туманность Андромеды», а когда писатели «набросились» на космос — он пишет «Лезвие бритвы» — слова о будущем.

Писатель А. Н. Стругацкий: «Туманность Андромеды» играет огромную роль в развитии мировой литературы, показывая социальные последствия безграничного развития техники.

Писатель Д. А. Биленкин: Я считал в «Лезвии бритвы» несколько тем десятков тем диссертационных работ.

Академик В. В. Меннер: До меня все говорили о писателе Ефремове. А я все думаю, не потеряла ли наука больше, чем приобрела литература. Если бы Иван Антонович не ушел в литературу, сколько он мог бы дать науке!

Вечер закончился показом документального фильма о палеонтологической экспедиции в Гоби, возглавляемой И. А. Ефремовым в 1946—1949 годах.

Е. И. БАЛАНОВ
Фото А. А. Задякина



■
Выступает Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Ю. Н. Глазков

■
Беседа в кулуарах. Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. М. Гречко и писатель-фантаст А. Н. Стругацкий

зывать полное содействие в выполнении возложенного на Начальника партии исключительно важного задания. 14 июня 1932 года».

На вечере выступали писатели-фантасты, ученые, Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Ю. Н. Глазков. Присутствовали: член Комиссии по литературному наследию И. А. Ефремова — Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Г. М. Гречко, представители молодежи города Софии, основавшие

Космос на экране

До начала космической эры редко появлялись фильмы о полетах в космос («Путешествие на Луну», 1902 г.; «Космический рейс», 1936 г.). Все, что еще вчера было далекой мечтой и казалось дерзновенной фантазией, стало реальностью. Художественный кинематограф не успевал за темпами века, за стремительным развитием науки и техники. Задачу огромной важности и ответственности — оперативно знакомить миллионы зрителей с успехами космонавтики, с космонавтами, учеными — взяло на себя научно-популярное и документальное кино.

В 1957 году к 100-летию со дня рождения К. Э. Циолковского Ленинградская студия кинохроники (режиссер Э. Аршанский) выпустила короткометражный документальный фильм «Человек, опередивший время». Большим успехом у зрителей пользовалась картина «Дорога к звездам» (Леннаучфильм, 1957 г.; сценарий Б. Ляпунова и В. Соловьева; режиссер П. Клушанцев), представившая на экране историю проникновения человека в космос.

Через год, в 1958 году, киностудия имени А. М. Горького выпустила художественный фильм «Человек с планеты Земля» (сценарий В. Ежова и В. Соловьева; режиссер В. Букеев), в котором был создан впечатляющий образ Циолковского.

Знаменательное совпадение произошло и в 1961 году, когда на экраны вышел созданный Ленинградской студией кинохроники научно-документальный фильм «Великое предвидение», рассказавший о К. Э. Циолковском (сценарий Н. Саламанова; режиссер М. Авербах).

Фильм появился в те дни, когда человечество жило легендарным полетом первого космонавта Земли Юрия Гагарина.

Вскоре после исторического полета Юрия Гагарина на экраны мира вышел полнометражный цветной документальный фильм «Первый рейс к звездам» (1961 г.; сценарий Г. Кублицкого и Е. Рябчикова; режиссеры Д. Боголепов, И. Копалин, Г. Косенко). Картина создавалась совместными усилиями Моснаучфильма и Центральной студии документальных фильмов. Съёмки вели в разных точках земного шара 28 операторов. Этим фильмом открылся в 1961 году Московский международный кинофестиваль во Дворце спорта в Лужниках.

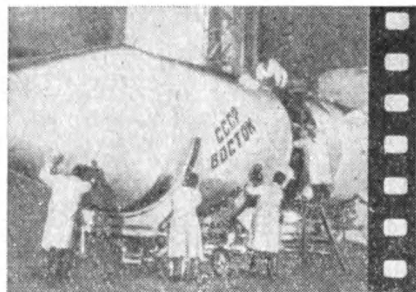
Второй космонавт планеты Герман Титов стал первым в мире космическим оператором. В полнометражном цветном научно-популярном фильме «Снова к звездам» (Моснаучфильм, 1962 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссеры Д. Боголепов, Г. Косенко), посвященном жизненному пути Германа Титова и его точному полету, были широко использованы съёмки самого космонавта.

Необходимо отметить большую роль академика С. П. Королева в создании космического научного кино. По его инициативе в программу подготовки космонавтов было включено изучение и освоение фото-, кино-, телевизионной техники. В кинокартине «Дневник космонавта» (Центрнаучфильм, 1965 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Шумов) была показана фотокинолаборатория в Звездном городке, в кото-

рой учатся искусству съёмки и монтажа фильмов все космонавты. С годами росло и крепло мастерство кинооператоров-космонавтов и все шире использовались их съёмки в научно-популярных и документальных фильмах.

Короткометражные и полнометражные цветные фильмы о полетах советских космонавтов позволили зрителям ощутить бурное развитие космонавтики. Без промедления вышел на экраны фильм «Звездные братья» (Центрнаучфильм, 1962 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Д. Боголепов), повествующий о первом в мире групповом полете Андрияна Николаева и Павла Поповича на кораблях «Восток-3» и «Восток-4». Огромный интерес во всем мире вызвал полет Валерия Быковского и Валентины Терешковой на кораблях «Восток-5» и «Восток-6». Полнометражная картина «Звездный путь» (Центрнаучфильм, 1963 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Д. Боголепов) познакомила зрителей с жизнью и подвигом первой в мире женщины-космонавта и ее «небесного брата» Валерия Быковского.

Полнометражный фильм «В космосе — «Восход» (Центрнаучфильм, 1964 г.; сценарий Г. Остроумова; режиссер Д. Антонов) представил зрителям первый космический экипаж нового корабля «Восход». Не один, а трое космонавтов отправились в полет: командир — Владимир Комаров, ученый — Константин Феоктистов, врач — Борис Егоров. Их успешный рейс позволил продолжить эксперименты на многоместном корабле «Восход». Полнометражный фильм «Человек вышел в космос» (Центр-



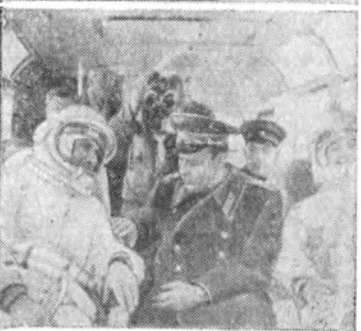
■
Кадры из фильма «Первый рейс к звездам»

научфильм, 1965 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Г. Косенко) познакомил с осуществлением программы выхода человека в открытый космос. Алексей Леонов доказал, что человек может жить и работать в открытом космосе.

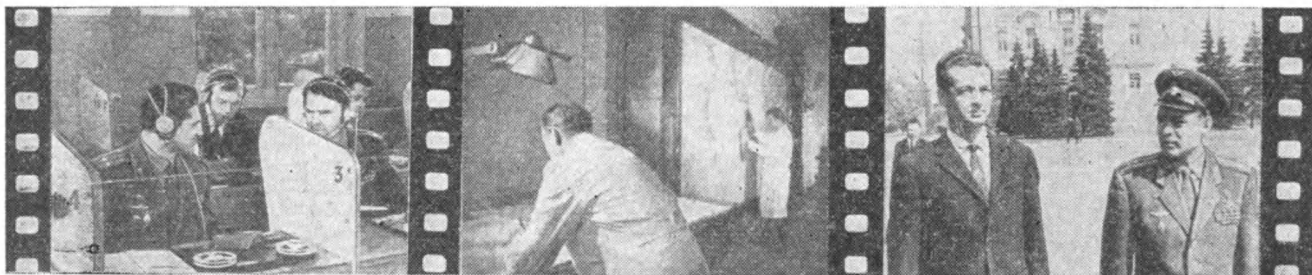
Музейными экспонатами сегодня стали корабли «Восток» и «Восход». Им на смену пришел корабль многоцелевого назначения «Союз». Георгий Береговой успешно провел испытания нового корабля «Союз». Это отражено в фильме «Космический испытатель» (Центрнаучфильм, 1968 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров).

В январе 1969 года стартовали два корабля «Союз» — в полет отправились космонавты Владимир Шаталов, Борис Волинов, Алексей Елисеев и Евгений Хрунов. Фильм «Встреча на орбите» (Центрнаучфильм, 1969 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров) рассказывает, как в космосе встретились два корабля и образовали первую в мире экспериментальную космическую станцию. Космонавты Алексей Елисеев и Евгений Хрунов совершили переход из корабля в корабль через открытый космос. Зрители познакомились с устройством корабля «Союз», его особенностями и возможностями, с жизнью космонавтов на борту, с условиями их труда. В фильме «Семьро в звездном океане», а затем в полнометражной картине «Старт за стартом» (Центрнаучфильм, 1969 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров) показан групповой полет трех кораблей «Союз» с семьей космонавтами на борту.

Советской наукой определен маги-



■
Кадры из фильмов «Снова к звездам», «Звездные братья», «Звездный путь», «Человек вышел в космос»



стральный путь освоения космического пространства с помощью орбитальных станций со сменяемыми экипажами. Полнометражный фильм **«Полет в будущее»** (Центрнаучфильм, 1970 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров) посвящен 18-суточному полету Андрияна Николаева и Виталия Севастьянова на корабле «Союз-9». Съемки, выполненные самими космонавтами и автоматическими камерами, показали, насколько сложным и трудным был длительный полет, какие необходимо принимать меры для усиления борьбы с невесомостью.

Кинокамера привела зрителей и на космическую верфь, на стапелях которой поднялась первая в мире орбитальная станция «Салют». Зрителям представлялась возможность не только наблюдать станцию снаружи, но и детально ознакомиться с уникальным сооружением. Испытания станции, подготовка к полету космонавтов, старт и жизнь людей в «звездном доме» — Георгия Добровольского, Владислава Волкова, Виктора Пацаева — стали страницами киноповествования **«Крутые дороги космоса»** (Центрнаучфильм, 1971 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров). Исключительной важности полет станции «Салют» прошел успешно. Он многое дал науке, подтвердил правильность выбранного пути. После завершения программы полета космонавты, возвращаясь на Землю, погибли в результате раз-

герметизации кабины транспортного корабля «Союз». Правдиво рассказывая об этой трагедии, фильм убеждает в том, что человек покорит космос, одолеет его крутые дороги.

Верой в будущее проникнута повседневная упорная работа ученых и космонавтов. Фильм **«Космические будни»** (Центрнаучфильм, 1974 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров) впервые показывает на экране панорамы цехов космической промышленности, испытательных полигонов, залов конструкторских бюро, тренажеров Звездного городка, лабораторий Института космических исследований. Зрители убеждаются в том, что идет подготовка к новому наступлению на космос, что космические будни таят в себе грядущие старты. А космонавты полны решимости со все возрастающим упорством вести исследования и освоение космического пространства.

Особый интерес у зрителей вызвала полнометражная картина **«Рукопожатие в космосе»** («Союз» — «Аполлон») (Центрнаучфильм, 1975 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров). Это кинорассказ об успешном полете пилотируемых кораблей двух ведущих космических держав. Работа над фильмом продолжалась более трех лет. Все три года велись съемки в Звездном городке и в Хьюстоне, на космодромах и в лабораториях, в космических бюро и в местах, где отдыхали космонавты А. А. Леонов и В. Н. Кубасов, астронавты Т. Стаффорд, В. Бранд и Д. Слейтон.

