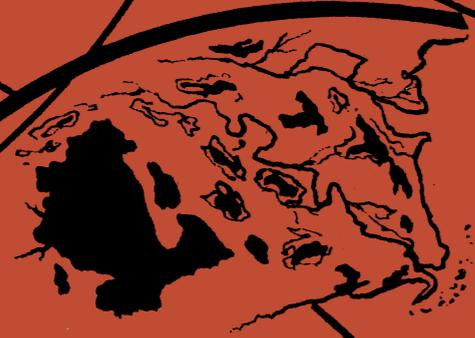


314  
4707  
2

1714  
4779  
1567216  
193

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА



Земля и Вселенная, 1982, №4

ЦЕНА 65 КОП  
ИНДЕКС 70338



4<sup>1982</sup> ЗЕМЛЯ  
И  
ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА  
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

---

*Мир — не дар с неба, его сохранение и упрочение требуют повседневной и трудной борьбы. Вам, молодым, выпало счастье вырасти и жить в условиях мира, не зная бедствий войны. Надо дорожить этим, сохранить это драгоценное достояние.*

Из речи Генерального секретаря ЦК КПСС,  
Председателя Президиума Верховного  
Совета СССР Л. И. Брежнева  
на XIX съезде ВЛКСМ

---

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

4 ИЮЛЬ  
АВГУСТ  
1982

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

## В номере:

Посвящается 60-летию образования СССР

Селиванов А. С., Нараева М. К.— Телевидение на Венере . . . . .	4
Аванесов Г. А., Зиман Я. Л.— Космический «Фрагмент» в исследованиях Земли . . . . .	6

150 лет Государственному астрономическому институту имени П. К. Штернберга

Зельдович Я. Б.— Релятивистская астрофизика и теория тяготения . . . . .	16
Мартынов Д. Я.— Астрофизические исследования . . . . .	21
Подобед В. В.— Современные проблемы астрометрии . . . . .	27
Мурдмаа И. О.— Железомарганцевые конкреции . . . . .	34
Бобров М. С.— Сатурн, каким мы его знаем теперь . . . . .	39

## ЛЮДИ НАУКИ

Памяти Александра Васильевича Сидоренко . . . . .	45
Еремеева А. И.— Эдмунд Галлей . . . . .	46

НАШИ ИНТЕРВЬЮ . . . . .	51
-------------------------	----

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Гиндилис Л. М.— Поиск разумной жизни во Вселенной . . . . .	52
Бронштэн В. А.— Пленум Центрального совета ВАГО в столице Белоруссии . . . . .	58

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Каневский З. М.— Год продолжительностью в 13 месяцев . . . . .	61
--	----

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Баланов Е. И., Пшеничнер Б. Г.— Высокая орбита «Малого интеркосмоса» . . . . .	66
--	----

## ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ЛУНЕ

Шевченко В. В.— Море Дождей . . . . .	75
---------------------------------------	----

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Ходаков В. Г.— Ледяные шапки Земли . . . . .	78
--	----

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На орбите «Салют-7» [2]; Загадочный радиоисточник на Сатурне [13]; Новая звезда в созвездии Орла [13]; Сверхмассивные двойные системы [14]; Признано ежегодная премия «Земли и Вселенной» [33]; Особенности рентгеновских источников [33]; Магелланов Поток — вихревая дорожка! [33]; Новые рейсы «Гломара Челленджера» [38]; Новые книги [44, 60, 77, 78, 79, 80]; Реликтовое излучение и межгалактический газ [50]; Алмазы, упавшие с неба [50]; Коллоквиум в Абастумани [57]; Цилиндрические солнечные часы [71]; Активность персеид остается высокой [73]; Наблюдения лунного затмения [74].  
Обложку оформил А. Л. Кашеков (к статье Г. А. Аванесова и Я. Л. Зимана)



## На орбите «Салют-7»

19 апреля 1982 года на околоземную орбиту была выведена станция «Салют-7» — усовершенствованный вариант орбитальных научных станций второго поколения. Продолжает полет в беспилотном режиме и комплекс «Салют-6» — «Космос-1267».

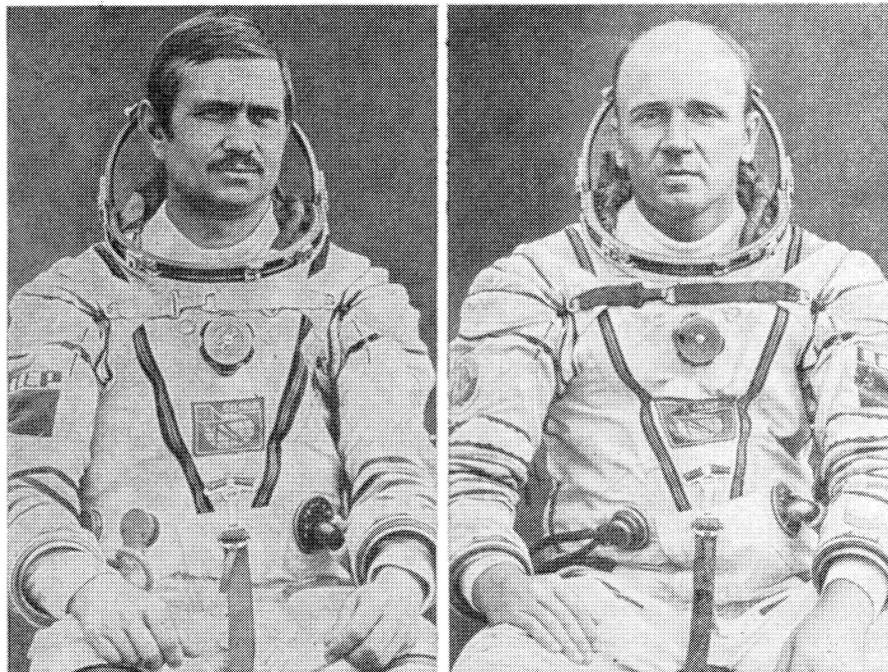
13 мая 1982 года в 13 часов 58 минут по московскому времени в соответствии с программой исследования космического пространства был запущен космический корабль «Союз Т-5», пилотируемый экипажем в составе командира корабля подполковника **Березового Анатолия Николаевича** и бортинженера Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР **Лебедева Валентина Витальевича**.

**А. Н. Березовой** родился 11 апреля 1942 года в поселке Энем Октябрьского района Адыгейской автономной области. После окончания средней школы работал токарем на заводе «Нефтемаш» в городе Новочеркасске Ростовской области. В 1965 году окончил Качинское высшее военное училище летчиков. Затем служил в авиационных частях Советской Армии. **А. Н. Березовой** — член Коммунистической партии Советского Союза с 1966 года. В отряд космонавтов Анатолий Николаевич был зачислен в 1970 году. Прошел полный курс подготовки к космическим полетам на кораблях «Союз» и орбитальных станциях «Салют». В 1977 году без отрыва от основной работы он за-

кончил Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина.

**В. В. Лебедев** родился 14 апреля 1942 года в Москве. С 1966 года после окончания Московского авиационного института имени Серго Орджоникидзе работает в конструкторском бюро. Он принимает активное участие в разработке и испытаниях новых систем космических аппаратов. В 1974 году Валентин Витальевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. **В. В. Лебедев** — член Коммунистической партии Советского Союза с 1971 года. В отряд космонавтов был зачислен в 1972 году. Свой первый космический полет **В. В. Лебедев** совершил в декабре 1973 года в качестве бортинженера корабля «Союз-13» (командир корабля **П. И. Климук**).

14 мая рабочий день экипажа начался в три часа утра. Космонавты проверяли работоспособность бортовых систем корабля, его герметичность, продолжили подготовку к стыковке со станцией «Салют-7». 14 мая в 15 часов 36 минут по московскому времени была осуществлена стыковка корабля «Союз Т-5» со станцией «Салют-7». После перехода **А. Н. Березового** и **В. В. Лебедева** в помещение станции на околоземной



*Экипаж космического корабля «Союз Т-5»: командир корабля подполковник Анатолий Николаевич Березовой и бортинженер Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Валентин Витальевич Лебедев*

Фотохроника ТАСС

орбите начал функционировать пилотируемый научно-исследовательский комплекс «Салют-7» — «Союз Т-5». Космонавты приступили к расконсервации станции и выполнению программы полета.

Успешное начало работы пилотируемого комплекса «Салют-7» — «Союз Т-5» — важный шаг на пути создания постоянно действующих орбитальных станций для дальнейшего исследования и освоения космического пространства в мирных целях. Новое достижение советской космонавтики — замечательный подарок Родине в год 60-летия образования Союза Советских Социалистических Республик.

15 мая А. Н. Березовой и В. В. Лебедев закончили консервацию корабля «Союз Т-5» и приступили к переводу станции в режим пилотируемого полета. Они проверяли работу систем жизнеобеспечения, энергопитания, терморегулирования. Настроили телетайпный аппарат «Строка», проверили функционирование аппаратуры радиосвязи, контролировали атмосферу в помещениях комплекса.

16 мая космонавты привели в рабочее состояние системы жизнеобеспечения, энергопитания и терморегулирования, начали контрольные проверки системы автономной навигации «Дельта».

17 мая от орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т-5» отделен и выведен в космическое пространство малый искусственный спутник Земли «Искра-2». А. Н. Березовой и В. В. Лебедев подготовили спутник к запуску, проверили функционирование его систем и в расчетное время через шлюзовую камеру вывели спутник в открытый космос. Спутник «Искра-2» создан студенческим конструкторским бюро Московского авиационного института имени Серго Орджоникидзе. Для работы над спутником привлекали молодых ученых и радиолюбителей страны.

На спутнике установлены вымпелы с эмблемами союзов молодежи социалистических стран — участников эксперимента.

**Запуск спутника «Искра-2» посвящен XIX съезду ВЛКСМ.**

18 мая А. Н. Березовой и В. В. Лебедев продолжали подготовку научной аппаратуры к предстоящим исследованиям и экспериментам. Они осмотрели иллюминаторы станции, проверили работоспособность установленных на них защитных крышек, зарядили пленкой ручные и стационарные фотокамеры. Командир комплекса и бортинженер поочередно тренировались на велоэргометре и «бегущей дорожке».

20 мая проводилось комплексное медицинское обследование экипажа. Проверялось состояние сердечно-сосудистой системы космонавтов в условиях покоя и при выполнении физических упражнений на велоэргометре. Для регистрации физиологических параметров использовалась новая многофункциональная аппаратура «Аэлита-01». Она позволяет значительно экономить время и сокращает число рабочих операций, выполняемых космонавтами при обследованиях.

23 мая 1982 года в 9 часов 57 минут по московскому времени был запущен грузовой транспортный корабль «Прогресс-13».

25 мая 1982 года в 11 часов 57 минут по московскому времени была осуществлена стыковка автоматического грузового корабля «Прогресс-13» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-7» — «Союз Т-5». Взаимный поиск, сближение, причаливание и стыковка космических аппаратов выполнялись по командам из Центра управления полетом и с помощью бортовой автоматики. Причаливание и стыковка контролировались А. Н. Березовым и В. В. Лебедевым. Грузовой корабль пристыкован к станции со стороны ее агрегатного отсека.

«Прогресс-13» доставил на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, а также почту.

28 мая космонавты закончили разгрузку корабля «Прогресс-13». Они перенесли в помещение станции контейнеры с продуктами питания, оборудование системы обеспечения га-

зового состава, кино-фотоаппаратуру, установки для проведения технических и биологических экспериментов. А. Н. Березовой и В. В. Лебедев доставили на станцию также научные приборы, разработанные совместно советскими и французскими специалистами и предназначенные для проведения исследований на орбите международным экипажем с участием французского космонавта.

После откачки азота из топливных баков объединенной двигательной установки станции произведена их дозаправка горючим.

Экипаж комплекса наблюдал и фотографировал отдельные районы земной поверхности для сбора и передачи на Землю оперативной информации о природных ресурсах. По заданиям специалистов сельского хозяйства космонавты наблюдали озимые и пропашные культуры в Краснодарском крае, пастбища и хлопковые поля в республиках Средней Азии, а также пойму Волги.

На борту орбитального комплекса продолжались биологические эксперименты, связанные с развитием высших растений в условиях космического полета. А. Н. Березовой и В. В. Лебедев сообщили, что в установке «Оазис» проросли семена овса и гороха. Развитие ростков автоматически фиксируется на киноплёнку.

1 июня космонавты с помощью системы «Родник» перекачивали воду из грузового корабля в емкости станции, устанавливали доставленную аппаратуру на ее постоянное место, а в освободившийся отсек «Прогресса-13» переносили использованное оборудование, готовили к работе многозональную фотоаппаратуру МКФ-6М.

**По материалам сообщений ТАСС**  
(Продолжение следует)

Доктор технических наук  
А. С. СЕЛИВАНОВ,  
Кандидат технических наук  
М. К. НАРАЕВА



## Телевидение на Венере

**1 и 5 марта 1982 года спускаемые аппараты станций «Венера-13» и «Венера-14» совершили мягкую посадку на поверхность планеты. Жители Земли увидели черно-белые и цветные «портреты» Венеры.**

Зрение дает нам большую часть информации об окружающем мире. Значение визуальных наблюдений для познания Вселенной и Земли невозможно переоценить. И сейчас ученые, несмотря на другие средства и методы, во многих случаях отдают предпочтение глазам — уникальному исследовательскому инструменту.

Люди пока не могут непосредственно наблюдать другие планеты и поэтому они прибегают к помощи космической техники, к новой научно-технической отрасли — космическому телевидению.

Человек, попадая в незнакомое место, прежде всего оглядывается вокруг. Телевизионные камеры космических спускаемых аппаратов тоже совершают круговой или достаточно широкий панорамный обзор поверхности вблизи места посадки. Именно панорамные изображения в определенной мере могут создать «эффект присутствия».

Первые панорамы с другого небесного тела — Луны — были получены в 1966 году советской автоматической станцией «Луна-9». С тех пор не раз на страницах газет, журналов, на экранах телевизоров появлялись панорамные изображения,

переданные космическими телевизионными системами.

Принцип действия и конструктивные особенности космической телевизионной аппаратуры, предназначенной для исследования планет, отличаются от тех, которые используются в широкоэвещательном телевидении. Это следствие не только иных и гораздо более тяжелых условий работы аппаратуры, но и в тысячи раз меньших скоростей передачи телевизионной информации на межпланетные расстояния. А расстояния эти измеряются десятками и сотнями миллионов километров.

Передающие телевизионные камеры спускаемых аппаратов представляют собой не чисто электронные, а в значительной степени оптико-механические устройства. В них с помощью высокоточных перемещений оптических узлов производится последовательный (точка за точкой) «осмотр» окружающей местности. Световой поток, пропорциональный яркости каждой точки, через оптическую систему камеры воспринимается светочувствительным приемником, который преобразует его в электрический сигнал, попадающий затем в радиопередающее устройство. Оптико-механические телевизионные камеры при условии медленной передачи изображений неподвижных объектов позволяют получить высококачественную и, с научной точки зрения, более достоверную информацию. Они способны точно измерять световые потоки (из-за чего их часто называют телефотометрами). Они стабильнее работают в тяжелых температурных условиях, после значительных меха-

нических воздействий. К тому же у них малая масса и габариты.

Космические аппараты типа «Венера», неоднократно достигавшие поверхности планеты, позволили впервые ее увидеть в 1975 году. Изображения, переданные станциями «Венера-9» и «Венера-10», во многом изменили представления об этой планете и наряду с другой новой информацией дали толчок к дальнейшей разработке теории происхождения и развития планеты.

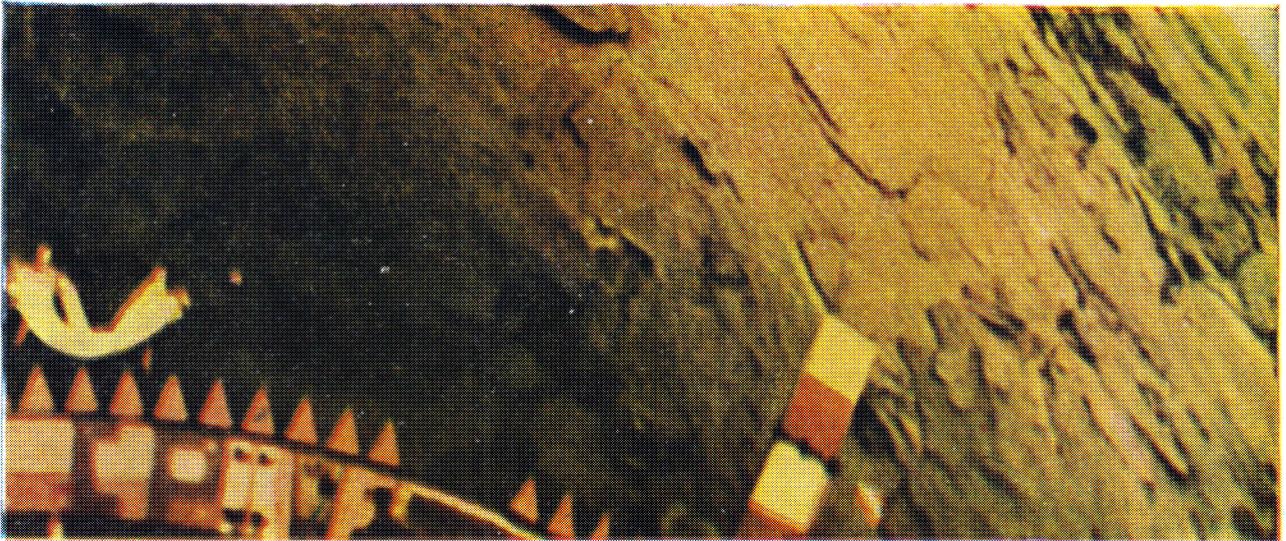
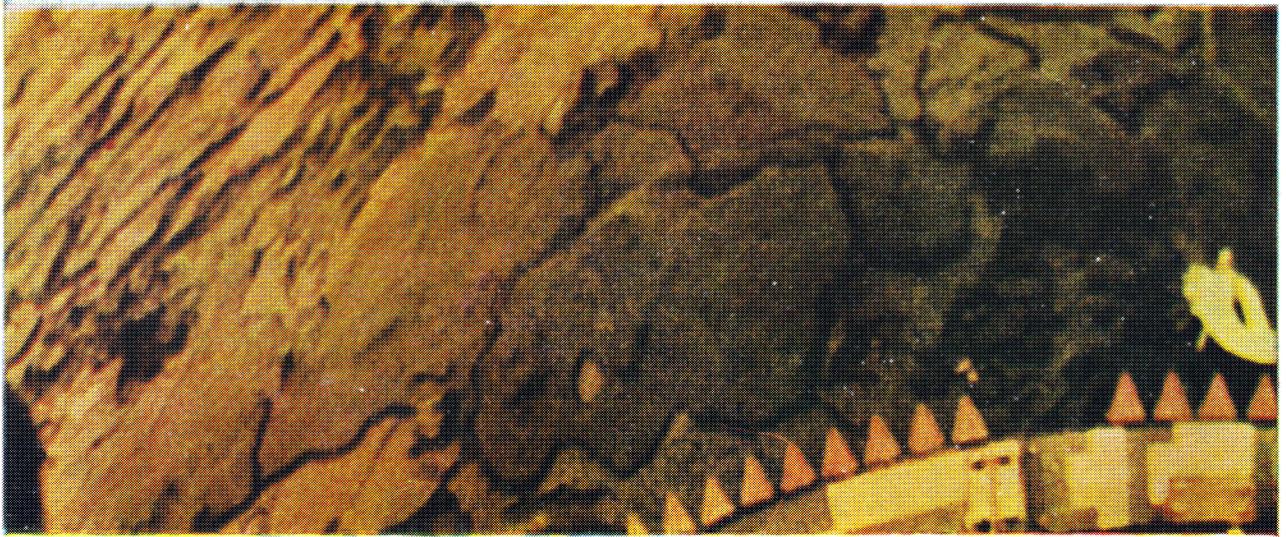
О необычных условиях на поверхности (температуре около 500°С и близком к 100 атм. давлении, создаваемом газовой углекислой оболочкой Венеры) ученые знали. Но какой должна быть поверхность планеты? Можно ли на ней что-нибудь увидеть? Такие вопросы волновали разработчиков телевизионной аппаратуры. Без ответа на них, хотя бы приблизительного, невозможно создавать приборы. А ответа не было. Точнее, существовало множество вариантов, основанных на вполне разумных предположениях, согласно которым поверхность могла быть твердой и жидкой, сильно изрытой и совершенно гладкой, неконтрастной, а освещенность на поверхности варьировалась от полной темноты до значений, вполне приемлемых для передачи хорошего изображения. Пришлось пойти на определенный риск, отбросив крайние варианты и в то же время максимально расширив фундаментальные возможности аппаратуры, пределы ее работоспособности.

Телефотометры поместили внутри герметичного отсека спускаемого аппарата в условиях небольшого дав-

## Панорамы Венеры



Цветная панорама поверхности Венеры, переданная 1 марта 1982 года с борта станции «Венера-13». Вверху — левая часть панорамы, внизу — правая. Сложение в определенной пропорции сигналов панорам, полученных через разные фильтры (красный, зеленый и синий), позволило получить цветное изображение. Предварительная обработка и синтез изображения выполнены Институтом проблем передачи информации АН СССР (ИППИ АН СССР) и Центром дальней космической связи (ЦДКС). На панораме видны: край посадочной платформы спускаемого аппарата, увенчанной зубчатой короной; крышка иллюминатора телефотометра, отброшенная после посадки; цветная испытательная таблица. (Панорама, переданная станцией «Венера-14», помещена на обороте вклейки)



Цветная панорама поверхности Венеры, переданная 5 марта 1982 года с борта станции «Венера-14». Вверху — левая часть панорамы, внизу — правая. Это цветная панорама получена, обработана и синтезирована так же, как и цветная панорама с «Венеры-13». На панораме «Венеры-14» видны: край посадочной платформы спускаемого аппарата, увенчанной зубчатой короной; крышка иллюминатора телефотомера, отброшенная после посадки, и цветная испытательная таблица

ления и умеренной температуры, и только часть камеры, вынесенная, как перископ, непосредственно к иллюминатору, сквозь который ведется наблюдение поверхности, подвергалась воздействию температуры, близкой к венерианской. Чтобы создать надежную конструкцию камеры, потребовались оригинальные технические решения и длительная наземная отработка.

На противоположных сторонах спускаемого аппарата установили два телефотометра, обеспечивающих совместно практически полный круговой обзор места посадки. Угол обзора каждого телефотометра около  $180^\circ \times 37^\circ$ . Телефотометры наклонены к вертикальной оси аппарата на  $50^\circ$ , благодаря чему в центральной части панорамы с наибольшими подробностями можно рассматривать поверхность, непосредственно прилегающую к спускаемому аппарату, оценивать микроструктуру грунта и характер его взаимодействия с конструкцией посадочного устройства. В то же время на краях панорамы можно видеть более отдаленные объекты, вплоть до местного горизонта и участков небосвода.

На основании опыта, полученного в 1975 году, телевизионные камеры «Венеры-13» и «Венеры-14» значительно усовершенствованы.

Разрешающая способность камер, то есть возможность различать с их помощью мелкие детали поверхности, увеличена вдвое и составляет несколько миллиметров на переднем плане панорамы. Панорама передается вертикальными строками, таких строк в каждой панораме — 1000. Существенно возросло количество полутонов, которые содержатся в изображении. В два раза сокращено время передачи одной панорамы (до 14 минут).

Чтобы все это осуществить, пришлось в 12 раз повысить скорость передачи информации со спускаемого аппарата. Потребовались новые методы приема и обработки сигналов. Как, наверное, известно читателям, информация со спускаемых аппаратов ретранслировалась на Землю через пролетавшие мимо планеты орбитальные отсеки станций, которые

снабжены остронаправленными антеннами и обеспечивают значительно большую эффективность передачи сигнала.