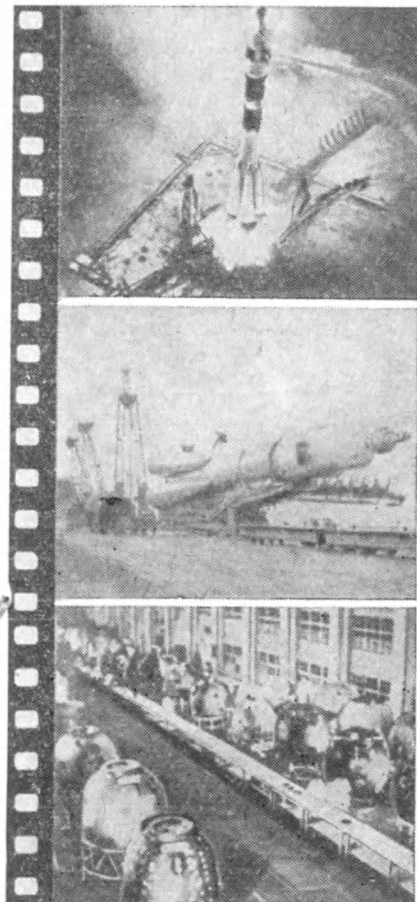
Во время полета и стыковки кораблей «Союз» — «Аполлон» в космо-

се находилась советская орбитальная станция «Салют-4». На борту станции работали космонавты Петр Климук и Виталий Севастьянов. Они радостно приветствовали стартовавших на космическом корабле «Союз-19» Алексея Леонова и Валерия Кубасова. Этот эпизод, показанный в фильме **«Рукопожатие в космосе»**, включен и в большой фильм **«Повесть о звездном доме»** (1977 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров), давший широкую панораму развития космонавтики от станции «Салют» до станции «Салют-5». Зрители получили возможность проследить за тем, как строились первая и последующие советские орбитальные станции.

Показывая жизнь и работу космонавтов на борту станций «Салют», фильм устанавливает бесчисленные нити, связывающие станцию с наземными лабораториями и институтами, полигонами и конструкторскими бюро.

Космос уже служит людям. Теме использования космических наблюдений в интересах народного хозяйства посвящен фильм **«Земля крупным планом»** (Центрнаучфильм, 1977 г.; сценарий В. Кузина; режиссер Д. Антонов). Своеобразный киноотчет знакомит с уникальным экспериментом, проведенным осенью 1976 года специалистами СССР и ГДР на космическом корабле «Союз-22». Аппаратура, разработанная учеными СССР и ГДР и изготовленная на народном предприятии «Карл Цейс Йена», позволила космонавтам Валерию Быковскому и Владимиру Аксенову выполнить уникальную съемку Земли. Исследование земных

■
Кадры из фильмов «Встреча на орбите», «Старт за стартом», «Полет в будущее»



ресурсов из космоса успешно ведется учеными социалистических стран, и новый фильм — яркое тому свидетельство.

Космическое кино во всех своих жанрах и формах все еще ждет своего историка и исследователя. Космос властно входит в науку и технику, покоряет искусство и литературу. Кино одним из первых начало разрабатывать космическую тему, запечатлело реальных героев космической эры, реальные события и те явления в науке и технике, которые определили рождение космической эры. Стремлением осмыслить историю проникновения человека в космос продиктовано создание фильмов «Звездная минута» (Киностудия имени А. М. Горького

■
Кадры из фильмов «Космические будни», «Страницы космических стартов», «Десять лет космической эры»

го, 1975 г.; сценарий коллектива авторов; режиссер Л. Кулиджанов) и «Страницы космических стартов» (Центральная студия документальных фильмов, 1970 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер И. Сеткина).

Пришло время публицистических обобщений, эпических полотен, выразительных портретов тех ученых, конструкторов и космонавтов, которые во многом определили успехи космонавтики. Двухсерийный документальный фильм «Главный конструктор», созданный творческим объединением Центрального телевидения «Экран» (1976 г.; авторы фильма М. Володарский и Я. Голованов), посвящен академику С. П. Королеву. Основоположник практической космонавтики — центральная фигура и в документальном фильме «Академик Сергей Павлович Королев» (Центрнаучфильм, 1977 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер М. Каростин). Образ выдающегося ученого и конструктора увлек создателей художественного фильма «Укрощение огня» (Мосфильм, 1972 г.; автор сценария и режиссер Д. Храбровицкий). Внимание к космической теме возросло настолько, что появились игровые фильмы для детей и юношества, например, «Москва — Кассиопея» и «Отроки во Вселенной» (киностудия имени А. М. Горького, 1974, 1975 гг.; сценарий А. Зака и И. Кузнецова; режиссер Р. Викторов).

Советская наука отводит особое место в исследовании космоса автоматическим летательным аппаратам. Им посвящена серия короткометражных и полнометражных фильмов, созданных в различное время на Центральной студии научно-популяр-

ных фильмов, Центральной студии документальных фильмов, Ленинградской студии научно-популярных фильмов и Ленинградской студии кинохроники. Эту серию открыл в 1957 году фильм «Первые спутники Земли» (Центральная студия документальных фильмов; сценарий А. Сазонова; режиссеры М. Славинская, Н. Чигорин). Фильм знакомит с историей возникновения и развития идеи создания ракет-носителей и искусственного спутника Земли. Через год вышел фильм «Автоматы в космосе» (Моснаучфильм, 1958 г.; сценарий Э. Двинского; режиссер К. Домбровский). Широкий обзор запусков беспилотных космических летательных аппаратов дал полнометражный фильм «10 лет космической эры» (Моснаучфильм, 1967 г.; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Н. Макаров).

Среди многих фильмов о полетах автоматических станций и спутников пресса отметила «Здравствуй, лунный камень» (Центрнаучфильм; сценарий Г. Остроумова; режиссер Е. Кузис), «К планете загадок» (Центрнаучфильм; сценарий Б. Коновалова, Н. Юрьева; режиссер Е. Кузис), «Космический мост» (Центрнаучфильм; сценарий Е. Рябчикова; режиссеры М. Рафиков и В. Суворов), «Луноход-1» (Центрнаучфильм; сценарий Е. Рябчикова; режиссер Е. Кузис). Фильмов об автоматах в космосе много и невозможно их все перечислить. Здесь и «Луна», «Лунный камень», «Луна-16», «Луна-20», «Рейс в море Дождей», и картины, запечатлевшие запуски исследовательских ракет по программе «Интеркосмос».

В короткометражных и полнометражных научно-популярных, документальных и игровых фильмах запечатлены важнейшие этапы первых двух десятилетий космической эры. Впереди — новые старты, новые дерзновенные полеты пилотируемых кораблей и автоматических станций и, конечно, появятся новые фильмы, которые сохранят для грядущих поколений волнующие страницы истории освоения космоса.

**Лауреат Ломоносовской премии
 Е. И. РЯБЧИКОВ**



Анастасия

Борисовна

Нумерова

ЧЕЛОВЕК

Ты человек.
Это много и мало.
В атомный век
Ты конец и начало.

Греческой этики
Вечная тема.
Для кибернетики
Ты лишь система.

В технике новой
Только машина.
В области слова
Тень исполина.

В области чувства
Всех совершенней.
Правда искусства —
Вечность мгновений.

Для биологии —
Цель и загадка.
Знают лишь боги
Индекс порядка.

Пусть будут души
Царством запрета,
Чтоб не нарушить
Таинство это.

В Космосе есть
И свой ритм и порядок,
А человек —
Алгоритм загадок.

Запрограммированная
Система
Лишь для поэта
Ты вечная тема.

1976

*
*
*

От Солнца свет идет минуты.
От звезд — десятки тысяч лет.
Но странной силою сомкнуты
Мы с тем, чего давно уж нет.
Как уживается в сознании
Мой мир и след чужих миров??
Средь смутных тонких очертаний
Каких-то сгустков и витков...

Что там? Такая же тревога??
Такая ж вечная борьба??
У нас ведь общая дорога
И, значит, общая судьба.
1962



Вселенная и жизнь и разум.
Всего и не охватишь сразу.
Живое вместе с неживым...
Но человек с судьбой не ладен,
Когда к природе беспощаден:
Где он прошел — огонь и дым.

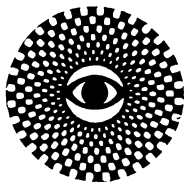
Вот так взрываются планеты,
Когда вторгаются ракеты...
Подходит очередь звезд.
И вот уже без передышки
В Галактике сплошные вспышки
И распыление среды.

Процесс идет необратимо,
Но возникает вновь незримо
Ядро как черная дыра.
Вся пыль уходит здесь на дело:
Накапливает массу тело
И ждет, когда придет пора
С другой Галактикой столкнуться
И на поверхности замкнуться,
В другую сферу перейти...
И, вынырнув опять, оттуда
Увидеть будущее чудо
И прошлые свои пути.

1976

Рождаются звезды, живут, умирают.
Рождаются люди и вечно страдают.
Рождается мысль и рождается слово.
И вдруг разрывается сердца основа.
Взрываются звезды, но суть остается:
Пульсирует сердце и не сдается.
И в этом вся радость,
И в этом мученье...
И вечно от сердца идет излученье.

1975



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ



ОБСЕРВАТОРИЯ В ГОРОДЕ НОВАЯ КАХОВКА

На крыше здания новокаховской Станции юных техников сооружена астрономическая обсерватория. Обсерватория имеет комнату для за-



Станция юных техников с астрономической обсерваторией в городе Новой Каховке (Херсонская область)

ятий и павильон, в котором установлен 20-сантиметровый рефрактор АВР-2. Первые визуальные наблюдения в обсерватории были проведены 17 февраля 1976 года, а 29 апреля и 13 мая 1976 года на инструменте получены первые фотографии солнечного и лунного затмений.

В. ХОРОШИЛОВА

ЛЮБИТЕЛЬ АСТРОНОМИИ НАБЛЮДАЕТ В ОБСЕРВАТОРИИ

Эти снимки Луны, планет и звездного неба получены в обсерватории Кировского государственного педагогического института. Но сделал их не профессиональный астроном, а любитель астрономии Сергей Шутов.

Сергей заинтересовался астрономией в 7 классе. Астрономические наблюдения он проводил вначале на самодельных телескопах, а затем на 80-миллиметровом школьном рефракторе. Чтобы получить хорошие снимки Солнца и планет, Сергей с помощью дополнительных линз и удлинительного кольца увеличил фокусное расстояние школьного телескопа в 4,5 раза. Фотографируя этим инструментом Солнце, Луну и планеты, он достиг неплохих результатов. Став опытным наблюдателем, десятиклассник С. Шутов в 1974 году добился разрешения наблюдать в обсерватории на 13-сантиметровом рефракторе (АВР-3). Публикуемые в журнале снимки он сделал этим инструментом. Съемка велась на пленку чувствительностью 130 ед. ГОСТа.



Рассеянные звездные скопления η и χ Персея (главное фокусное расстояние телескопа 1,95 м, экспозиция 20 минут)