Важную роль в обеспечении надежного приема на Земле ретранслированного сигнала сыграл радиотехнический комплекс в Центре дальней космической связи в Крыму, имеющий радиотелескоп с зеркалом диаметром 70 м.

В результате оказалось возможным усложнить задачи, решаемые с помощью телевизионных камер станции, и попытаться получить цветное изображение поверхности. Для этого в камеры были введены переключающиеся светофильтры: красный, зеленый и синий. Сложение в определенной пропорции сигналов от трех панорам, полученных с разными фильтрами, позволяет синтезировать цветное изображение. Но время передачи полной цветной панорамы, естественно, увеличивается в три раза. В этом таилась некоторая опасность, ибо продолжительность устойчивой связи со спускаемым аппаратом зависит от множества факторов полета и посадки сложной космической системы. Был выбран такой порядок передачи панорам: вначале обе камеры каждой станции передавали за 14 минут обычную черно-белую панораму. Далее камеры работали по-разному. Одна из них передавала только треть панорамы с тремя светофильтрами (короткая программа). Другая камера просматривала через фильтры всю панораму еще трижды (полная программа, занимающая в сумме около часа). Поскольку время связи намного превысило расчетное, удалось даже перевыполнить запланированное. Полученные изображения имеют высокое качество, которое главным образом определяется качеством исходной информации, передаваемой со спускаемого аппарата. Но все панорамы проходят на Земле дополнительную обработку на ЭВМ. В процессе обработки изображение освобождается от посторонних включений: вставок телеметрической информации, передаваемой вместе с телевизионным сигналом, проявляющихся в виде отдельных полос на

изображении, импульсных помех, выравнивается яркость снимков, чтобы облегчить их фотографическую и полиграфическую печать, подчеркиваются мелкие детали.

Синтез цветного изображения также требует специальной обработки и тщательного учета всех составляющих телевизионного сигнала.

На панорамах видно большое число деталей. Часть из них принадлежит поверхности Венеры, а часть — «привезена» с Земли. Внизу виден край посадочной платформы спускаемого аппарата, увенчанный зубчатой короной — аэродинамическим стабилизатором. Отброшенная на поверхность конструкция в виде лесенки (слева) — прибор для измерения физико-механических свойств грунта. Светлая деталь в центре — крышка, закрывающая иллюминатор телефотометра во время спуска и отбрасываемая после посадки. Справа — набор прямоугольных пластинок — цветная испытательная таблица, по которой наряду с другими методами контролируется синтез цветного изображения (см. 3-ю полосу обложки и цветную вклейку.— Ред.).

Характер грунта в местах посадки станций «Венера-13» и «Венера-14» различен. Возле первой из них более светлые образования, камни выделяются на фоне сравнительно темной, разрушенной породы. Место посадки второй станции — более каменистое, изрытое трещинами. В целом, как показали измерения, поверхность Венеры темная, имеющая коэффициент отражения около 10%.

Синтез цветного изображения, пока еще предварительный, можно сказать, «грубый», дал много интересных сведений. Прежде всего нужно отметить незначительный сигнал в синей области спектра. Существенное подавление этой области солнечного излучения в толстой атмосфере Венеры ожидали, но не в такой степени, и это требует специального анализа и объяснения. Таким образом, синтез цветного изображения производился только из двух основных цветов: зеленого и красного, что несколько обедняет палитру венерианских красок, но вполне объективно свидетельствует о том, что уви-

дел бы человек, находясь внутри спускаемого аппарата. Небо на Венере — желтое и его цвет и яркость, по-видимому, меняются от горизонта к зениту. Цвет неба можно видеть в верхних углах панорамы, он проявляется также в цвете элементов посадочной платформы и у крышки иллюминатора.

Темные породы на панораме «Венеры-13» имеют зеленовато-бурый оттенок. Поверхность вокруг станции «Венера-14» красноватая. На обеих панорамах заметна некоторая зависимость цветовых оттенков от угла наблюдения.

Синтез цветных изображений будет продолжен. Можно ожидать некоторого уточнения цветовых оттенков. Представляет интерес извлечение третьей составляющей цвета — синей (или сине-зеленой) из черно-белой панорамы, содержащей в себе сумму взятых в определенной пропорции всех трех цветов. Если это удастся, то откроется путь для воспроизведения цветных панорам такими, какими бы они выглядели в условиях земного освещения.

Анализ полученных панорам — эффективный метод изучения структуры поверхности Венеры. В сочетании с данными других приборов, установленных на спускаемом аппарате, например измерителей химического состава и плотности грунта, могут быть получены более корректные оценки достоверности измерений, возможности их распространения на соседние участки и другие районы планеты.

Панорама Венеры, химический анализ вещества планеты, другая научная информация — конечный результат огромной многолетней работы больших коллективов ученых, конструкторов, рабочих.

Кандидат технических наук  
Г. А. АВАНЕСОВ  
Кандидат технических наук  
Я. Л. ЗИМАН

## Космический «Фрагмент» в исследованиях Земли

**Для оперативного исследования природных ресурсов Земли в оптическом диапазоне электромагнитных волн создана аппаратура «Фрагмент», установленная на борту искусственного спутника Земли «Метеор». Орбита спутника высотой около 650 км позволяет наблюдать одни и те же участки земной поверхности в одно и то же время дня с периодичностью 15 суток.**

Вначале исследование Земли из космоса вызывало некоторое недоверие. Ведь, находясь на земле, казалось бы, и проще и дешевле изучать минеральные ресурсы, воды, леса, сельскохозяйственные угодья. Но сегодня целесообразность изучения природных ресурсов Земли с орбитальных высот не вызывает сомнения. Причин тому много. Мы назовем только главные из них.

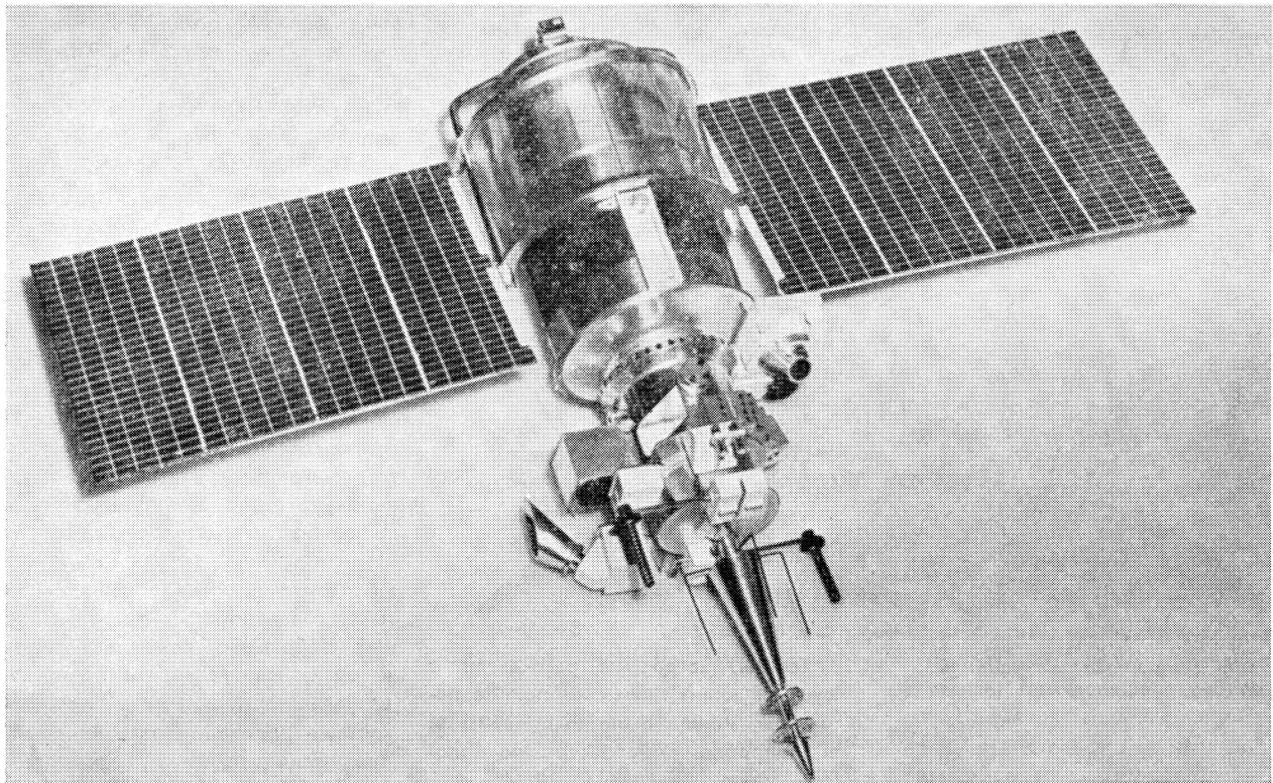
Все более актуальным становится выявление природных ресурсов, оценка их запасов, возможностей сохранения и восстановления. Возникла необходимость охраны окружающей среды. Нехватка многих полезных ископаемых и в первую очередь нефти требует изыскания новых месторождений. Ограниченность минеральных ресурсов давно освоенных районов заставляет обследовать труднодоступные территории. Нужно «увидеть» те глубинные месторождения, которые нелегко обнаружить традиционными методами геологической разведки.

Возросшие требования сделали очевидными неполноту сведений и недостаточную оперативность существующих средств информации о развитии посевов, состоянии лесов, о наводнениях, о лесных пожарах, вулканических и других явлениях.

Таким образом, сочетание обострившихся потребностей и новых технических возможностей, предоставляемых космическими средствами, обусловило рождение и интенсивное развитие исследований Земли из космоса.

Поначалу развитие этих исследований шло по пути заимствования аэрометодов. Но дешифрирование аэроснимков проводится специалистами непосредственно на местности. В случае космических съемок такой путь не пригоден. Площади земной поверхности, снимаемые из космоса, в тысячи, а порой и в десятки тысяч раз превышают те, которые в такое же время могут быть обследованы с самолета. В частности, на одном фотоснимке с орбитальной станции «Салют» снимается участок земной поверхности 240 × 175 км, а за 10 минут съемки — площадь свыше 1 млн. км<sup>2</sup>. С самолета за то же время удается снять площадь в 1000 с лишним раз меньшую.

Наибольшее распространение получили приборы, позволяющие «осматривать» Землю с космических высот в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Это — фотографические, телевизионные и спектротриметрические системы. Большинство из них перешло в космонавтику из авиации. Но, как бывало уже не раз, космические исследования, перенимая известные методы и средства,



*Искусственный спутник Земли «Метеор», на котором установлена система «Фрагмент». Орбита спутника прецессирует со скоростью, равной угловой скорости обращения Земли вокруг Солнца, что обеспечивает съемку земной поверхности в одно и то же местное время — примерно в 12 ч*

существенно их изменяют, вносят много нового, поднимая на принципиально иную ступень технического совершенства. Так произошло и в области дистанционных методов изучения и контроля природных ресурсов Земли из космоса.

#### СЪЕМОЧНАЯ АППАРАТУРА

Был разработан многозональный метод и создана съемочная аппаратура. Суть многозонального метода в том, что участок земной поверхности снимается одновременно в нескольких спектральных зонах.

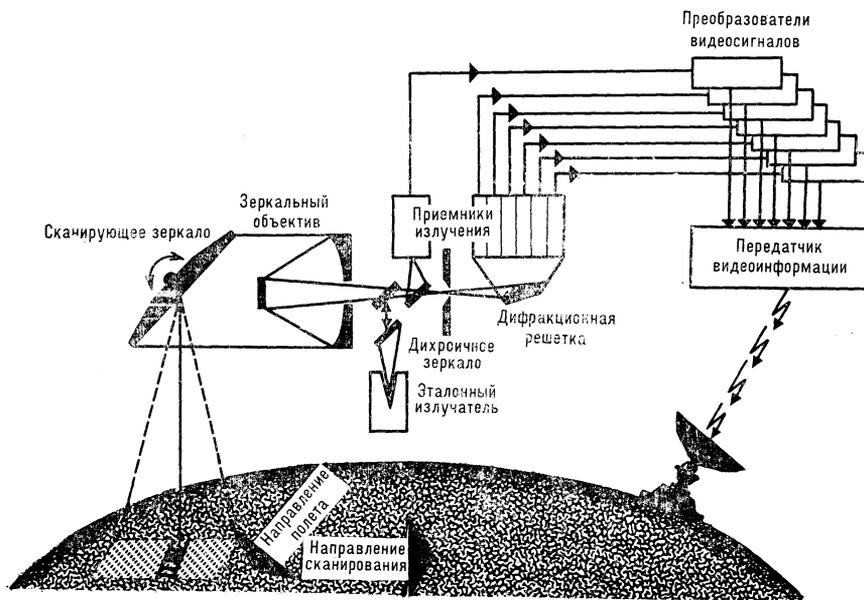
Самый простой вид аппаратуры для многозональной съемки земной поверхности — **многозональные фотоаппараты** (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 10—15.—Ред.). Они представляют собой блоки из нескольких идентичных, синхронно работающих фотокамер с параллельными оптическими осями объективов. Различие лишь в том, что фотокамеры оснащены разными светофильтрами и заряжаются фотопленками с неодинаковой спектральной чувствительностью.

Более сложный тип аппаратуры — **многозональные оптико-механические сканирующие системы** (сканирование — от английского scan — поле зрения). Формируемая сканирующими системами информация передается на Землю по радиоканалу и может обрабатываться, как говорят, «в реальном масштабе времени», то есть **практически одновременно со съемкой**. В сканирующих системах в качестве приемников излучения используются фотоэлектронные ум-

ножители или твердотельные детекторы. Эти приемники обеспечивают возможность проведения съемок в большом диапазоне электромагнитных волн, а для получаемой информации характерна высокая точность измерения радиационных потоков.

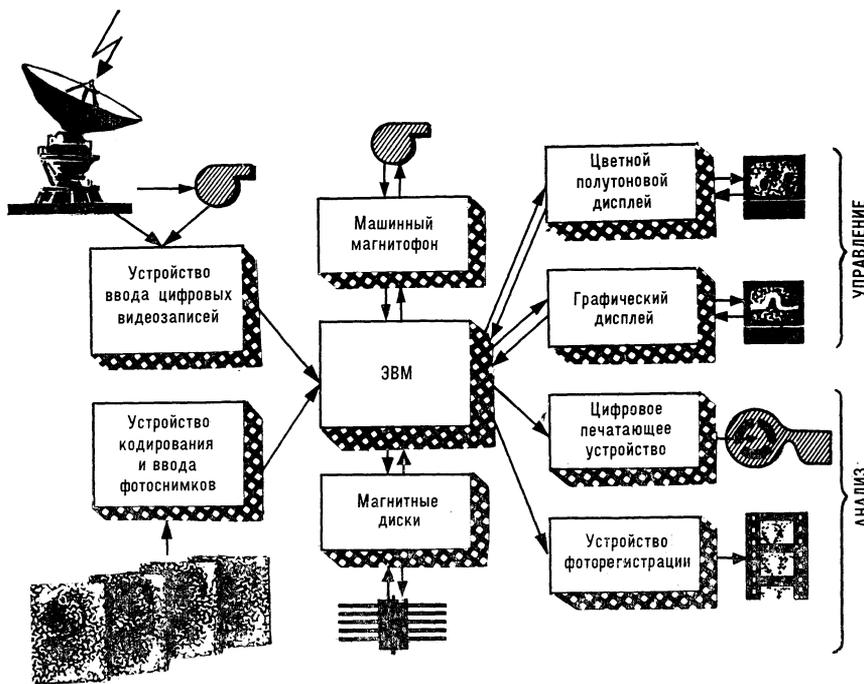
Поэлементный просмотр — сканирование земной поверхности в направлении, перпендикулярном полету, — производится непрерывным качанием специального зеркала; сканирование в направлении полета происходит в результате движения самого спутника.

Потоки излучения разделяют по спектру, используя фильтры (как это делается и в многозональных фотоаппаратах), либо **дихроичные зеркала**, пропускающие часть электромагнитного излучения до определенной длины волны и отражающие другую часть с большими длинами волн, либо **призмы и дифракционные решетки**, отклоняющие на различную величину электромагнитные волны неодинаковой длины.



Блок-схема многоспектральной сканирующей системы

Схема специализированного дисплейного вычислительного комплекса обработки и интерпретации космической видеоинформации



лей еще на одной, достаточно специфической, но исключительно важной стороне дела, без чего истинная роль «Фрагмента» в проводимых ныне исследованиях на околоземной орбите, пожалуй, окажется недостаточно раскрытой. Итак, мы переходим к новой теме.

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Независимо от того, в какой области (или областях) спектра и какими приборами проводится съемка Земли из космоса и в каком виде — на фотографических ли пленках или магнитных лентах — зарегистрирована полученная видеоинформация, последняя прежде всего преобразуется в фотографические изображения снятой поверхности. Интерпретация этих изображений поначалу проводилась исключительно традиционными **визуально-оптическими методами**, хорошо зарекомендовавшими себя при исследованиях и картировании земной поверхности по материалам аэрофотосъемки. Эти методы используют в качестве опознавательных признаков главным образом геометрические характеристики наземных образований — их размеры, конфигурацию, ориентацию и структуру. Решающее значение здесь имеет опыт интерпретатора и его знания специфики отображения на снимке тех или иных наземных образований и происходящих в них процессов.

Визуально-оптические методы не свободны от недостатков: во-первых, чтобы быстро обработать поступающую из космоса информацию, необходим огромный штат специалистов, во-вторых, визуально-оптические методы малоэффективны при интерпретации многозональных съемок, когда число изображений одного и того же участка земной поверхности больше двух и все изображения необходимо анализировать совместно; наконец, в-третьих, точность измерения спектральных яркостей оптико-электронными и радиометрическими съемочными системами в значительной степени утрачивается при фотографическом отображении результатов измерений.

От перечисленных недостатков можно избавиться, прибегнув к помощи ЭВМ, а в качестве опознавательного признака использовать соотношения яркостей в определенных узких зонах спектра — спектральные «портреты» земных объектов. Если такие «портреты» заранее «нарисованы» и хранятся в специальном «банке», то процесс опознавания по измеренным спектральным яркостям легко уже и автоматизировать.

Но создание каталога спектральных «портретов» сложнее, чем может показаться с первого взгляда. На спектральные характеристики земных образований влияют многие внешние и внутренние факторы, учесть которые очень не просто. Внешние факторы — это, в первую очередь, влияние атмосферы, изменения условий освещенности, рельеф местности. Внутренние представляют особый интерес, поскольку к ним относятся изменения в самих наблюдаемых объектах, вызванные естественными процессами, а также влиянием непредвиденных природных и антропогенных воздействий.

Чтобы выявить и учесть все факторы, съемки обширных территорий из космоса сопровождаются синхронными съемками с самолетов и вертолетов, а также непосредственным наземным обследованием. По материалам таких «трехэтажных» съемок определяются спектральные «портреты» тестовых участков для данных конкретных условий. Образования, аналогичные тестовым, отыскиваются по этим «портретам». Такой подход уже сегодня позволяет, используя вычислительную технику, значительно облегчить анализ и дешифрирование космических снимков земной поверхности.

И все же применение ЭВМ не обеспечивает **полной автоматизации** всех процессов анализа космической видеоинформации с Земли и однозначного решения многих задач. Способности человека видеть и анализировать изображения (обнаруживать косвенные признаки, выделять характерные точки, линии, границы, различать структуры и т. п.) пока еще недоступны для машины — по крайней мере в отношении достоверности.

Чтобы достигнуть максимальной эффективности в обработке и интерпретации космической видеоинформации о Земле, необходимо объединить интеллект интерпретатора и способность ЭВМ быстро анализировать огромные массивы данных. Такое объединение наиболее эффективно реализуется в специализированных дисплейных вычислительных комплексах, позволяющих вести цифровую обработку видеоинформации в **интерактивном** режиме. Это означает, что изображение на всех этапах его обработки остается средством коммуникации человека с ЭВМ. Оператор, обслуживающий указанный комплекс, по желанию может получать на цветном телеэкране изображение любого этапа его обработки. На основе визуального анализа таких промежуточных изображений можно корректировать программу их обработки в ЭВМ.

Машинная обработка многозональной космической видеоинформации более производительна и наглядна, шире отображает качественные характеристики, нежели обработка изображений иных видов. Из-за этого появились специализированные вычислительные комплексы обработки и интерпретации аэрокосмической видеоинформации о Земле. Спектр задач, решаемых такими специализированными комплексами, чрезвычайно широк: сюда относятся и опознавание заданных контуров земной поверхности, и координатная привязка изображений к карте, и трансформирование изображений в заданный масштаб и проекцию, и повышение контрастов, выведение контуров и т. д. Обычно комплексы оснащают устройствами двух типов ввода видеоинформации в ЭВМ. Одни позволяют вводить данные, или предварительно записанные в пунктах космической связи на ленты высокоскоростных магнитофонов, или непосредственно с радиолинии; другие обеспечивают считывание, кодирование и ввод в ЭВМ отдельных и многозональных фотоснимков. ЭВМ, как правило, имеет два вида магнитной памяти — магнитные ленты и магнитные диски. Магнитные ленты используются для архивного хранения

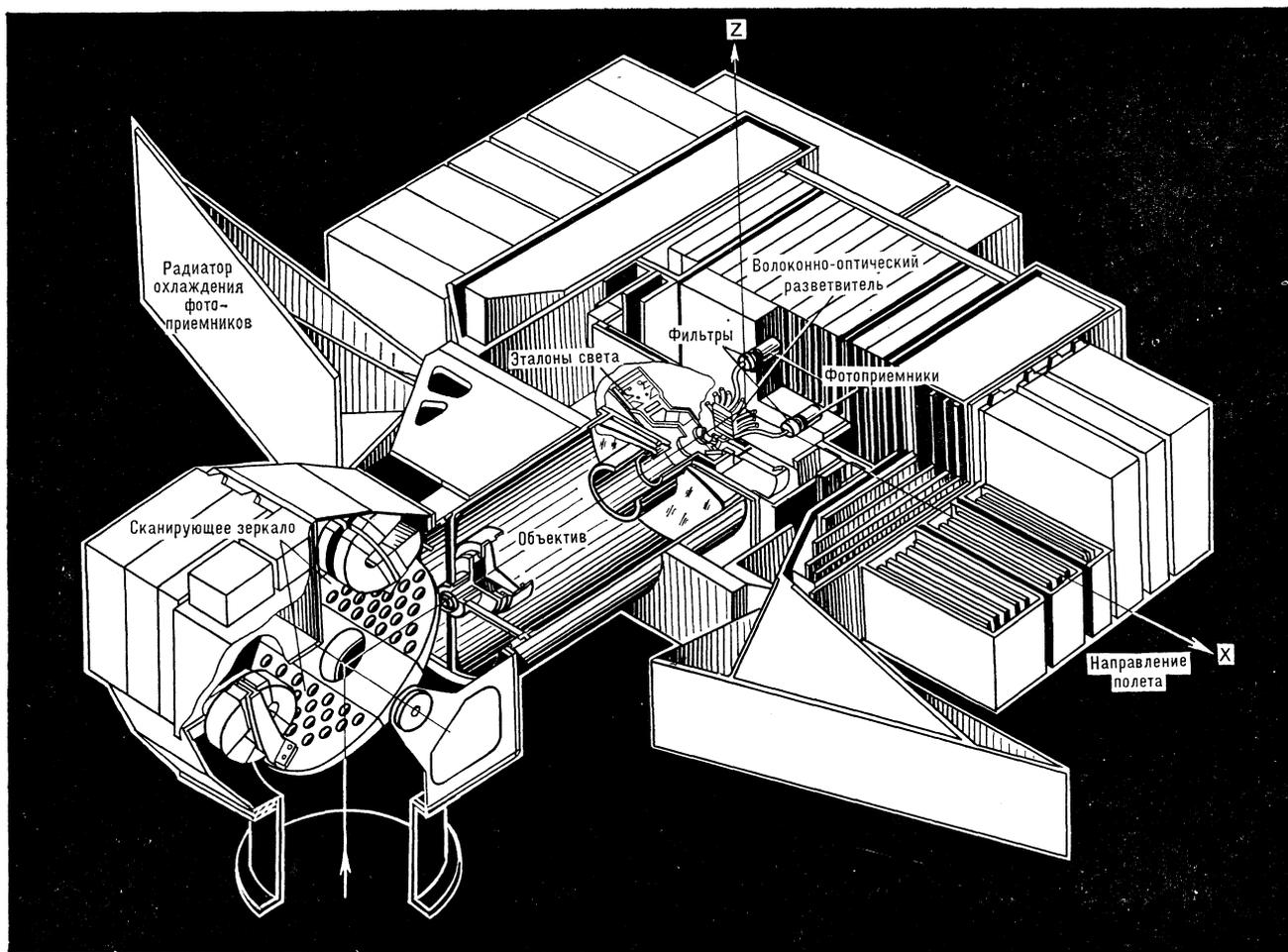
больших объемов цифровых видеозаписей. На магнитных дисках записывается информация, обрабатываемая в ЭВМ в данный момент, что обеспечивает возможность удобного и быстрого доступа к любой ее части.

## ОПЕРАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Для интенсивного развития и внедрения в науку и практику методов исследования природных ресурсов Земли посредством космической техники были изучены потребности в космической видеоинформации. Оказалось, что для удовлетворения этих потребностей целесообразно иметь **постоянно действующую космическую систему исследования природных ресурсов Земли**, использующую спутники, оснащенные техническими средствами дистанционного зондирования. Наметились два пути получения, обработки, распространения и использования космической информации о Земле — **долгосрочный** и **оперативный**.

Первый основан на возвращении на Землю непроявленных фотопленок с помощью спускаемых аппаратов. В этом случае предусмотрено многозональное фотографирование земной поверхности с высоким пространственным разрешением и использование полученных данных для составления и обновления тематических карт. Такой подход важен при изучении характеристик земной поверхности, недр, растительности, шельфовых мелководий и других природных объектов, которые на значительном отрезке времени (месяцы, годы) существенно не меняются.

Оперативные задачи требуют, чтобы промежутки времени между съемкой исследуемого объекта и доставкой полученной информации потребителю исчислялись днями и даже часами. Это, в частности, информация о состоянии посевов на полях. Для быстрого получения ответа нужно информацию передать со спутника по радиоканалам и незамедлительно обработать. Здесь нельзя обойтись без комплекса бор-



Компоновочная схема «Фрагмента»

товых и наземных технических средств, вычислительной техники.

Этот комплекс помимо бортовой аппаратуры для съемки земной поверхности должен иметь аппаратуру для передачи по радиолинии на Землю большого потока получаемой видеоинформации, приема, регистрации и экспресс-обработки этой информации. Именно такой комплекс, предназначенный для решения оперативных задач, и был разработан в Институте космических исследований АН СССР совместно с рядом других организаций. В основе этого комплекса лежит бортовая многозональная сканирующая система, получившая название «Фрагмент». Название

отражает ее научно-исследовательский характер. Действительно, система не рассчитана на глобальные съемки. Ее задача обследовать земную поверхность в пределах круга радиусом примерно 2500 км с центром в Москве. Это, конечно, можно назвать «фрагментом» лишь по космическим масштабам.

Комплекс успешно функционирует в режиме опытной эксплуатации с июня 1980 года. Полученная с его помощью информация измеряется тысячами километров магнитной ленты и миллионами квадратных километров обследованных площадей. Накоплен опыт практической работы с комплексом, обеспечивающим оперативный сбор и обработку информации в интересах исследования природных ресурсов.

В экспериментальный информаци-

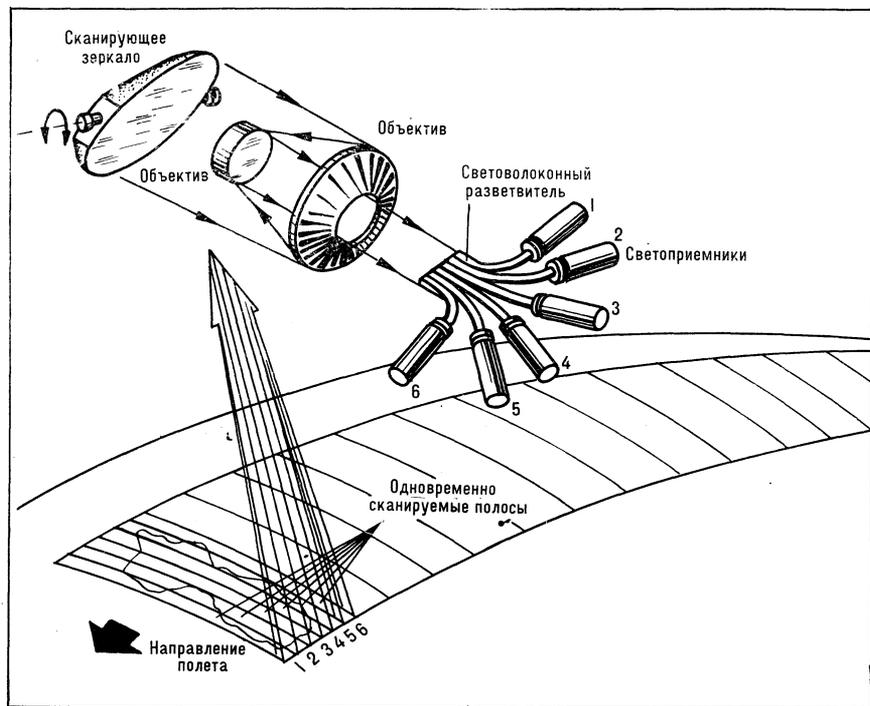
онно-измерительный комплекс входят три системы: собственно съемочная система «Фрагмент», система цифровой передачи, приема и регистрации и система цифровой обработки.

Первая из этих систем — «Фрагмент» — самый сложный оптико-электронный агрегат массой свыше 250 кг. Он сочетает в себе съемочную и спектрометрическую аппаратуру. Широкая полоса земной поверхности просматривается (сканируется) качающимся зеркалом. «Фрагмент» отличается детальностью съемки земной поверхности и точностью измерений ее спектральной яркости. Тем самым обеспечивается возможность и эффективность обработки в ЭВМ получаемой видеоинформации. Съемка проводится в восьми спектральных зонах с разрешением на земной по-

верхности до 80 м. При разработке «Фрагмента» конструкторам пришлось решить немало сложных технических проблем. Чтобы читатели получили представление, расскажем об одной из них. Для измерения с космической высоты солнечного излучения, отражаемого участками земной поверхности размером  $80 \times 80 \text{ м}^2$ , потребовалось сканирующее зеркало диаметром свыше 30 см. Это зеркало с помощью магнитно-электрического привода качается с частотой 13 Гц вдоль оси, параллельной направлению полета спутника, совершая один поворот и возврат в исходное положение за  $1/13$  секунды. Спутник за это время успевает пролететь около 500 м. Для того, чтобы за  $1/13$  секунды проводить съемку с разрешением 80 м, надо одновременно сканировать не одну, а шесть полос земной поверхности, перпендикулярных трассе полета. Поэтому в фокальной плоскости съемочного объектива «Фрагмента» помещен световолоконный разветвитель шести изображений. Выстроенные в направлении полета шесть соприкасающихся квадратных площадок торцевой части разветвителя обеспечивают проведение съемки земной поверхности в одной зоне спектра электромагнитных волн. Свет от каждой такой площадки по своему световоду передается на шесть фотоприемников, оснащенных одинаковыми светофильтрами. Описанная конструкция за одно качание зеркала позволяет провести съемку в данной зоне спектра полосы земной поверхности шириной 480 м (точнее, шести полос по 80 м каждая).

Волоконно-оптический разветвитель имеет 35 световодов, на выходе которых установлено соответственно 35 фотоприемников. Из них 30 ( $6 \times 5$ ) обеспечивают проведение съемки с разрешением 80 м в пяти коротковолновых зонах спектра — в диапазоне 0,4—1,1 мкм. Остальные (пять) используются для съемки с худшим разрешением в диапазоне длин волн 1,2—2,4 мкм.

Создавая «Фрагмент», конструкторы думали не только о получении и передаче изображения (как в обычной телевизионной системе), но и о



*Схема одновременного шестиполосного сканирования земной поверхности в одной зоне спектра, реализованная в системе «Фрагмент»*

точном измерении спектральных яркостей каждого элемента снимаемой поверхности. Ибо при точном знании спектральных яркостей можно проводить на ЭВМ детальный анализ видеoinформации. Только так можно подробно узнать о физических, химических и биологических свойствах снятых участков. Для этого спектральные яркости элементов земной поверхности еще на борту спутника преобразуются в цифровую форму (в двоичной системе). Затем в таком виде они передаются на Землю. Яркость каждого элемента определяется по шкале, имеющей 256 градаций, и в двоичной системе выражается восьмиразрядным словом ( $256 = 2^8$ ). Когда «Фрагмент» ведет съемку с разрешением 80 м одновременно в четырех зонах спектра, то за одну секунду формируются и передаются на Землю 500 тыс. таких слов, или 4 млн. бит информации. Чтобы пе-

редать, принять на Земле и зарегистрировать на магнитных лентах такой огромный поток данных, в ОКБ Московского энергетического института была разработана специальная цифровая радиолиния. Основные достоинства передачи видеoinформации в цифровом виде — высокая надежность и защищенность от помех.

На Земле информацию с «Фрагмента» принимает параболическая антенна направленного действия, диаметром около 25 м. Раствор диаграммы направленности этой антенны — угол, в пределах которого она «видит» спутник, — меньше  $1^\circ$ . Поэтому, чтобы принять передаваемую видеoinформацию, антенна должна следить за спутником с точностью до единиц минут дуги и долей секунд времени. Мощные механизмы позволяют разворачивать антенну с указанной точностью. Делают они это на основании данных, полученных в результате траекторных измерений орбиты спутника.

Не так просто зарегистрировать информацию, поступающую со скоростью 4 млн. бит/с. Понадобились специальные видеоманитофоны, у которых во время записи скорость



*Снимок территории остепненных пустынь Южного Примугоджарья в зоне спектра 0,7—0,8 мкм. На сером фоне пустыни выделяются в виде темно-серых и почти черных мелких пятен западины с кустарниково-лугово-степной растительностью. Светло-серые и белые пятна — такыры и корковые солонцы*

протяжки магнитной ленты достигает 8 м/с. А чтобы ввести видеоинформацию в ЭВМ, нужна скорость в 30 раз меньше. Приходится первичную магнитную запись дважды переписывать с понижением скорости. После такой процедуры, про-

веденной на пункте приема информации, магнитные ленты с записью, которую можно вводить в ЭВМ, поступают в специализированную дисплейную систему цифровой обработки видеоинформации. И здесь информация подвергается сложной обработке.

Эксперимент с «Фрагментом» ставили в первую очередь для отработки методики и аппаратуры оперативных исследований природных ресурсов Земли из космоса. Помимо этого получаемая информация передается в многочисленные организации Советского Союза и других социалистических стран. Ее использование зачастую носит практический характер и оказывается экономически эффективным.

Для примера укажем, как Институт кибернетики Министерства сельского хозяйства СССР использовал получаемую информацию в Ставропольском крае. Обработав эту информацию в виде тематических карт и сводок, институт передает ее местным сельскохозяйственным органам. Они же, в свою очередь, эффективно используют ее для наблюдения за всходами и созреванием посевов, выявления очагов заболеваний, прогнозирования урожая. По данным Института кибернетики, экономическая эффективность использования информации с «Фрагмента» (только в упомянутом районе) исчисляется сотнями тысяч рублей.