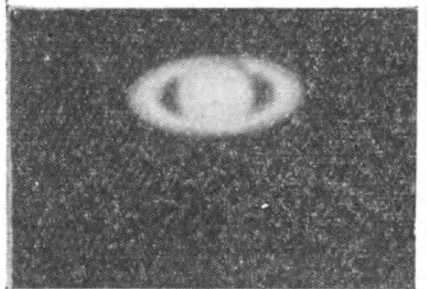
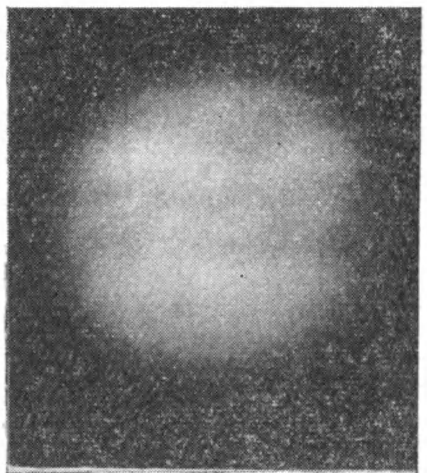
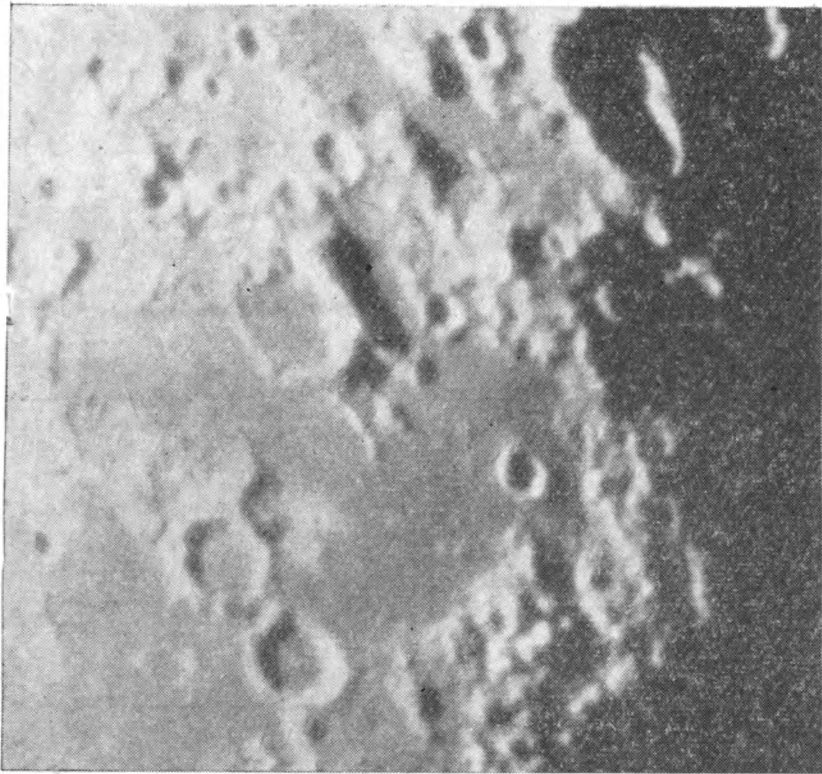
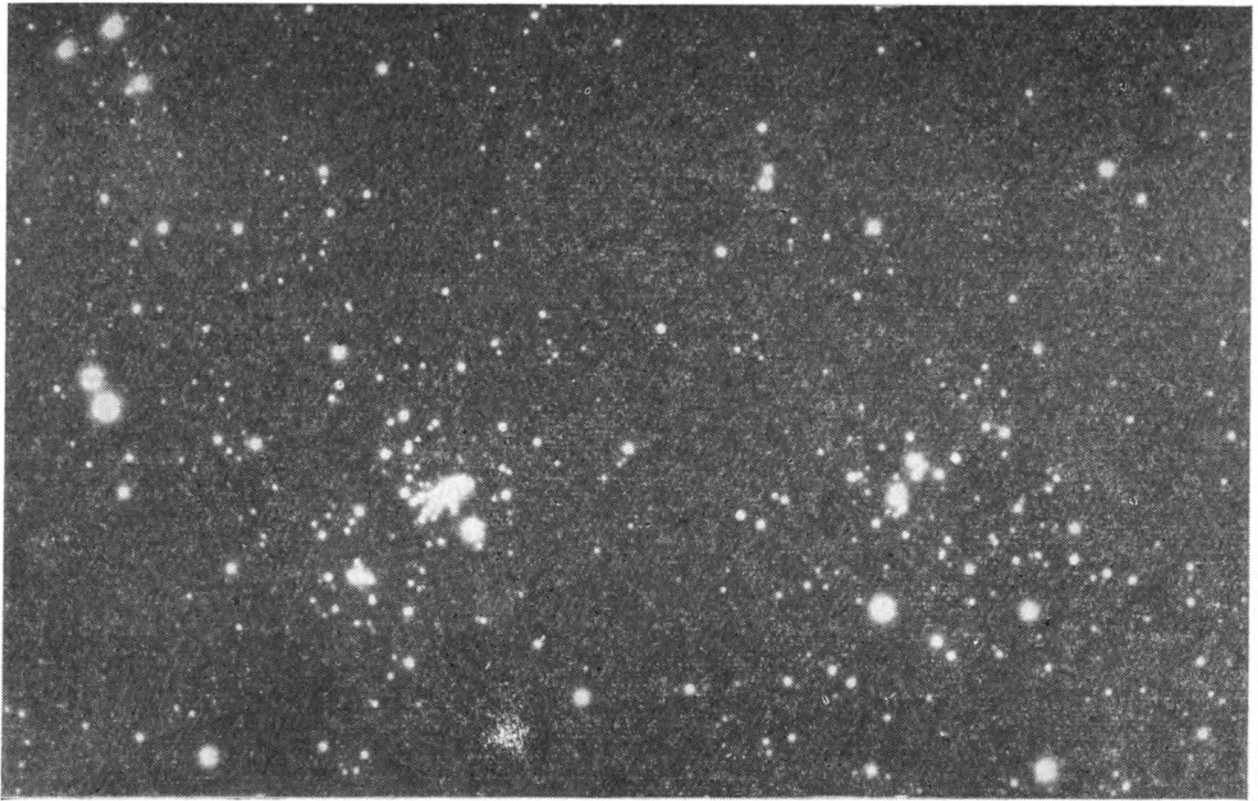
Луна. Болото Эпидемий (эквивалентное фокусное расстояние телескопа 7,5 м, экспозиция 0,4 секунды)



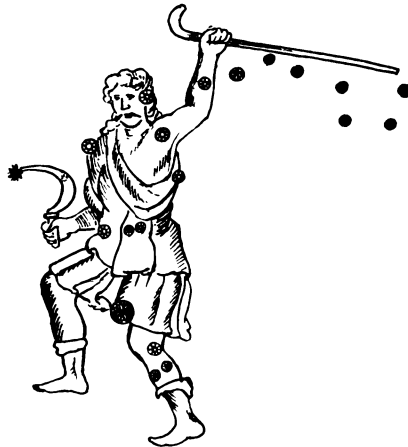
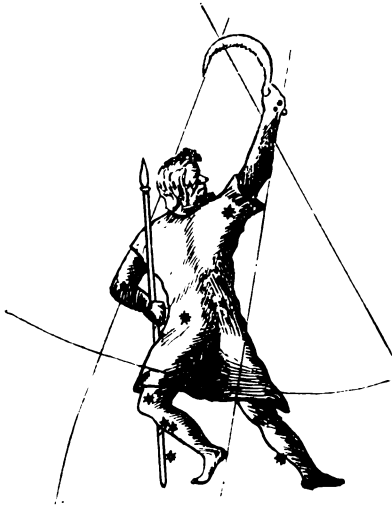
Юпитер (эквивалентное фокусное расстояние телескопа 50 м, экспозиция 40 секунд)



Сатурн (эквивалентное фокусное расстояние телескопа 7,5 м, экспозиция 1,2 секунды)



Волопас



Три тысячи лет назад Гомер, описывая морское путешествие легендарного Одиссея, упоминает созвездие Бота — Волопаса:

«...сон на его не спускался
Очи, и их не сводил он с Плеяд,
с нисходящего поздно
В море Бота, с Медведицы, в людях
еще Колесницы
Имя носящей...»

«Бот» в переводе с греческого означает громкий голос, крик. В звездном каталоге Бируни созвездие так и названо — Кричащий или Воющий. В древности охота и действия пастухов сопровождалась громкими воинственными или призывными звуками. Вот охотники и скотоводы и возвели на небо одного из своих героев. Позже, с развитием земледелия, Волопас получил еще и атрибуты пахаря. С именами каких легендарных охотников, пастухов и земледельцев древности связано название этого созвездия?

В одном из мифов утверждается, что Волопас не кто иной, как охотник Аркад — сын нимфы Каллисто и бога богов Зевса. Гера — ревнивая супруга Зевса, узнав о рождении Аркада, разгневалась и превратила Каллисто в медведицу. Ее хотел убить на охоте Аркад, не подозревавший, что перед ним — его мать.



Созвездие Волопаса из латинского манускрипта Гринбергера (1612 г.)



Созвездие Волопаса — пастух с герльгой. Рисунок заимствован из звездного атласа И. Байера (1603 г.)



Созвездие Волопаса из книги С. Любенецкого (1681 г.)

Но Зевс отвратил беду, вознес их на небо, поместив среди звезд Волопаса и Большую Медведицу.

По другой легенде, Волопас — это пастух Икарий. К нему, великодушному и доброму, явился однажды под видом бродяги и нищего бог виноделия Дионис. Тронутый гостеприимством Икария, Дионис подарил ему виноградную лозу и обучил виноделию. Икарий первым в Аттике посадил виноград и хотел открыть людям прелесть сладкой грозди и напитка, приготовленного из него. Он угостил вином своих товарищей — пастухов. Не ведавшие, что такое опьянение, пастухи подумали, будто Икарий отравил их, и убили его. Дочь Икария Эригона долго искала отца и, наконец, с помощью собаки Майры нашла его могилу под одинокой сосной. В отчаянии Эригона покончила с собой. Дионис взял Икария, Эригону и собаку Майру на небо. С той поры

сияют созвездия Волопаса, Девы и Большого Пса.

Известна легенда, согласно которой созвездие Волопаса названо в честь первого земледельца Триптолема. Богиня плодородия Деметра подарила ему зерна пшеницы, деревянный плуг и посвятила в искусство земледелия. Первое поле, засеянное Триптолемом, дало богатый

урожай. По велению Деметры Триптолем обучил людей земледелию, а затем на колеснице, запряженной крылатыми змеями, поднялся высоко в небо и засеял пшеницей всю землю. Да так и остался в небесах Пахарем — созвездием Волопаса.

На звездных картах Волопаса изображали как охотника и земледельца с копьем и серпом или как па-

স্থা и земледельца с пастушьей палкой — герлыгой, составленной из звезд Большой Медведицы, и серпом. На одной из карт нарисован старый крестьянин с дубиной в руках, пасущий быков Севера (serpent triones) — семь звезд Большой Медведицы.

И. И. НЕЯЧЕНКО



НЕПРЕРЫВНА ЛИ АСТЕНОСФЕРА?

Астеносфера — пластичный слой верхней мантии Земли мощностью 50—200 км, лежащий на глубине 100—200 км. Скорость распространения продольных и поперечных волн в этом слое понижена, и вещество находится частично в расплавленном или аморфном состоянии. До недавнего времени считалось, что астеносфера распространена повсеместно.

В последние годы появились новые данные, в основном сейсмиче-

ские и геоэлектрические, которые свидетельствуют об ее прерывистом характере. Сейсмические данные показывают, что верхняя мантия платформенных областей характеризуется в среднем относительно высокими значениями скоростей, астеносфера здесь либо небольшой мощности, либо вовсе отсутствует. Зато она хорошо выражена в тектонически активных районах. В этих же районах сейсмическими наблюдениями обнаружено и сравнительно сильное развитие мелкомасштабных горизонтальных неоднородностей астеносферы.

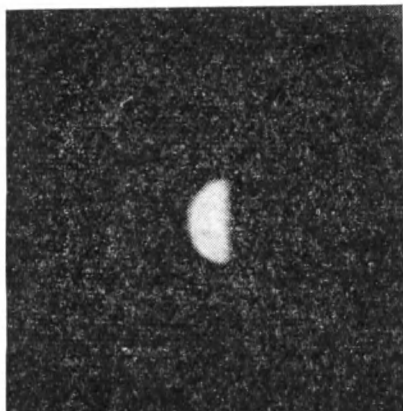
Данные об электрической проводимости слоев верхней мантии также указывают на прерывистый характер астеносферы. Так, наибольшая электропроводность отмечена в тектонически активных областях, а зоны относительно малой проводимости приурочены к устойчивым платформам.

Таким образом, сравнительно низкие средние скорости, мелкомасштабные неоднородности, повышенная электропроводность и пластичность — все эти качества присущи

астеносфере, хорошо развитой в тектонически активных районах. На платформах же и под древними океаническими плитами астеносферные слои отсутствуют или выражены слабо.

Этот новый результат, полученный сотрудниками Института океанологии АН СССР, Сибирского отделения АН СССР и Московского государственного университета, описывает физические свойства астеносферы и характер ее пространственного развития на территории нашей страны. Он имеет важное значение для геодинамики: предстоит объяснить механизм движений и развития крупных геологических структур в условиях, когда огромные участки литосферы оказываются как бы сросшимися с подстилающим непластичным слоем верхней мантии. Хорошая корреляция сейсмических и электрических параметров верхней мантии позволяет надеяться, что в ближайшее время удастся провести более детальное картирование астеносферных зон.

«Доклады АН СССР», 234, 4, 1977.



В начале 1977 года любители астрономии могли наблюдать планету Венера. Я разработал программу наблюдений Венеры, но, к сожалению, выполнить ее не удалось, поскольку погода в восточной Чехии в феврале и марте была не слишком хорошей. И все же я получил несколько фотографий планеты на 15-сантиметровом рефракторе, принадлежащем астрономической обсерватории в городе Улице. Венеру я фотографировал на пленку ОРВО НП-15 с выдержкой $1/25$ секунды.

М. КМЕНТ
(г. Трутнов, Чехословакия)



ПО ВЫСТАВКАМ
И МУЗЕЯМ

Новая экспозиция павильона «Космос»

«СССР — родина космонавтики» — так называется выставка, открывшаяся 12 апреля 1977 года на ВДНХ в павильоне «Космос», экспозиция которой подготовлена Академией наук СССР совместно с промышленными предприятиями. Она приурочена к 20-летию космической эры. Ее экспонаты напоминают посетителям о том, с чего начиналась космическая эра: первый в истории искусственный спутник Земли, который был выведен на орбиту 4 октября 1957 года, второй искусственный спутник Земли с собакой Лайкой и, наконец, третий — первая комплексная научная лаборатория.

На выставке представлено несколько спутников серии «Космос» (когда готовилась эта статья, их число превысило 900). Спутники серии «Космос» обогатили важнейшими сведениями астрономию, астрофизику, геодезию, метеорологию. Технические эксперименты, выполненные на спутниках серии «Космос», позволили усовершенствовать элементы конструкций и различных систем космических кораблей и межпланетных автоматических станций.

Макет земного шара, вокруг которого летают спутники, макеты метеорологического спутника и спутников связи «Молния-1» и «Молния-2» напоминают о том, что искусственные спутники Земли используются не только для сбора научной информации, но и для практических целей. В нашей стране успешно работает космическая метеорологическая система «Метеор». Космическая техника открыла новый этап и в развитии радиосвязи. Видное место

в экспозиции павильона отведено материалам, посвященным исследованию Луны и ближайших планет Солнечной системы. Посетители видят макеты автоматических станций, положивших начало освоению Луны и окололунного пространства, «Луна-2», «Луна-3», «Луна-9», «Луна-10».

На стендах — фотографии образцов лунного грунта, доставленного станциями «Луна-16, -20, -24». Одна из этих станций («Луна-16») экспонируется в павильоне. Внимание посетителей привлекает и возвышающийся на постаменте «Луноход-2».

В павильоне «Космос» много экспонатов, рассказывающих об исследовании Венеры и Марса. Особый интерес представляют телевизионные изображения поверхности Венеры, переданные на Землю автоматическими межпланетными станциями «Венера-9» и «Венера-10». Здесь же макеты автоматических станций «Венера-4» и «Марс-3», спускаемый аппарат которого совершил мягкую посадку на Марс.

В подкупольном зале павильона — бюст космонавта № 1 Ю. А. Гагарина.

Вслед за Гагариным полеты в космос на кораблях «Восток», «Восход» и «Союз» совершила плеяда советских космонавтов. Тема пилотируемых полетов занимает ведущее место в экспозиции павильона «Космос», которая постоянно пополняется новыми экспонатами. На выставке широко представлены скафандры, костюмы, куртки, носки и перчатки космонавтов. Не обойдена вниманием и пища космонавтов. Но наибольшее внимание, пожалуй, привлекают кабина космонавтов кораб-



ля «Союз», предназначенная для размещения экипажа при выведении корабля на орбиту, при маневрировании на орбите и спуске на Землю, а также орбитальный отсек корабля, который служит для научных наблюдений и исследований, отдыха космонавтов. Посетители имеют возможность увидеть спускаемый аппарат и катапультируемое кресло космического корабля «Восток».

Выдающиеся достижения советской космической техники в первые годы космической эры позволили приступить к созданию долговременных обитаемых орбитальных станций. По окончании полета космических кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев сказал: «Советская наука рассматривает создание орбитальных станций со сменяемыми экипажами как магистральный путь человека в космос...».

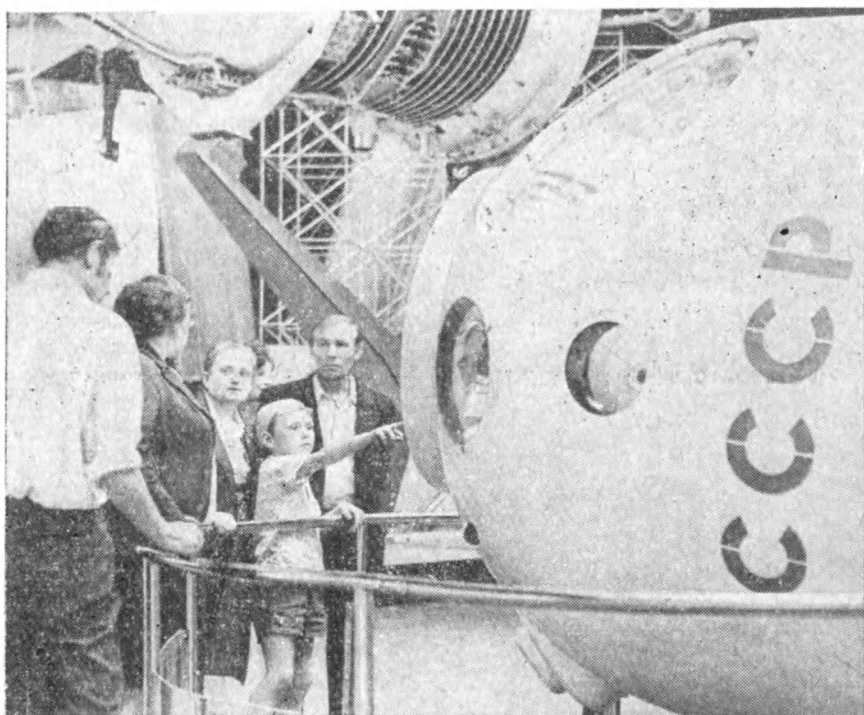
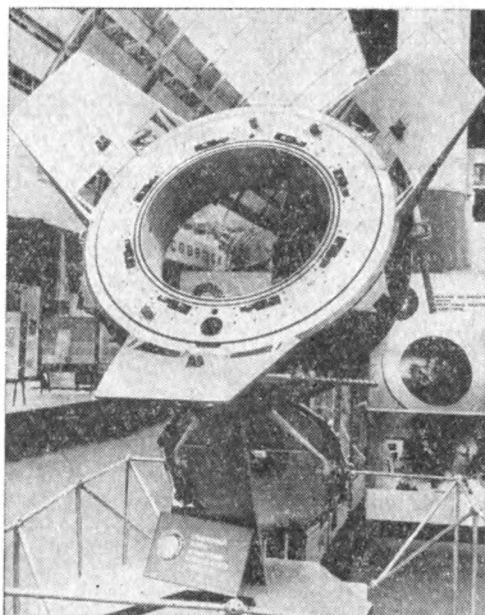
В павильоне «Космос» есть макет первой в мире экспериментальной орбитальной космической станции, которая была создана на орбите в результате стыковки космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5».

Качественно новый этап в освоении космоса — создание орбитальных научных станций «Салют». Это наглядно отражено в экспозиции, посвященной их полетам.

■
У входа на выставку, посвященную 20-летию космической эры

■
Возле бюста Ю. А. Гагарина всегда много живых цветов

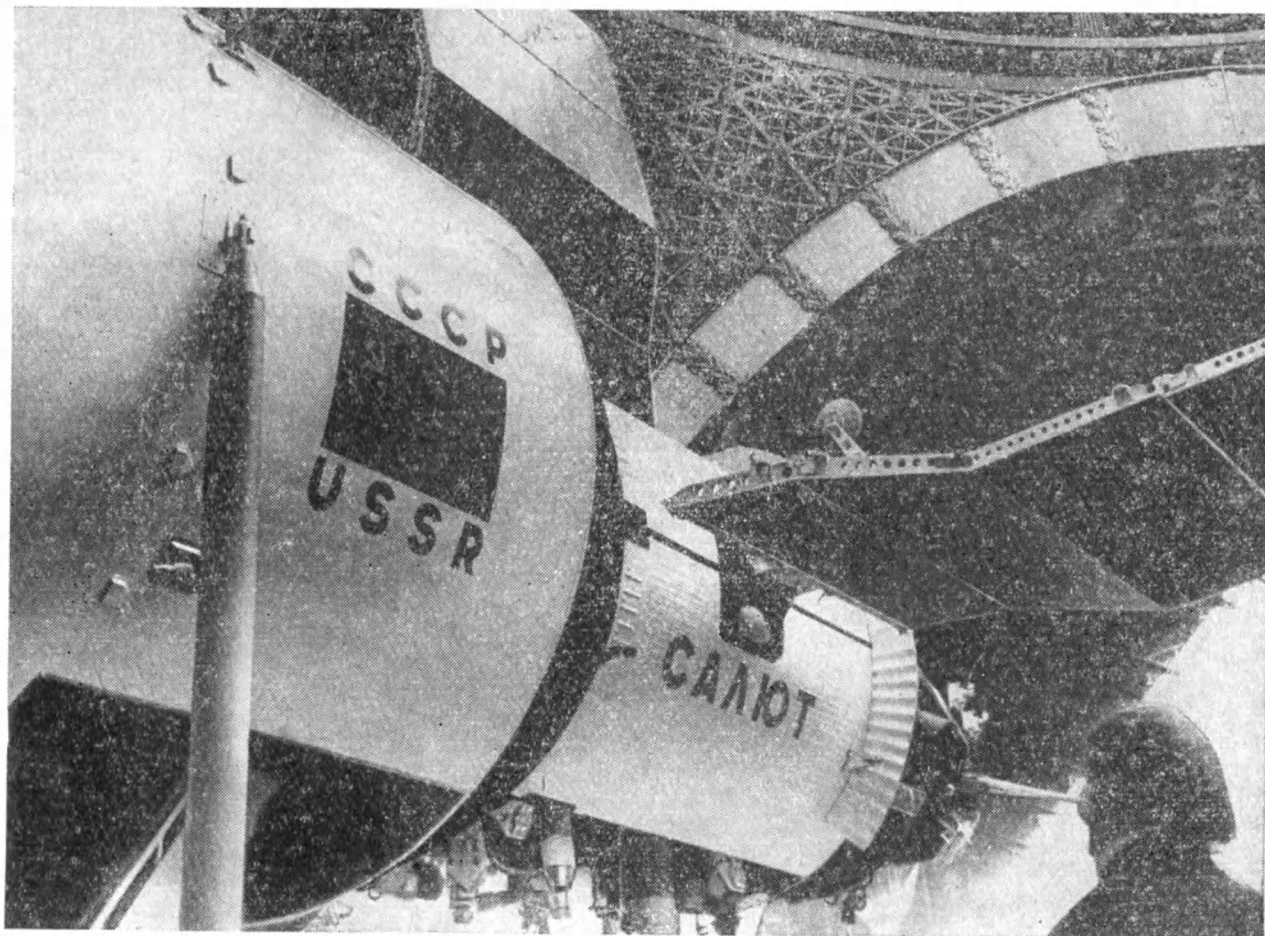




■
На выставке широко представлена космическая одежда

■
Стыковочный агрегат космических кораблей «Союз» и «Аполлон»

■
Многолюдно у спускаемого аппарата космического корабля «Союз»



О международных «космических контактах» напоминают модели спутника «Интеркосмос-1», головного блока геофизической ракеты «Вер-

тикаль», макет стыковочного узла кораблей «Союз» и «Аполлон», а также многочисленные фотоматериалы.

Юбилейная выставка, посвященная 20-летию космической эры, убедительно показывает нелегкий, но славный путь, пройденный советской космонавтикой от запусков первых

искусственных спутников Земли до сложнейших экспериментов в космическом пространстве.

**Директор Постоянной выставки работ
АН СССР на ВДНХ СССР
В. И. КУЗЬМИН**

Фото В. А. Милющенко

■
*Макет орбитальной научной станции
«Салют»*



КОСМИЧЕСКАЯ ТЕМАТИКА В ТВОРЧЕСТВЕ ХУДОЖНИКА

Михаил Михайлович Шемякин — профессиональный художник, член Московской организации Союза художников РСФСР, участник многих художественных выставок. Как любитель-астроном он успешно занимается изучением кратеров на Луне. Большое внимание М. М. Шемякин уделяет и любительскому телескопостроению. Он изготовил несколько телескопов с диаметром главного зеркала до 300 мм. М. М. Шемякин возглавляет отдел телескопостроения при Центральном совете Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

В ряде картин М. М. Шемякина отражено его увлечение астрономией. Часы, проведенные у телескопа, и фантазия художника помогли ему представить и изобразить лунный пейзаж, а также поверхность неизвестной планеты с сильно разреженной атмосферой. Кстати, картину «На Луне» М. М. Шемякин написал еще до того, как космические аппараты передали первые изображения нашего естественного спутника. На жанровой картине «Рассказ о далеких мирах» художник запечатлел один из моментов разнообразной деятельности ВАГО, активно занимающегося пропагандой астрономических знаний.