## ЗАГАДОЧНЫЙ РАДИОСГОЛЧИК НА САТУРНЕ

Космические аппараты «Вояджер» зарегистрировали необычное электромагнитное излучение Сатурна. Непосредственное радиоизлучение планеты искали давно, но обнаружить его наземными средствами удалось лишь в последние годы. Напомним, что у Юпитера (и Земли) основные источники теплого излучения находятся в радиационных поясах. У Сатурна нет внутренних, наиболее мощных поясов радиации — заряженные частицы поглощаются кольцами. Пояса начинаются там, где кончаются кольца. Некоторые низкочастотные радиосигналы, принятые «Вояджером», исходили из огромных плазменных торов, что окружают планету и связаны со спутниками Дионой и Мимасом. Взаимодействие магнитосферы со спутниками и плазменным тором создает всплески радиоизлучения на частотах в несколько килогерц. Но особенно мощные импульсы электромагнитного излучения идут из колец планеты. Когда аппарат пересекал плоскость колец (за кольцом G), на него обрушился поток, который мог состоять из мелких электрически заряженных пылинок, двигавшихся с большой скоростью.

Электрические явления в кольцах могут определяться различными механизмами. Это — и электризация частиц трением, и фотоэффект, и, наконец, разделение зарядов благодаря разным скоростям движения электронов и ионов в плазме. Теория предсказывает, что заряды, которые могут накопиться в кольцах из-за электризации трением, очень значительны, особенно если в кольцах присутствуют частицы разного состава или если взаимодействуют отдельные тонкие кольца, имеющие неодинаковую природу. На детальных снимках тонкие кольца хорошо видны.

Импульсы электромагнитного излучения, приходящие из колец, возникают во время разрядов, подобных земным молниям. Однако вследствие крайней разреженности среды, где происходят разряды, они не сопровождаются заметной световой вспышкой. Другая их особенность — огромная мощность: в 10 000—100 000 раз выше, чем у земных молний. Такие разряды могут иметь большую линейную протяженность, но пока еще нельзя сказать, в какой именно части колец они возникают.

С электрическими явлениями в кольцах могут быть связаны также загадочные «спицы» — образования



в виде зубцов, наблюдаемых на поверхности колец. О «спицах» заговорили после полета «Вояджера-1», но самые зоркие наблюдатели изображали характерные зубцы на рисунках колец почти 100 лет назад.

«Спицы» движутся со скоростью, определяемой периодом вращения магнитосферы Сатурна, (10 ч 39,4 мин), и более или менее сохраняют свою форму, отставая от вращения колец. Предполагается, что благодаря электростатическому взаимодействию электрических зарядов колец и мельчайших пылинок, которые составляют «спицы», последние как бы висят над поверхностью колец. Пока остается неясным, как образуются «спицы». Отмечены случаи, когда зубцы размером в 10 000 км появились за время от 15 до 60 минут.

Одно из интереснейших открытий «Вояджера-2» — таинственный радиосточник на самой планете. Впервые он наблюдался в 1980 году, когда приемник низкочастотных волн «Вояджера-1» зарегистрировал импульсное радиоизлучение, которое приходило откуда-то из высоких широт северного полушария Сатурна. Точнее определить было нельзя, так как прибор был оснащен всенаправленной антенной. Удалось только наметить длинную полосу — в ее пределах и находится источник. Его сигнал был широкополосным, с максимальной мощностью у частоты 175 кГц (длинные волны). Излучение менялось во времени, но характер изменений поняли не сразу. Во время работы «Вояджера-2» была выделена другая полоса, внутри которой располагался источник. Пересечение двух полос показало, что источник находится вблизи широты 80°.

Характеристики источника немало озадачили исследователей. Оказалось, что он излучает сравнительно короткий мощный импульс, повторяющийся каждые 10 ч 39,4 мин, то есть один раз в сатурнианские сутки. Такую особенность излучения можно было объяснить, если бы магнитное поле Сатурна имело слож-

ный характер, как у Юпитера. Но поле Сатурна — дипольное. С чем же связан этот источник? Экспериментаторы отметили странное совпадение: вблизи источника спектрометр «Вояджера-2» зарегистрировал полярное сияние в виде кольца. Но самое удивительное свойство радиосточника обнаружилось, когда сопоставили время появления импульса с положением подсолнечного меридиана. Источник оказался своеобразными «часами с кукушкой»: излучение возникает именно в тот момент, когда источник пересекает полуденный меридиан. Настоящая служба времени: проверьте ваши часы, 12 часов по сатурнианскому времени! Разгадки этого странного явления пока нет. Интересно, что не менее загадочные радиосточники, но не длинноволнового, а декаметрового диапазона известны в экваториальной зоне Юпитера.

Л. В. КСАНФОМАЛИТИ

## НОВАЯ ЗВЕЗДА В СОЗВЕЗДИИ ОРЛА

Ранним утром 28 января 1982 года (27 января в 20 часов 25 минут по Всемирному времени) японский любитель астрономии, известный «ловец комет» Минору Хонда, просматривая восточный сектор неба, обнаружил в созвездии Орла звезду, отсутствовавшую на звездных картах. Сперва он подумал, не комета ли это? Но светило не смещалось. Стало ясно, что это — новая звезда, о чем Хонда и оповестил астрономическую обсерваторию в городе Окаяма. Там удалось сфотографировать Новую. Об открытии было сообщено в другие страны мира. 29 января ее наблюдали американские астрономы П. Коллинз и Э. Морган. Блеск Новой, равный в день открытия 6,5 звездной величины, ослабел спустя двое суток более чем на одну звездную величину.

Советские астрономы получили информацию об открытии Новой с большим запозданием. Лишь 2 февраля краткая заметка о новой звезде в созвездии Орла появилась в газете «Известия». Центральный совет ВАГО направил запрос в университет города Киото профессору Спотаро Миямото, и уже 4 февраля в распоряжении советских ученых были координаты, а также обстоятельства открытия и дальнейших наблюдений звезды. Новая находится в 2° юго-западнее яркой звезды δ Орла. За изменением ее блеска ведутся тщательные наблюдения.

В. А. БРОНШТЭН

## СВЕРХМАССИВНЫЕ ДВОЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Из многих активных галактик и квазаров выбрасываются узкие протяженные струи вещества. В последние годы было обнаружено, что эти струи медленно прецессируют. У некоторых объектов периоды прецессии измеряются миллионами, а у других, например у квазара 3С 273, лишь тысячами лет. Почему прецессируют струи, да еще с такими различными периодами?

Д. Уайтмир и Дж. Матис предложили, что в ядрах активных галактик (а квазары, по их мнению, те же активные галактические ядра) существуют двойные системы из сверхмассивных звезд. Одна из них заполняет полость Роша и теряет вещество, которое собирается в диск около второй звезды (предположительно — черной дыры). Побочным следствием этого процесса, как и в известной галактической двойной системе SS 433 (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 20—25.— *Ред.*) является возникновение прецессирующих струй. Но в отличие от SS 433 в двойных системах, находящихся в ядрах галактик, масса звезды, заполнившей полость Роша, должна составлять от  $10^6$  до  $10^8$  масс Солнца! Второй же компонентой двойной системы должна быть черная дыра, масса которой еще в десять раз больше.

Почему же у одних активных галактик периоды прецессии выбросов исчисляются миллионами, а в других — тысячами лет? Д. Уайтмир и Дж. Матис считают, что в первом случае мы наблюдаем движение струй, обусловленное прецессией сверхмассивной звезды, а во втором — движение, вызванное прецессией газового диска вокруг черной дыры. Модель объясняет многие особенности наблюдаемых явлений, но не дает пока ответа на вопрос: как могут существовать устойчивые сверхмассивные звезды?

Nature, 1981, 293, 5835.



## 150 лет Государственному астрономическому институту имени П. К. Штернберга

150 лет отделяют нас от времени, когда, благодаря энтузиазму профессора Московской университета Д. М. Перевощикова, на окраине Москвы, возле Пресненской заставы, начала свою работу Московская обсерватория, которой было суждено превратиться в один из известнейших в мире центров астрономии. Так получилось, что 100-летие астрономической обсерватории Московского государственного университета прошло в 1931 году незамеченным. Именно в этом году на базе обсерватории, Астрономо-геодезического института и Государственного астрофизического института был создан Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга [ГАИШ]. В суматохе «крестин» забы-

ли о дне рождения виновника торжества...

Прошло еще пятьдесят лет. К этому времени установилась традиция отмечать юбилейные даты научных учреждений конференциями, на которых подводятся итоги и намечаются перспективы дальнейших исследований. 8—10 декабря 1981 года в Московском университете проходила Всесоюзная конференция «Современное состояние основных направлений астрономических исследований». Конференция была посвящена юбилею ГАИШа, что получило отражение в программе всех трех дней ее работы.

Утром 8 декабря астрономы, приехавшие на конференцию, участвовали в заседании, посвящен-



*Профессор К. А. Куликов рассказывает о жизни и творчестве Ф. А. Бредихина*

ном 150-летию со дня рождения Ф. А. Бредихина — одного из руководителей Московской обсерватории, основоположника русской астрофизической школы. Доклад о жизни и научной деятельности этого выдающегося ученого сделал старейший профессор астрономического отделения Московского университета К. А. Куликов.

На дневном заседании с докладом об истории Московской университетской обсерватории и ГАИШа выступил директор института профессор

*Профессор Е. П. Аксенов выступает с докладом «История Московской университетской обсерватории и ГАИШа»*

Е. П. Аксенов. На заседание собрались около 600 человек, и среди них — сотрудники обсерваторий, институтов и университетов, расположенных в других городах страны, а также гости из братской Болгарии. В многочисленных приветствиях от астрономических учреждений и питомцев ГАИШа, работающих в них, звучали теплые слова в адрес института, подчеркивались хорошие результаты сотрудничества с ГАИШем.

В последующие дни на конференции шла речь об исследованиях, проводимых в ГАИШе по основным направлениям астрономии. За два дня было прочитано около 20 докладов, три из которых легли в основу статей, публикуемых ниже.

Фото Т. Бирули

*Академик В. А. Амбарцумян (слева) и дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. Н. Кубасов приветствуют участников конференции*





Профессор МГУ, академик  
Яков Борисович Зельдович

Академик  
Я. Б. ЗЕЛЬДОВИЧ

## Релятивистская астрофизика и теория тяготения

сировалось положение звезд на небесной сфере, определялись параллаксы и расстояния до ближайших звезд. Спектральный анализ дал первые сведения о химическом составе звезд или по крайней мере их внешних слоев. Начиналось исследование переменных и двойных звезд.

Небесная механика к 30-м годам прошлого века уже достигла высокого совершенства. «Теоретики» открыли далекую планету Нептун по возмущениям движения Урана. Менее известно, что примерно в это же время по аномалиям в движении Меркурия был сделан вывод о существовании более близкой к Солнцу, чем Меркурий, планеты Вулкан. Вывод этот не подтвердился, и аномалии в движении Меркурия нашли объяснение в теории тяготения Эйнштейна.

Сегодня мы говорим, что наблюдения и расчеты, относящиеся к Солнечной системе, великолепно подтвердили ньютоновскую небесную механику и ньютоновскую теорию тяготения. До перехода к релятивистской теории, хочу сказать похвальное слово классической астрономии: она достигла больших успехов уже 150 лет тому назад, но не остановилась, а продолжала и продолжает развиваться. Более того, релятивистская астрофизика не могла бы возникнуть, не имея прочного классического фундамента.

Релятивистская теория обязана своим рождением научной революции, связанной с созданием специальной и общей теории относительности. Соотношение эквивалентности массы и энергии  $E=mc^2$ , полученное А. Эйнштейном в 1905 году, очень

скоро нашло астрономическое применение. Сравнивая атомные веса гелия и водорода, А. Эддингтон сделал вывод, что превращение водорода в гелий должно давать огромную энергию. Таким образом можно обеспечить свечение Солнца в течение десяти и более миллиардов лет.

Поразительна научная смелость Эддингтона: ядерной физики, которая могла бы раскрыть конкретные пути превращения водорода в гелий, еще не существовало! Лишь в 30-х годах нашего века были построены детальные схемы этой ядерной реакции. Теория эволюции звезд главной последовательности (к которым принадлежит и Солнце) и сопоставление ее с наблюдениями убеждают нас в правильности идеи ядерных реакций как источника звездной энергии. С другой стороны, полученные Р. Девисом расхождения между наблюдаемым и расчетным потоком нейтрино от побочных ядерных реакций в недрах Солнца показывают, что еще и сейчас не все детали процесса раскрыты количественно (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 10—13.—Ред.).