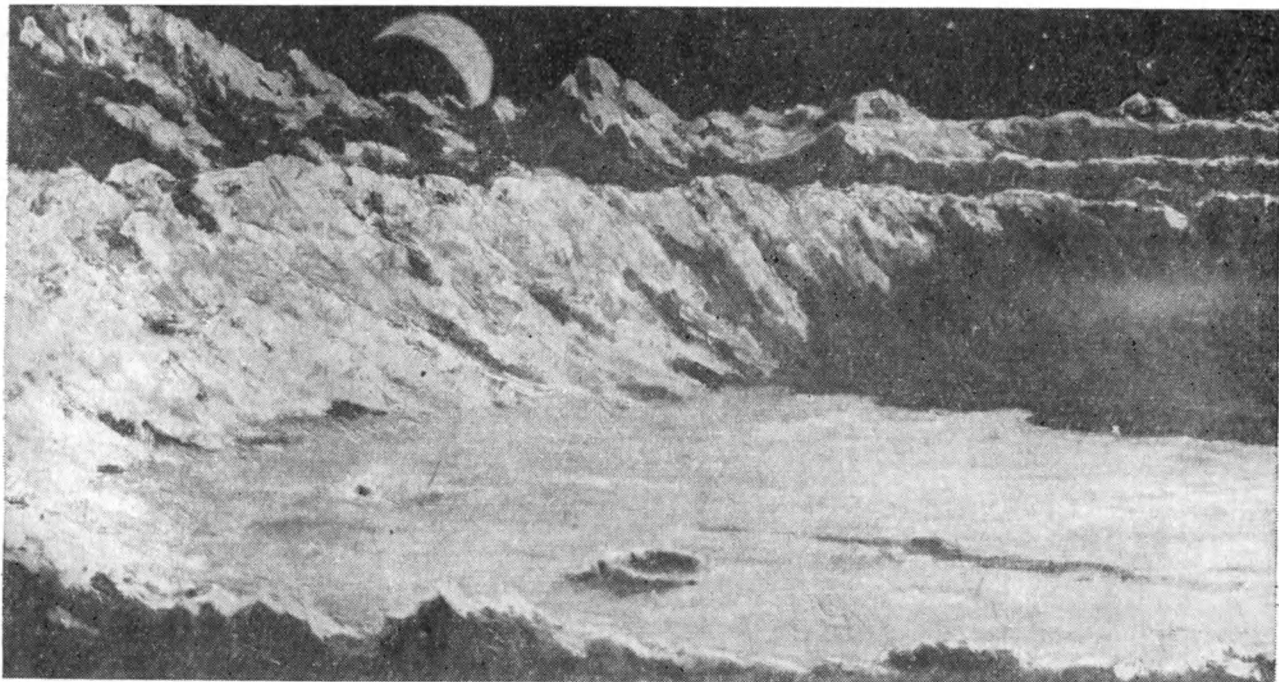
В. А. МИЛЮШЕНКО

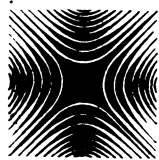
Фото автора

■
На Луне (1962 г.) ↗

■
Космический пейзаж (1969 г.) →

■
Рассказ о далеких мирах (1964 г.)





КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

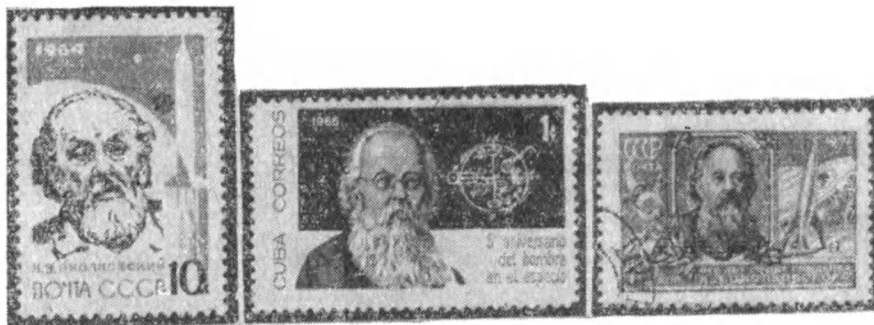
Посвящается Циолковскому

Многогранная научная деятельность К. Э. Циолковского широко отражена в мировой филателии. В честь нашего великого соотечественника в 15 странах издано около 80 марок и других филателистических материалов. Его имя зазвучало на многих языках мира, а посвященные ему почтовые выпуски составили самостоятельный раздел космической филателии.

В зависимости от сюжета, марки могут быть сведены в несколько подразделов: иконография Циолковского, ракетная техника и межпланетные сообщения, музеи космонавтики и мемориальные музеи, памятники Циолковскому. Мы остановимся только на одном из них.

Марки о ракетной технике и межпланетных сообщениях — прекрасная иллюстрация к главным работам К. Э. Циолковского в области космонавтики.

Наиболее ранняя работа Циолковского, отмеченная в филателии, относится к 1883 году. О ней рассказывает кубинская марка из серии, посвященной 5-летию полета Ю. А. Гагарина. Правее портрета ученого показан чертеж многоместного реактивного пилотируемого космического корабля. Двигателем служит пушка, стреляющая сферическими ядрами, которые создают реактивную силу. Она, по мысли Циолковского, обеспечивает движение корабля в безвоздушном пространстве. В корабле смонтирована система гироскопов, служащих для его пространственной ориентации и сохранения устойчивости. Кубинская марка уникальна. Она — единственная почтовая миниатюра из 5000 кос-





мических марок, выпущенных в 100 странах, на которой показан первый пилотируемый космический корабль, предложенный Циолковским почти век тому назад. Любопытна историография оригинала, фотокопия которого воспроизведена на марке.

К. Э. Циолковский вел своеобразный научный дневник, рукопись которого известна под названием «Свободное пространство». Здесь он впервые сформулировал идею о том, что на космическом корабле возможен только реактивный двигатель. На странице дневника, датированной 9 апреля 1883 года, приведена принципиальная схема межпланетного корабля, показано его устройство и дано описание (отсутствует на марке). Выше рисунка, заимствованного из этой рукописи, есть текст: «Снаряд для путешествия в свободном пространстве... будет служить для передвижения человека и различных предметов в абсолютной пустоте без пути, то есть без подвижной опоры и по желаемому направлению».

В 1896 году Циолковский вновь возвращается к проблеме межпланетных сообщений, а в следующем году он вывел известную формулу движения ракеты.

На польской марке из большой серии «Исследование космоса» (1963 г.), приуроченной к 60-летию опубликования статьи Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (журнал «Научное обозрение», № 5, 1903), впервые представлена эта формула и дано ее математическое обоснование. Здесь же воспроизведена схема космической ракеты, которая, однако, не имеет отношения к дате

«1903», обозначенной на марке. Дело в том, что ракета разработана ученым в 1914 году и впервые показана в брошюре «Исследование мировых пространств реактивными приборами» — дополнение к I и II частям труда того же названия.

В 1973 году вновь встречаемся с формулой Циолковского на марке Никарагуа. Она входит в серию под интригующим названием: «10 математических формул, изменивших облик Земли». Формула напечатана на фоне сложного рисунка, связанного с историей космонавтики. На клеевой стороне по-испански написан сравнительно пространственный текст: «Константин Циолковский. 1857—1935. Уравнение, определяющее зависимость скорости движения ракеты от отношения массы горючего на ее борту к ее собственной массе — основополагающая часть космической технологии. Оно вытекает из трех важных законов сэра Исаака Ньютона и является их развитием. Без этого невозможно запускать космические аппараты на Луну и планеты или выводить их на орбиты вокруг Земли. Это также сделало практически возможным использование управляемых ракет в военных целях».

В 1915 году К. Э. Циолковский разработал проект космической ракеты-корабля с жидкостным реактивным двигателем. Это — одна из многих модификаций, предложенных ученым. Ее мы видим на марке, выпущенной в Венгрии (1962 г.). Ракета 1915 года изображена и на штемпеле специального почтового гашения («ФРГ, Эссен, 1, 7.9.1968»), применявшемся в ознаменование 70-летия

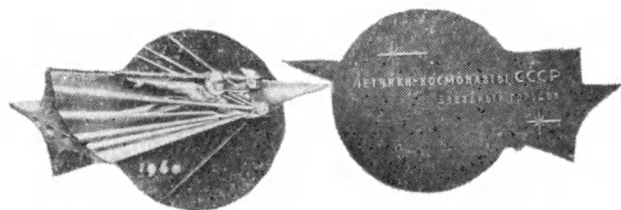
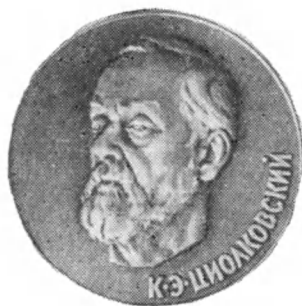
трудов Циолковского по аэродинамике «Давление воздуха на поверхности, введенные в искусственный воздушный поток», в журнале «Вестник опытной физики и элементарной математики» (1898 г.).

В большой серии «Исследование космоса» вышла венгерская марка (1969 г.) с изображением искусственного спутника Земли, предложенного Циолковским в 1903 году. Что же касается космического аппарата, то на венгерской марке он представлен как сложная космическая станция далекого будущего, какой она видится современным фантастам, и ничего общего не имеет с тем, что описано Циолковским.

В 1974 году в Экваториальной Гвинее был выпущен почтовый блок, посвященный сотрудничеству СССР и США в исследовании космического пространства. На нем — портреты К. Э. Циолковского и Р. Годдарда, американского ученого, одного из пионеров ракетной техники. Здесь же показан запуск космических кораблей «Союз» и «Аполлон». Сюжетная линия блока позволяет проследить связь времен и соединяет их как бы зримым мостом. Ведь идея исследования и освоения космоса совместными усилиями людей разных стран была высказана Циолковским более полувека назад. Прозорливыми оказались слова Циолковского: «Человечество приобретает всемирный океан, дарованный ему как бы нарочно для того, чтобы связать людей в одно целое, в одну семью...».

В. А. ОРЛОВ

**ПАМЯТНЫЕ МЕДАЛИ
В ЧЕСТЬ ПИОНЕРОВ
КОСМОСА**



■ Сувенирная медаль. Выпущена к открытию Мемориального дома-музея К. Э. Циолковского в Калуге. (Автор И. Комшилов)

■ К открытию Государственного музея истории космонавтики имени К. Э. Циолковского в Калуге был приурочен выпуск медали с портретом ученого. (Автор И. Комшилов)

■ Памятная медаль с портретом С. П. Королева. Выпущена к открытию Мемориального дома-музея академика С. П. Королева в Москве (Автор Б. Старис)

■ В честь первого полета в космос Академия наук СССР учредила медаль, которой были награждены участники запуска первого космического корабля «Восток». (Автор М. Шмаков)

■ Медалью, выпущенной в память первого космонавта Земли, командование Отряда советских космонавтов награждает почетных гостей Звездного городка. (Автор Б. Старис)

■ Центр подготовки советских космонавтов учредил медаль для награждения за выдающиеся достижения в области космических исследований. (Автор Б. Старис)

Подборка М. А. МИЛЬХИКЕРА



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

ПОЛЕТЫ СОВЕТСКИХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Редакция продолжает публикацию сводных данных о космических экспериментах («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 86—92; № 4, 1977,

с. 91—94.—Ред.). Таблицу запусков советских пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций подготовил старший научный со-

трудник Института космических исследований АН СССР **В. Д. Перов.**

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
1.	«Восток»	12.IV.1961 12.IV.1961	327	181	64,9	89,3	Ю. А. Гагарин	Первый в мире орбитальный космический полет человека. Впервые в реальных условиях изучалось воздействие факторов космического полета на организм человека, проверялась возможность работы в процессе полета, выполнялись наблюдения Земли из космоса.	Масса корабля 4725 кг
2.	«Восток-2»	6.VIII.1961 7.VIII.1961	244	183	64,9	88,5	Г. С. Титов	Исследование суточного цикла жизнедеятельности человека и возможности работы в условиях космического полета. Отработка усовершенствованных систем, опробование ручного управления кораблем, съемка Земли из космоса.	
3.	«Восток-3»	11.VIII.1962	235	181	65,0	88,3	А. Г. Николаев	Отработка методов и средств вывода кораблей на близкие орбиты и управления кораблями в совместном полете. Отработка кораблей «Восток» в условиях многосуточного космического полета, проверка возможности установле-	
	«Восток-4»	15.VIII.1962 12.VIII.1962 15.VIII.1962	237	180	64,9	88,4	П. Р. Попович		

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
								ния непосредственной радиосвязи между кораблями, выполнение медико-биологических и научно-технических экспериментов.	
4.	«Восток-5» «Восток-6»	14.VI.1963 19.VI.1963 16.VI.1963 19.VI.1963	222 231	175 181	65,0 64,9	88,3 88,3	В. Ф. Быковский В. В. Терешкова	Отработка процесса управления кораблями в совместном полете, контроль за работой бортовых систем, наблюдение земной поверхности, облачного покрова, Солнца, Луны и звезд, проведение медико-биологических экспериментов. Впервые в полете – женщина-космонавт	
5.	«Восход»	12.X.1964 13.X.1964	408	177	64,8	90,1	В. М. Комаров К. П. Феоктистов Б. Б. Егоров	Испытание первого в мире многоместного корабля, исследование влияния условий полета на организм человека, проведение научных и научно-технических экспериментов.	Масса корабля 5320 кг
6.	«Восход-2»	18.III.1965 19.III.1965	498	173	64,8	90,9	П. И. Беляев А. А. Леонов	Первый в истории космонавтики выход человека в открытое космическое пространство (А. А. Леонов). Космонавт пробыл в открытом космосе 20 минут, из них 10 минут – вне корабля.	Масса корабля 5682 кг
7.	«Союз-1»	23.IV.1967 24.IV.1967	224	201	51,7	88,6	В. М. Комаров	Испытание нового пилотируемого корабля, отработка элементов конструкции, агрегатов и систем, проведение научных и научно-технических экспериментов, медико - биологических исследований.	Масса корабля «Союз» около 7000 кг (В. М. Комаров совершал второй полет)
8.	«Союз-2» «Союз-3»	25.X.1968 28.X.1968 26.X.1968 30.X.1968	224 225	185 205	51,7 51,7	88,5 88,6	Беспилотный Г. Т. Береговой	Проводились испытания систем корабля, отработывались маневрирование и сближение на орбите космических аппаратов с применением различных методов	

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
								управления, осуществлялись астрономические, геофизические, медико-биологические эксперименты.	
9.	«Союз-4» «Союз-5»	14.I.1969 17.I.1969 15.I.1969 18.I.1969	225 230	173 200	51,7 51,7	88,2 88,7	В. А. Шаталов Б. В. Вольнов А. С. Елисеев Е. В. Хрунов	Осуществление первой в истории космонавтики стыковки на орбите пилотируемых аппаратов, создание первой экспериментальной орбитальной станции, первый переход из корабля в корабль через открытый космос (А. С. Елисеев, Е. В. Хрунов), выполнение комплекса научных, научно-технических и медико-биологических экспериментов.	
10.	«Союз-6» «Союз-7» «Союз-8»	11.X.1969 16.X.1969 12.X.1969 17.X.1969 13.X.1969 18.X.1969	223 226 223	186 207 205	51,7 51,7 51,7	88,4 88,6 88,6	Г. С. Шонин В. Н. Кубасов А. В. Филиппенко В. Н. Волков Г. В. Горбатко В. А. Шаталов А. С. Елисеев	Отработка методики и средств управления групповым полетом, методов распознавания типов земной поверхности по фотографическим и телевизионным изображениям, данным спектральных измерений. На корабле «Союз-6» была проверена возможность сварки металлов в космосе, резки металлов и обработки неметаллических материалов.	(В. А. Шаталов и А. С. Елисеев совершали второй полет)
11.	«Союз-9»	1.VI.1970 19.VI.1970	220	207	51,7	88,6	А. Г. Николаев В. И. Севастьянов	Изучалось влияние продолжительного полета на организм человека, проводились испытания техники и отработка методов управления кораблем, комплексное изучение атмосферы, фотографирование географических и геологических объектов земной поверхности.	Приведены параметры орбиты на третьем витке (А. Г. Николаев совершал второй полет)
12.	«Союз-10»	23.IV.1971 25.IV.1971	246	208	51,6	89,0	В. А. Шаталов А. С. Елисеев Н. Н. Рукавишников	Отработка усовершенствованных систем поиска, сближения, причаливания и стыковки космических аппаратов в совместном полете с орбитальной станцией «Салют», стыковка со стан-	Приведены параметры орбиты на шестом витке (В. А. Шаталов и А. С. Елисеев совершали третий полет)

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
								цей, проверка бортовых систем и динамических характеристик комплекса «Салют»-«Союз».	
13.	«Союз-11»	6.VI.1971 30.VI.1971	217	185	51,6	88,3	Г. Т. Добровольский В. Н. Волков В. И. Пацаев	Доставка экипажа на долговременную орбитальную станцию «Салют».	Приведены параметры орбиты после коррекции днем 6.VI.1971 г. (В. Н. Волков совершал второй полет)
14.	«Союз-12»	27.IX.1973 29.IX.1973	249	194	51,6	88,6	В. Г. Лазарев О. Г. Макаров	Испытание усовершенствованной конструкции и оборудования корабля, системы жизнеобеспечения, включающей комплект скафандров; отработка методики и аппаратуры для одновременной съемки поверхности Земли в нескольких зонах спектра электромагнитных излучений.	Приведены параметры орбиты на пятом витке
15.	«Союз-13»	18.XII.1973 26.XII.1973	272	225	51,6	89,2	П. И. Климух В. В. Лебедев	Астрофизические исследования, съемка поверхности в различных зонах спектра, медико-биологические эксперименты.	Приведены параметры орбиты после коррекции на пятом витке
16.	«Союз-14»	3.VII.1974 19.VII.1974	277	255	51,6	89,7	П. Р. Попович Ю. П. Артюхин	Доставка экипажа на долговременную орбитальную станцию «Салют-3»	Приведены параметры орбиты после коррекции утром 4.VII.1974 г.
17.	«Союз-15»	26.VIII.1974 28.VIII.1974	275	254	51,6	89,6	Г. В. Сарафанов Л. С. Демин	Отработка в совместном полете с орбитальной станцией «Салют-3» системы сближения космических аппаратов в различных режимах, техники пилотирования, методов и средств поиска и эвакуации корабля и космонавтов при посадке в ночных условиях.	Приведены параметры орбиты после коррекции утром 27.VIII.1974 г.

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
18.	«Союз-16»	2.XII.1974 8.XII.1974	223	177	51,8	88,4	А. В. Филипченко Н. Н. Рукавишников	Проверка модернизированных систем корабля, отработка оборудования и методики экспериментов к предстоящему советско-американскому полету по программе «Союз» – «Аполлон», наблюдение и фотографирование Земли из космоса, медико-биологические эксперименты.	Приведены параметры орбиты после коррекции на пятом витке (А. В. Филипченко и Н. Н. Рукавишников совершили второй полет)
19.	«Союз-17»	11.I.1975 9.II.1975	354	293.	51,6	90,7	А. А. Губарев Г. М. Гречко	Доставка первого экипажа на орбитальную станцию «Салют-4».	Приведены параметры орбиты после коррекции утром 11.I. 1975 г.
20.	«Союз-18»	24.V.1975 26.VII.1975	247	193	51,6	88,6	П. И. Климук В. И. Севастьянов	Доставка второго экипажа на орбитальную станцию «Салют-4».	Приведены параметры орбиты на третьем витке (П. И. Климук и В. И. Севастьянов совершили второй полет)
21.	«Союз-19»	15.VII.1975 21.VII.1975	221	186	51,8	88,5	А. А. Леонов В. Н. Кубасов	Экспериментальный советско - американский полет кораблей «Союз» и «Аполлон». Испытание системы сближения, стыковочных агрегатов нового типа, отработка техники перехода членов экипажа из корабля в корабль, выполнение совместных научных экспериментов.	Приведены параметры орбиты на четвертом витке (А. А. Леонов и В. Н. Кубасов совершили второй полет)
22.	«Союз-20»	17.XI.1975 16.II.1976	263	198	51,6	88,8	Беспилотный	Эксперименты по отработке узлов и агрегатов космических аппаратов в совместном полете с орбитальной станцией «Салют-4», биологические исследования. С 19.XI.1975 г. по 16.II.1976 г. аппараты совершали полет в состыкованном состоянии.	

Продолжение

№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
23.	«Союз-21»	6.VII.1976 24.VIII.1976	253	193	51,6	88,7	Б. В. Воынов В. М. Жолобов	Доставка первого экипажа на орбитальную станцию «Салют-5».	Приведены параметры орбиты на пятом витке (Б. В. Воынов совершал второй полет)
24.	«Союз-22»	15.IX.1976 23.IX.1976	280	250	65,0	89,6	В. Ф. Быковский В. В. Аксенов	Отработка принципов и методов многозонального фотографирования с целью изучения характеристик земной поверхности и контроля окружающей среды. На корабле установлена экспериментальная фотокамера МКФ-6, разработанная специалистами СССР и ГДР.	Приведены параметры орбиты после коррекции 15.IX.1976 г. (В. Ф. Быковский совершал второй полет)
25.	«Союз-23»	14.X.1976 16.X.1976	275	243	51,6	89,5	В. Д. Зудов В. И. Рождественский	Продолжение исследований и экспериментов с орбитальной станцией «Салют-5».	Приведены параметры орбиты после коррекции утром 15.X.1976 г.
26.	«Союз-24»	7.II.1977 25.II.1977	281	218	51,6	89,2	В. В. Горбатко Ю. Н. Глазков	Доставка второго экипажа на орбитальную станцию «Салют-5».	Приведены параметры орбиты после коррекции 8.II.1977 г. (В. В. Горбатко совершал второй полет)

Орбитальные станции

27.	«Салют»	19.IV.1971 11.X.1971	222	200	52,6	88,5	Г. Т. Добровольский В. Н. Волков В. И. Пацаев	Отработка конструкции и бортовых систем нового космического комплекса, проведение научных, технических и медико-биологических экспериментов в интересах народного хозяйства. Экипаж работал на станции с 7.VI.1971 г. по 29.VI.1971 г.	Масса станции 18 900 кг
28.	«Салют-2»	3.IV.1973 28.IV.1973	260	215	51,6	89,0	Беспилотный вариант	Отработка усовершенствованной конструкции и бортовых систем, проведение научно-технических экспериментов.	

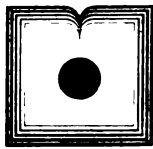
№ п/п	Наименование корабля, станции	Даты запуска и посадки (время московское)	Начальные параметры орбиты				Экипаж	Основные задачи полета	Примечание
			Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин			
29.	«Салют-3»	25.VI.1974 24.I.1975	270	219	51,6	89,1	П. Р. Попович Ю. П. Артюхин	Проведение научных, научно-технических и медико-биологических экспериментов, испытание и отработка усовершенствованной конструкции и систем долговременных орбитальных станций, изучение Земли и природной среды. Экипаж работал на станции с 5.VII.1974 г. по 19.VII.1974 г.	
30.	«Салют-4»	26.XII.1974 3.II.1977	270	219	51,6	89,1	1-й экипаж: А. А. Губарев Г. М. Гречко 2-й экипаж: П. И. Климух В. И. Севастьянов	Отработка конструкции, аппаратуры и систем космической техники, проведение медико-биологических экспериментов, астрономических наблюдений, исследование Земли из космоса. Первый экипаж работал на станции с 12.I.1975 г. по 9.II.1975 г., второй — с 26.V.1975 г. по 26.VII.1975 г.	
31.	«Салют-5»	22.VI.1976	260	219	51,6	89,0	1-й экипаж Б. В. Волинов В. М. Жолобов 2-й экипаж: В. В. Горбатко Ю. Н. Глазков	Проведение исследований в интересах народного хозяйства, изучение физических явлений в космосе, технологические и медико-биологические эксперименты, испытание бортовых систем и аппаратуры. Первый экипаж работал на станции с 7.VII.1976 г. по 24.VIII.1976 г., второй — с 8.II.1977 г. по 25.II.1977 г.	