Вторым приложением специальной теории относительности к астрофизике стала теория ультрарелятивистских частиц, движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Их энергия равна:

$$E = m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

Прошло немного времени, и были открыты космические лучи, в которых протоны имеют энергию, значительно большую  $m_0 c^2$ . Наряду с релятивистскими протонами и ядрами были обнаружены и релятивистские электроны.

Сто пятьдесят лет — внушительный отрезок времени, за который сменяется несколько поколений исследователей и несколько раз меняется главное направление в каждой области науки. Поэтому 150-летие Московской обсерватории, превратившейся около 50 лет тому назад в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга (ГАИШ), — подходящий повод, чтобы подвести некоторые итоги.

Я попытаюсь — по необходимости схематично и кратко — дать общий обзор развития астрономии, при этом особое внимание уделю релятивистской астрофизике, самой молодой и стремительно развивающейся области астрономии. Не скрою, я сам работаю над вопросами релятивистской астрофизики и мои оценки в какой-то мере субъективны.

150 лет назад астрономия состояла из двух почти разобщенных частей. Оптическая наблюдательная астрономия была наукой описательной. Фик-

Наконец, в 1915—1916 годах завершилось создание релятивистской теории тяготения — общей теории относительности (ОТО). Не буду сколь-нибудь подробно останавливаться на грандиозной перестройке самых общих наших представлений о пространстве и времени. Нашли свое конкретное воплощение идеи Лобачевского, Больяи, Гаусса, Римана, Клиффорда и других о том, что геометрия и свойства пространства являются частью физики, обусловлены веществом, энергией и силами. Закон тяготения Ньютона получил, наконец, обоснование и оказался неизбежным следствием связи геометрии с физикой. Одновременно были найдены и пределы применимости закона Ньютона, и поправки к нему.

Первой лабораторией, в которой ОТО подверглась проверке, стала Солнечная система. Это испытание ОТО выдержала с честью. По мере уточнения наблюдений, использующих радиоастрономические, радиолокационные, спутниковые методы, растет точность совпадения наблюдаемых и предсказываемых ОТО величин и крепнет наша уверенность в правильности ОТО. Например, отклонение электромагнитных волн в гравитационном поле Солнца измерено в оптическом<sup>1</sup> и радиодиапазонах. Точность совпадения с ОТО достигла 1%. Изменение течения времени в зависимости от гравитационного потенциала проявляется в смещении частоты фотонов (квантов света, гамма-квантов) при их падении или подъеме. Этот эффект подтвержден в земных лабораториях.

Однако здесь нас больше интересуют те процессы, явления и объекты, в которых ОТО становится решающей, перестает играть роль поправки. Нарушая историческую последовательность, начнем со сверхплотных звезд — конечных стадий жизни звезд, исчерпавших свое ядерное горючее.

Л. Д. Ландау и С. Чандрасекар показали, что в звездах с массой по-

рядка солнечной и меньше даже холодные электроны имеют большую энергию, развивают достаточно высокое давление, приостанавливая сжатие звезды. Так была создана теория белых карликов — звезд с массой около солнечной, но таких же размеров, как Земля. Плотность вещества в белых карликах в миллион раз больше плотности воды.

В более массивных звездах при дальнейшем сжатии энергия электронов (зависящая не от температуры, а от плотности) становится настолько высокой, что электроны разрушают ядра, превращая их в сплошное нейтронное вещество по реакции

$$e^{-} + p \rightarrow n + \nu.$$

Образуются нейтронные звезды радиусом около 20—30 км. Но и нейтронные звезды не способны оставаться в равновесии при массе, больше 2—3 солнечных. Если масса превысит эту величину, происходит неограниченное сжатие, возникают черные дыры, теория которых полностью основана на ОТО. О возможности превращения вещества в нейтроны говорили астрономы — В. Бааде, Ф. Цвикки и физик — Л. Д. Ландау. Теорию коллапса черных дыр разработал человек с необычной и трудной судьбой — Р. Оппенгеймер.

Проникновение ОТО в космологию сопровождалось драматическими коллизиями. Существовал огромный психологический барьер: насколько легко о Вселенной как целом говорили философы, настолько мучительно приближались к этому представлению физики. Показательно, что в 1961 году прекрасный советский физик В. А. Фок писал: «Но никогда под пространством в целом мы не подразумеваем всю Вселенную; вводить в рассмотрение всю Вселенную представляется нам невозможным по гносеологическим соображениям». А между тем еще в 1917 году А. Эйнштейн строил модель замкнутой, статической Вселенной. Он правильно понимал, что именно на базе ОТО только и можно строго и последовательно подойти к проблемам космологии.

Истинное решение — теорию эволюционирующей расширяющейся Вселенной — дал наш соотечествен-

ник А. А. Фридман в голодном Петрограде в 1922—1924 годах. Расширение Вселенной подтвердил в 1929 году наблюдением красного смещения линий в спектрах галактик Э. Хаббл. Не обошлось без курьезов: Эйнштейн не сразу принял теорию Фридмана, и в двух журнальных заметках — опровергающей и извиняющейся — отразились колебания великого ученого. В свою очередь Хаббл ошибся в 10 раз в определении шкалы расстояний во Вселенной. Получалось, что возраст Вселенной меньше геологического возраста Земли. Понадобилось 50 лет, чтобы исправить ошибку Хаббла.

Важным дополнением к теории расширяющейся Вселенной стала теория возмущений однородной Вселенной, развитая в 1946 году Е. М. Лифшицем — учеником и соратником Л. Д. Ландау. Наконец, появилась теория горячей Вселенной, созданная в основном Г. А. Гамовым. В 1964 году она была подтверждена прямыми наблюдениями пронизывающего всю Вселенную фонового излучения. Это открытие А. Пензиаса и Р. Вилсона (за которым вплотную последовали целеустремленные наблюдения фонового излучения, проведенные Р. Дикке, П. Пиблсом, П. Роллом и Д. Вилкинсоном) стало решающим для понимания физической картины ранней Вселенной. Оно наметило путь широкой и в то же время реалистической разработке теории эволюции Вселенной.

Что же представляла собой деятельность ГАИШа в области релятивистской астрофизики на этом фоне развития мировой науки?

Первое направление, которым успешно занимались сотрудники ГАИШа — это **релятивистская теория тяготения**<sup>2</sup>. Начал исследования А. Л. Зельманов, позднее к нему присоединились его ученики — И. Д. Новиков, Л. П. Гришук и другие.

<sup>2</sup> Важные и интересные работы, выполненные в ГАИШе в области ньютоновской гравиметрии и небесной механики, лежат за пределами темы данной статьи.

Надо отметить своеобразие ОТО: ясная физическая идея приводит к сложным математическим структурам. Вжиться в ОТО, приобрести интуицию, научиться видеть ее физическое содержание очень нелегко, как нелегко создать и соответствующий формальный аппарат. Хороший пример дают работы А. Л. Зельмана конца 50-х годов. Созданная им теория хронометрических инвариантов позволяет в каждой задаче выделить понятия, наиболее близкие к ньютоновской теории. В 1981 году известный американский астрофизик, почетный доктор наук Московского государственного университета К. Торн успешно применил эту теорию в конкретной задаче об электромагнитном поле черной дыры.

И. Д. Новиков дал ясную и последовательную интерпретацию уравнений метрики черной дыры. Он объяснил, почему гравитационный радиус является выделенным для далекого наблюдателя, в то время как наблюдатель, падающий в поле черной дыры, не испытывает никакого скачка или встряски, пересекая этот радиус.

Л. П. Грищук много сделал в теории гравитационных волн и их детектирования. Эти работы особенно выигрывают в связи с тем, что в Московском университете В. Б. Брагинский с сотрудниками настойчиво совершенствуют методы обнаружения гравитационных волн.

Работы ГАИША в области ОТО отличаются не только высоким уровнем и астрофизической целеустремленностью. За 65 лет существования ОТО было сделано немало попыток поставить под сомнение ее правильность и логическую замкнутость. К чести ГАИША его «гравитационисты» без предубеждений относились к ОТО и альтернативным теориям тяготения, внимательно анализировали различия. Их приверженность классической ОТО не базировалась на догматической вере. Основой правильного принципиального курса ГАИША было знание наблюдательного материала, подтверждающего ОТО, и глубокое проникновение в саму теорию. В ясном детальном понимании рассеивались кажущиеся трудности

и парадоксы, устранялись любые — экспериментальные или теоретические — побудительные причины для изменений ОТО. Я имею в виду изменения ОТО в классической области. Как известно, ОТО — неклассическая, классическая теория. Необходимость ее изменения в области, где существенны квантовые эффекты, очевидна. В квантовой теории намечается также установление связи между тяготением, электромагнетизмом и ядерными силами. Всеобъемлющая теория элементарных частиц сейчас немислима без квантовой теории гравитации, примыкающей к ОТО. Но это не противоречит тому, что ОТО сохранится как классическая теория. Ведь сохранилась же механика Ньютона, когда возникла квантовая механика.

Вернемся однако к астрофизике. Следующее после ОТО второе направление, условно названное **релятивистской астрофизикой межзвездной среды**, развивалось в ГАИШе в тесном взаимодействии с радиоастрономией и изучением сверхновых звезд. В один тугий узел соединились исследования космических лучей и размышления об их происхождении, теория синхротронного излучения релятивистских электронов в магнитном поле и изучение Крабовидной туманности. Наряду с ГАИШем теорией движения и излучения релятивистских частиц в Советском Союзе традиционно занимались физики-теоретики Московского университета и Академии наук. Большой вклад в теорию космических лучей и другие астрофизические вопросы внес В. Л. Гинзбург.

Наблюдение поляризованного оптического и радиоизлучения было поворотным моментом в исследовании межзвездной среды и, в частности, остатков сверхновых. И бесспорным лидером этих исследований в ГАИШе стал И. С. Шкловский. Именно в ГАИШе возникла очень сильная и активная группа радиоастрономов. Отмечу их исследования эмиссии водорода в линии 21 см и идею Н. С. Кардашева о возможности обнаружения высоковозбужденных атомов водорода. Большой материал, наблюдательный и теорети-

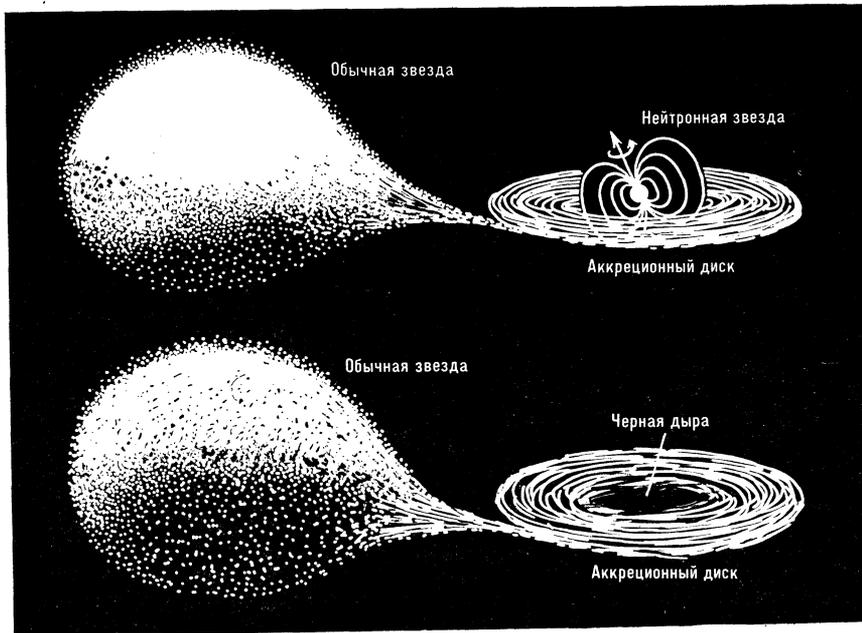
ческий, в области сверхновых получен Ю. П. Псковским и группой В. С. Имшенника.