**Не забудьте
вовремя оформить
подписку на журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»
на 1978 год.**

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в Центральную контору «Академкниги» по адресу:
Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10

Подписная цена на год — 3 руб.,
на полгода — 1 руб. 50 коп.
Цена одного номера — 50 коп.

Индекс 70336



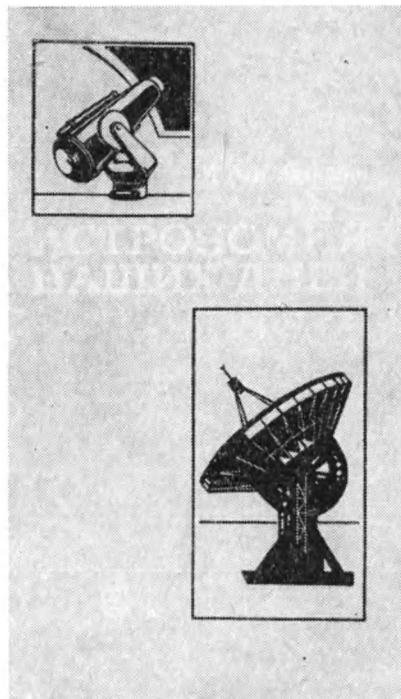
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Астрономия наших дней

Книга И. А. Климишина «Астрономия наших дней» (М., «Наука», 1976) адресована любителям астрономии. И хотя математический аппарат, используемый автором, не выходит за рамки современной программы средней школы, книгу И. А. Климишина нельзя отнести к литературе «легкого» стиля. Она требует от читателя внимания, вдумчивой и серьезной работы. Для того же, чтобы глубоко разобраться в некоторых излагаемых автором вопросах, надо быть знакомым с курсом общей физики в объеме высшей школы. В этом мы видим «непопулярность» «Астрономии наших дней». Но как в таком случае определить «жанр» книги? Мы бы назвали ее сборником очерков, введением в современную астрономию, ибо она вводит читателя в увлекательный мир науки астрономии, рассказывает об ее истории, современных направлениях, последних открытиях.

В книге десять разделов, логически связанных между собой. Во «Введении» автор дает краткий очерк истории астрономии. Он рассказывает о картине звездного неба и ее изменении в течение года, о видимом движении Солнца и планет. Затем переходит к первым моделям мира древних народов и системе мира Птолемея, к изобретению телескопов и открытиям астрономии XIX века. Автор дает почувствовать читателю, «насколько трудным был этот путь» познания.

Второй раздел «Небесные координаты» содержит элементы сферической астрономии и небесной механики. Этот материал изложен примерно в том объеме, в каком он



обычно представлен в курсах общей астрономии, кроме того, автор дополняет его рассмотрением поверхности и предела Роша (с. 91—94). Он доступно объясняет различие солнечных и звездных суток (с. 65), однако понятие кульминации светила (с. 66) им формулируется не совсем четко. К сожалению, не показывает автор и вывода уравнения времени из графика неравномерного движения Земли по кеплеровой орбите — эллипсу (эксцентриситет орбиты) и из графика уравнения движения в зависимости от наклона эклиптики (с. 67—69). Автор не уточ-

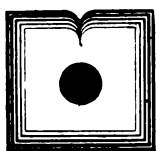
няет, что лунно-солнечная прецессия (с. 82) связана не только с несферичностью Земли, но и с ее вращением. В то же время полезно, что И. А. Климишин отмечает необходимость «приведения светила на видимое место», а затем «приведения светила на среднее место» (с. 83).

В третьем разделе «Основы астрофизики» рассматриваются законы излучения, вводятся уравнение переноса излучения, основы спектрального анализа. Здесь же автор знакомит читателя и с нетепловыми механизмами излучения. Заметим, что едва ли стоит говорить об «ионизованном состоянии электрона» (с. 118). Досадна опечатка, допущенная в формуле на с. 127 (верхняя строка). Должно быть:

$$d\tau_v = -Nk_v dl.$$

Удачно построена четвертая глава «Инструменты и методы оптической астрономии». Но и в ней есть отдельные недостатки. Так, видимо, для большей «популяризации» автор говорит о дифракции как рассеянии света (с. 146). Вводя понятие болюметрической поправки (с. 189—190), он не подчеркивает, что спектры звезд существенно отличаются от спектра абсолютно черного тела, и поэтому крайне важны наблюдения во всем спектре электромагнитного излучения. Такую возможность предоставляет только внеатмосферная астрономия.

В пятом разделе «Увидеть невидимое» автор интересно рассказывает о задачах и методах неоптической астрономии, ее успехах и проблемах. Раздел открывается радиоастрономией, затем следуют инфракрасная, ультрафиолетовая, рентгенов-



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

ская и гамма-астрономия, а также методы наблюдения космических лучей. Завершается раздел описанием первых шагов нейтринной и гравитационно-волновой астрономии. Этот раздел — наиболее популярный в книге.

Шестой раздел «Солнечная система», помимо основных сведений о нашей планетной системе, включает элементы внутреннего строения Солнца. Здесь же автор рассматривает и физические процессы в солнечной атмосфере. Рассказывая о Земле, И. А. Климишин уделяет внимание ее внутреннему строению и методам определения возраста пород, слагающих земную кору.

В седьмой главе «Физика звезд» систематизируются наши представления о многообразном мире звезд. Начав с диаграммы Герцшпрунга — Рассела, автор переходит к уравнениям внутреннего строения звезд, говорит о моделях звезд и методах их расчета, раскрывает понятие рождения электронного газа (с. 302) и подводит читателя к мысли об эволюции химического состава вещества во Вселенной. Автор показывает, где находятся переменные звезды на диаграмме Герцшпрунга — Рассела, рассказывает о вспышках сверхновых звезд и их остатках — нейтронных звездах, очень доступно излагает элементы теории ударных волн (с. 326) и их роль во вспышках

сверхновых, рассматривает прохождение ударных волн в межзвездной среде и возникновение волокнистых туманностей (с. 379—380). Упоминает И. А. Климишин и о черных дырах и связанных с ними интересных эффектах (с. 336—341). К сожалению, на с. 314 вкралась опечатка; после формулы (7.22) должна быть ссылка на формулу (3.24).

Восьмой раздел под названием «Наша Галактика» содержит элементы звездной астрономии и межзвездной среды. В нем же рассматриваются планетарные туманности, динамика межзвездной среды (ударные волны и ионизационные фронты в межзвездной среде), космические мазеры. Отметим, что, рассказывая о подсистемах Галактики, лучше относить сверхновые I типа к подсистеме «диск», а сверхновые II типа — к плоской молодой подсистеме. Для скорости ударной волны в Петле Лебеда лучше брать современную оценку — 340 км/с.

Девятый раздел «В просторах Вселенной» посвящен тому, что мы наблюдаем за пределами нашей Галактики. Он начинается с описания проблемы, возникшей почти 60 лет назад: принадлежат ли спиральные и эллиптические туманности нашей звездной системе или они удалены от нее на расстояние, намного превышающее размеры нашей Галактики? Эту увлекательную главу завершает рассказ

о квазарах и квазагах — объектах, открытых всего полтора десятка лет назад.

С большим интересом читается последний раздел «В калейдоскопе бытия». В нем говорится о различных моделях Вселенной (особо — о модели горячей Вселенной), о проблемах расстояния, критической плотности, космологической постоянной. Рассматриваются здесь и вопросы теории образования звезд и происхождения галактик, результаты теоретических расчетов звездной эволюции. Обсуждаются различные модели формирования Солнечной системы. Учитывая, что теория многих вопросов, разбираемых автором, находится еще в стадии развития, этот раздел можно рассматривать как систематизированное изложение проблемы для неспециалистов.

И. А. Климишин в своей книге «Астрономия наших дней» стремится дать простые, доступные объяснения различным явлениям и процессам. Именно поэтому ему удалось уложить такой большой и разнородный материал в небольшую по объему книгу. (Жаль только, что в ней нет предметного указателя.) Прочитав книгу, читатель получит целостное представление о том, что такое современная астрономия.

Б. А. САНДЛЕР

ПИКЕЛЬНЕРОВСКИЙ СБОРНИК

Памяти выдающегося советского астрофизика Соломона Борисовича Пикельнера (1921—1975) посвящена книга «Происхождение и эволюция галактик и звезд», которая вышла в 1976 году в издательстве «Наука». С. Б. Пикельнер уделял много времени и сил формированию авторского коллектива и редактированию книги, «эта книга была одной из главных его забот в последние недели жизни, и с некоторыми авторами он беседовал о ней за день до смерти». После внезапной кончины С. Б. Пикельнера редакционную работу завершили С. А. Каплан, Ю. Н. Ефремов и А. В. Засов.

Книга состоит из «Введения» — «Галактики и звездообразование», (А. В. Засов) и девяти глав, написанных специалистами в той или иной области сложной комплексной проблемы космогонии галактик и звезд. Приведенный ниже перечень глав с указанием их авторов даст представление о содержании книги: «Характеристики галактик и их систем» (Б. В. Комберг), «Адиабатическая теория образования галактик» (А. Г. Дорощкевич, Я. Б. Зельдович, Р. А. Сюняев), «Вихревая теория происхождения галактик и их систем» (Л. М. Озерной), «Природа активности ядер галактик и квазаров» (Л. М. Озерной), «Звездные скопления» (П. Н. Холопов), «Основы теории звездообразования. Происхождение звезд первого поколения» (С. Б. Пикельнер, С. А. Каплан), «Крупномасштабная динамика межзвездной среды и образова-

ние звезд плоской подсистемы» (С. Б. Пикельнер, С. А. Каплан, А. В. Засов), «Эволюция звезд и нуклеосинтез» (С. А. Каплан), «Конечные стадии эволюции звезд» (С. А. Каплан, В. Ф. Шварцман), «Развитие эволюционных представлений в звездной астрономии» (Ю. Н. Ефремов).

Хотя книга представляет собой монографию, написанную на исключительно высоком научном уровне, ряд глав вполне доступен широкому кругу читателей, интересующихся проблемами происхождения и развития небесных тел.

СОЗДАТЕЛЯМ ШКОЛЬНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ

В 1977 году издательство «Просвещение» выпустило книгу Н. К. Андрианова и А. Д. Марленского «Школьная астрономическая обсерватория».

В этом пособии для учителей астрономии подробно рассказывается, как в условиях обычной школы можно построить учебную астрономическую обсерваторию, изготовить для нее самодельный телескоп-рефлектор и вспомогательные приборы и принадлежности к телескопу. Даются описания приспособлений для быстрой смены светофильтров, фотографирования светил в главном фо-

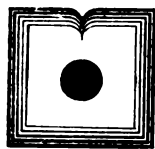
кусе и с окулярным увеличением. В книге сообщается, как построить короткофокусный астрограф и сделать фотоприставки к телескопу, создать различные фотометры (в том числе визуально-поляризационный фотометр и электрофотометр с двухламповым усилителем).

Особое внимание уделено вопросам методики организации и проведения учебных астрономических наблюдений со школьниками и студентами педагогических институтов (ознакомительные наблюдения, выполняемые невооруженным глазом, с биноклем или телескопом, а также тематические визуальные и фотографические наблюдения небесных тел и различных астрономических явлений).

КНИГА ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЛУНЫ

Изучать Луну нужно для более глубокого знания нашей планеты — Земли. Ибо, как говорит академик М. А. Садовский, «пути проникновения в глубины Земли так трудны, что более легким может оказаться способ получения сведений о ее строении из сопоставления свойств Земли с результатами наблюдений свойств иных тел Солнечной системы».

В книге «Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны», вышедшей в 1976 го-



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

ду в издательстве «Машиностроение», авторы А. Л. Кемурджиан, В. В. Громов, И. И. Черкасов, В. В. Шварев рассматривают одно из направлений космических исследований — изучение поверхностного слоя лунного грунта, которое проводилось под руководством академика А. П. Виноградова. В ней описаны советские автоматические лунные станции «Луна-9», «Луна-13», а также американские автоматические аппараты «Сервейер».

В книге рассказывается о первых прямых исследованиях грунта Луны, о бурении, отборе проб лунного грунта станциями «Луна-16» и «Луна-20». Отдельная глава посвящена «Луноходу-1» и «Луноходу-2», их назначению, конструктивным особенностям, специфике управления ими.

Книга служит прекрасной иллюстрацией отличительной особенности советской программы изучения Луны и планет — широкого использования автоматических аппаратов. В ряде случаев они имеют преимущества перед пилотируемыми аппаратами, а иногда являются и единственным средством исследования космического пространства, например дальних планет Солнечной системы.

РАССКАЗ КОСМОНАВТА

В издательстве «Молодая гвардия» в 1976 году вышла в свет книга дважды Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР Г. Т. Берегового «Небо начинается на Земле» (литературная запись Г. Сомова).

Это волнующий рассказ о нелегком, но прямом и ясном жизненном пути к космическому старту. «Моему пути в космос,— пишет Г. Т. Береговой,— не сопутствовали никакие особы, из ряда вопиющих выходящие обстоятельства. Жизнь как жизнь, судьба как судьба... Она могла стать жизнью и судьбою любого другого человека, ибо я не знаю за собой никаких выдающихся талантов или даже задатков. Но она стала моей. Почему? Мне и сейчас трудно однозначно ответить на этот вопрос; ответ на него, видимо, во всей прожитой жизни». За этими скромными словами — и юношеские годы в аэроклубе, и подвиги на фронте, и шестнадцать лет работы летчиком-испытателем, и учеба в академии, и четверо суток успешной работы на орбите, и паузная работа, и многотрудная подготовка космонавтов к новым полетам...

Лекторы, пропагандисты достижений советской космонавтики и все, кто интересуется историей и сегодняшним днем космонавтики, найдут для себя немало ценного материала в книге Г. Т. Берегового.

О ПОКОРЕНИИ НЕВЕСОМОСТИ

«Пройдет время — и, может быть, земляне начнут совершать регулярные рейсы в космос, найдя пути к далеким планетам. И гарантия этого — осуществление фантазии людей, создавших космические корабли и поручивших своим первопроходцам проверить их прочность, смело

шагнуть в бездну Великого Космоса». Такими словами заканчивает свою книгу «Покорение невесомости» (Издательство Министерства обороны СССР, 1976) Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Е. В. Хрунов.

Автор поставил перед собой задачу рассказать о трудностях космического полета, об огромном труде и волевых усилиях космонавтов, о многих будничных (на первый взгляд незначительных) явлениях, с которыми встречаются космонавты во время своей повседневной работы в космосе.

Книга напоминает читателю о главных вехах покорения неба (от первых полетов самолетов до космических рейсов сегодняшнего дня), знакомит с тем, как готовятся люди к полету в космос, как в полете человек привыкает и переносит невесомость и как потом вновь привыкает к жизни в земных условиях.

Большой фактический материал, размышления автора о развитии космической науки, многочисленные иллюстрации — все это привлечет внимание многих читателей к новой книге Е. В. Хрунова.

ШКОЛЬНИКАМ О КОСМОНАВТИКЕ

В учебном плане средней школы нет курса космонавтики. Однако с основами космонавтики учащиеся должны знакомиться в курсах природоведения, физики и астрономии, а также на внеклассных и факультативных занятиях. Существует фа-

НОВЫЕ КНИГИ

культуративный курс «Основы космонавтики» (см. «Земля и Вселенная», № 6, 1975, с. 88). В 1977 году в издательстве «Просвещение» вышла вторым изданием книга И. В. Кожеурова «Элементы космонавтики в курсах физики и астрономии». Это — пособие для учителей физики и астрономии. В нем систематизируются сведения, которые могут и должны быть сообщены учащимся.

В первой части книги рассматриваются элементы космонавтики в курсе физики средней школы. Автор затрагивает вопросы теории движения искусственных спутников, основы ракетной техники и рассказывает о некоторых применениях радиотехники и радиоэлектроники в исследовании космоса.

Вторая часть книги посвящена вопросам космонавтики в курсе астрономии (элементы астродинамики, изучение небесных тел методами космонавтики).

Заключительная (третья) глава книги знакомит читателей с теми вопросами теоретической и практической космонавтики, которые могут стать предметом интересной и полезной внеклассной работы с учащимися.

АСТРОНАВИГАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

«Астрономическая навигация пилотируемых космических кораблей» — так называется книга, вышедшая в 1976 году в издательстве «Машиностроение». Авторы ее — Н. Ф. Романтеев и Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Е. В. Хрунов. В ней рассматривается проблема распределения функций

между автоматикой и человеком-оператором. Ни одна из противоположных точек зрения, существовавших на первом этапе космических исследований, не нашла полной поддержки у авторов данной книги: ни принцип «полностью автоматизированной системы», ни принцип «полностью ручного» управления. Истина, считают они, лежит посредине — в максимальном использовании возможностей человека и машины. Даже простое перечисление глав книги («Принципы космической навигации», «Оптические приборы и системы астрономической навигации», «Астрономические методы навигации пилотируемых кораблей», «Графоаналитические способы выполнения навигационных расчетов», «Космонавт в системе автоматической навигации космического корабля», «Визуальная идентификация астроориентиров в космическом полете», «Астронавигационные измерения в пилотируемом космическом полете» и «Пути повышения эффективности применения средств и методов астронавигации пилотируемых космических кораблей») показывает, сколь широк охват вопросов теории и практики астрономической навигации пилотируемых космических кораблей.

Среди приложений к книге — список звезд, применяемых для астронавигации пилотируемых космических кораблей, звездные карты участков неба, макет бортового космического секстанта и бортовой звездный глобус.

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. ИЗOTOB, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, 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: 117049 Москва В-49 Мароновский пер., д. 26
Телефоны: 237-59-93; 237-02-67.

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

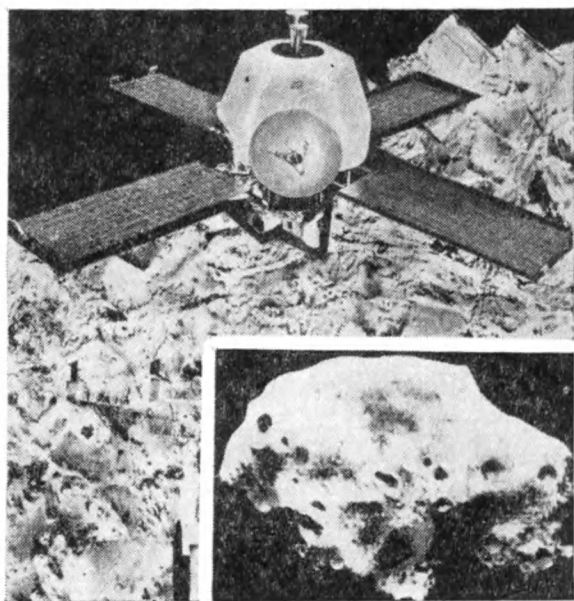
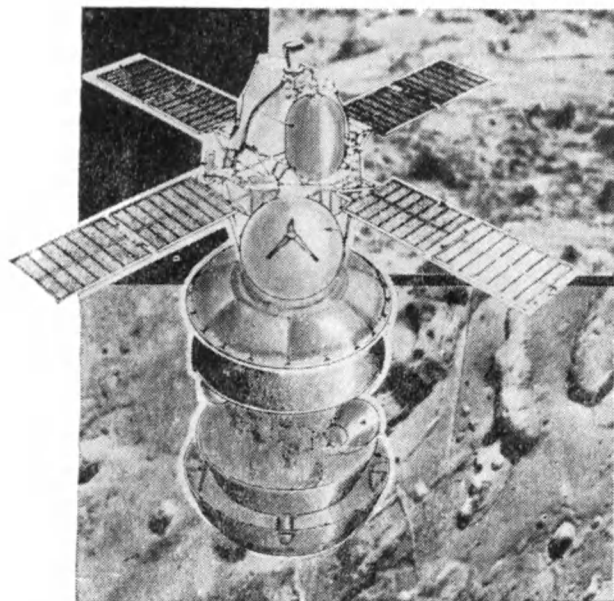
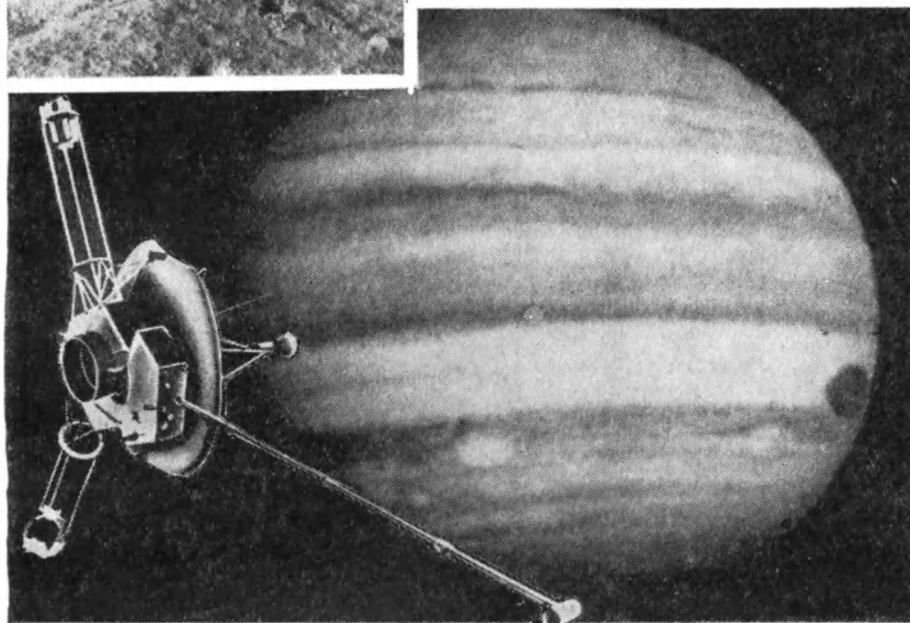
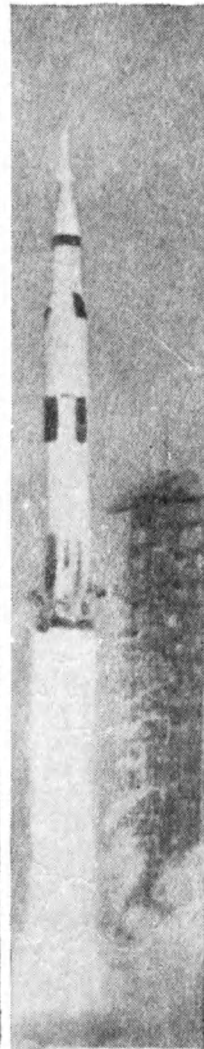
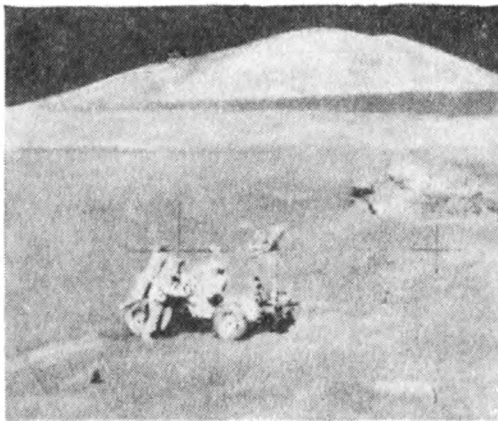
Корректоры: С. М. Веритэ,
Т. Н. Морозова

Номер оформили: А. Г. Калашникова, В. И. Кноп, Е. К. Тенчурина, Н. Н. Фрумсон

Т-14913. Подписано в печать 3/VIII 1977 г.
Сдано в набор 27/V 1977 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 3,0. Печ. л. 6,0 (10,08)
Уч.-изд. л. 11,4 Цена 50 коп. Тираж 53 000 экз.
Заказ 2438

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

20 ЛЕТ
КОСМИЧЕСКОЙ
ЭРЫ





ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“
ИНДЕКС 70336 ЦЕНА 50 КОП