Может быть, блюстителю строгого употребления терминов скажет, что не все в этом перечне связано с теорией относительности, не все «релятивистское». Но подойдем к вопросу шире. Будем говорить не специально о «релятивистской», но о «неклассической» астрономии, выходящей за рамки исследования звезд. Тогда мы поймем и оценим внутреннюю связь работ, посвященных релятивистским электронам, межзвездным магнитным полям и межзвездному газу.

Среди этих работ выделяются труды С. Б. Пикельнера, безвременно ушедшего от нас в 1975 году в возрасте 54 лет. С. Б. Пикельнер соединял научный талант, ясность мышления с исключительными человеческими качествами — чистотой, скромностью, человеколюбием. Его научные достижения запечатлены в статьях и книгах; его облик остается в памяти тех, кто знал его лично.

Все названные выше ученые вместе с учениками и соратниками сделали ГАИШ всемирно признанным центром теоретической мысли и радиоастрономических наблюдений. Достойными их продолжателями стали исследователи рентгеновских источников. До сих пор остается классической работа о дисковой аккреции в рентгеновских источниках, выполненная сотрудником ГАИША Н. И. Шакурой и сотрудником Института космических исследований АН СССР Р. А. Сюняевым. Оптические наблюдения рентгеновских источников проводили А. М. Черепашук и В. М. Лютый. Результаты этих наблюдений в сочетании с рентгеновскими данными и теорией помогли создать стройную, убедительно доказанную картину явления.

Усиленно разрабатывается в последние годы вопрос о связи между рождением пульсаров и черных дыр и взрывами сверхновых. Наконец, ядра галактик и квазары — предмет, которому посвящены многие исследования, в частности Э. А. Дибая, — также, вероятно, связаны с аккрецией на центральную черную дыру



*Модели рентгеновских источников с дисковой аккрецией, предложенные Н. И. Шакурой и Р. А. Сюняевым. Вверху — модель рентгеновского пульсара. Вещество обычной звезды, заполнившей свою полость Роша, перетекает к нейтронной звезде, образуя вокруг нее диск. Из этого диска вещество падает на поверхность нейтронной звезды, благодаря чему выделяется энергия в рентгеновском диапазоне. Внизу — модель двойной системы Лебедь X-1, включающей обычную звезду и черную дыру. Гравитационная энергия выделяется в диске при медленном продвижении вещества к черной дыре. Газовый диск разогревается и излучает в рентгеновском диапазоне спектра*

и в этом смысле являются предметом релятивистской астрофизики.

С третьим направлением релятивистской астрофизики в ГАИШе — космологией — я в большей мере связан лично. Начав заниматься ОТО и астрофизикой в 60-х годах, я естественно установил связи с сотрудниками ГАИШа. Мне повезло: в эти годы было открыто фоновое излучение, утвердилась теория горячей Вселенной. Но мне (или нам) не по-

везло: эти открытия были сделаны не в нашей стране. Позже, как выражаются шахматисты, «при домашнем анализе» мы поняли, что могли бы выиграть эту партию. Данные о малом содержании гелия и низкой температуре излучения, направившие меня на ложный путь, оказались просто неверными, и опытный астрофизик мог бы сразу увидеть это. Указания на существование фонового излучения с температурой 3 К содержались уже в работе 1941 года Мак-Келлара. В спектре межзвездного циана он обнаружил загадочное возбуждение части молекул. После открытия фонового излучения И. С. Шкловский объяснил, чем было вызвано возбуждение молекул циана. Но к этому времени «первая шахматная партия» была уже окончена.

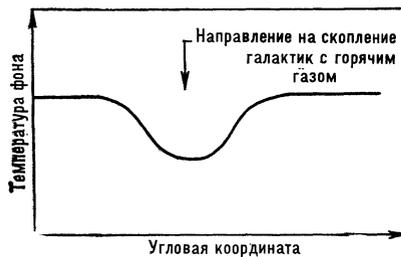
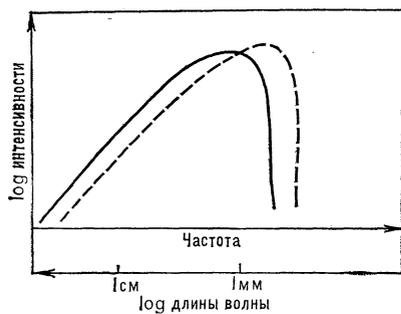
Идея горячей Вселенной открыла реальные пути исследования ранней Вселенной, нуклеосинтеза в первые три минуты после Большого взрыва, превращения плазмы в нейтральный газ, рождения структуры Вселенной. Появилась серия детальных исследований (теоретических и наблюдательных) спектра и углового распределения фонового излучения. Большую роль сыграли измерения, про-

веденные Ю. Н. Парийским на радиотелескопе РАТАН-600.

Рентгеновская астрономия обнаружила гигантские облака горячего газа в скоплениях галактик. Автор статьи вместе с Р. А. Сюняевым предсказали, что рассеяние фонового излучения на горячих электронах в скоплениях галактик будет приводить к своеобразным искажениям спектра фонового излучения. Рентгеновское излучение возникает при столкновениях электронов с протонами, яркость его пропорциональна произведению  $n_e n_p l$ , где  $n_e$  и  $n_p$  — плотность электронов и протонов соответственно ( $n_e = n_p$ ,  $n_e n_p l = n_e^2 l$ ),  $l$  — размер излучающего облака горячего газа. Влияние электронов на фоновое излучение пропорционально  $n_e l T_e$ . Температуру электронов ( $T_e$ ) мы узнаем по спектру рентгеновского излучения. Итак, из наблюдений мы можем определить  $n_e^2 l$  и  $n_e l$ , поэтому удастся вычислить в отдельности плотность электронов в горячем газе скопления и размер облака этого горячего газа.

Сбывается мечта тех, кто занимается внегалактическими исследованиями. Они говорят: дайте нам «стандартную свечу» — объект с известной абсолютной светимостью, или «стандартный метр» — объект с известным абсолютным размером, и тогда мы сможем определить расстояние до свечи или до метра. Повторялась в другой редакции знаменитая фраза Архимеда: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю».

Сейчас такой стандартный метр найден! Рентгеновским и радиоастрономическим наблюдениям доступны скопления галактик, находящиеся на расстояниях в миллиарды световых лет, например скопления с красным смещением  $z=0.5$ . Зная размер и угол, под которым видно облако горячего газа в скоплении, можно найти расстояние до скопления. По измеренному красному смещению определяем скорость удаления скопления галактик и отсюда вычисляем постоянную Хаббла и возраст Вселенной. Более того, детально исследовав искажения спектра фонового излучения, можно попытаться отделить хаотическое тепловое движение электронов от общего дви-



*Изменение интенсивности реликтового излучения в направлении на скопление галактик с горячим газом. Вверху — спектр реликтового излучения в стороне от скопления галактик (сплошная линия) и в направлении на скопление галактик (пунктирная линия). Фотоны реликтового излучения, проходя через скопление галактик, рассеиваются на горячих электронах и в среднем увеличивают свою частоту. В результате в направлении на скопление галактик наблюдается понижение температуры реликтового излучения в сантиметровой области спектра*

жения облака газа относительного фонового излучения. Строго говоря, именно фоновое излучение играет роль «нового эфира», расширяется по закону Хаббла. Движение скопления относительно излучения характеризует «случайную» скорость скопления, которую можно выделить радиоастрономическими наблюдениями.

Решающее значение имеет фоновое излучение в теории образования

галактик. До определенного периода, пока газ ионизирован, излучение препятствует распаду сплошного газа на отдельные облака. Когда электроны «прилипают» к протонам и газ становится нейтральным, под действием сил тяготения этот газ собирается в облака. По отношению к тем возмущениям, которые «выживают» во время высокотемпературной стадии (когда газ ионизирован), движение газа является сверхзвуковым. Это приводит к образованию специфической структуры — очень тонких плотных областей сжатого газа, где и формируются галактики. Тонкие области, занятые галактиками, окружены обширными «пустотами», в которых разреженный газ так никогда и не превратится в галактики. Особенно сильно сконцентрированы галактики в местах пересечения тонких плотных областей. Такую крупномасштабную структуру Вселенной мы называем сетчато-ячеистой.

По-видимому, наши теоретические выводы (отмечу здесь вклад А. Г. Дорошкевича, С. Ф. Шандарина и математика В. И. Арнольда) находят подтверждение в наблюдениях, которые особенно активно ведутся группой эстонских астрономов во главе с Я. Э. Эйнасто.

Сейчас космологов волнует вопрос, есть ли в природе тяжелые стабильные частицы (кроме  $p$  и  $e^-$ ), в частности, имеют ли массу нейтрино? От этого существенно зависит количественная теория образования галактик. Выше уже упомянуты работы Ю. Н. Парийского — радиоастронома, очень быстро и отчетливо оценившего необходимость исследования возмущений ранней Вселенной, которые проявляются в возмущениях фонового излучения.

В самое последнее время ставится вопрос о роли взрывов сверхновых в нагреве межзвездного газа, в рождении звезд, в формировании галактик и даже в крупномасштабной структуре Вселенной. Так еще раз подтверждается тесная связь различных разделов астрофизики.

Не буду останавливаться на теориях самой ранней Вселенной, когда господствовала такая высокая тем-

пература, для которой экспериментально не проверены необходимые законы физики.

Я увлекся, излагая работы нашей группы, но, пусть простят читатели, хотелось показать перспективы нового этапа космологии. Всякий новый этап развития науки вызывает определенный психологический стресс. Прежние этапы не отменяются; по-прежнему актуальны исследования рентгеновских источников, пульсаров, квазаров и знаменитой двойной системы SS 433. Но новое, нарождающееся направление исследования нуждается в защите, в признании, а значит, нуждается в агитации и пропаганде.

Огромной заслугой ГАИШа как целого является широта взглядов и интерес к новым направлениям. Эта традиция ГАИШа имеет вековую историю: вспомним, что еще в 1876 году Ф. А. Бредихин изучал спектральные линии туманностей. Я с благодарностью отмечаю внимание, которое неизменно проявляет к релятивистской тематике Д. Я. Мартынов, в бытность которого директором ГАИШа я входил в астрофизику. С большим удовлетворением хочу отметить работу в стенах ГАИШа объединенного астрофизического семинара. За 15 лет проведено свыше 270 заседаний. В них участвовали многие зарубежные корифеи релятивистской астрофизики — С. Чандрасекар, Дж. Уилер, К. Торн, С. Хоукинг, Ф. Хойл, Дж. и М. Бербидж.

Из этого видно, что ГАИШ может объединять неформально, не зачисляя в штат, всех молодых и немолодых людей, посвятивших себя астрономии и, в частности, релятивистской астрофизике. Астрономы ГАИШа совмещают чувство нового с одновременным уважением традиций, уменьем радоваться всякому успеху своего коллеги, всякому достижению, обогащающему науку. Тому свидетельство и 150 лет непрерывного самоотверженного служения науке астрономов и астрофизиков Московской обсерватории и Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга.



*Профессор МГУ  
Дмитрий Яковлевич Мартынов*

Доктор физико-математических наук  
Д. Я. МАРТЫНОВ

## Астрофизические исследования

Астрофизические исследования в ГАИШе имеют предшественников в работах астрономов Московской обсерватории, причастных к рассмотрению астрофизических вопросов в той мере, в какой это позволяло оборудование обсерватории. Астрофизические наблюдения проводили Ф. А. Бредихин и В. К. Цераский; П. К. Штернберг был очень чуток к успехам астрофизики, и в его «Курсе описательной астрономии», изданном в 1915 году, мы находим едва ли не первое на русском языке изложение идеи лучистого переноса, лучистого равновесия. Он же организовал наблюдения полного солнечного затмения летом 1914 года по чисто астрофизической программе. С. Н. Блажко — зачинатель исследований переменных звезд — высказал немало астрофизических идей.

С организацией в 1931 году ГАИША астрофизика прочно поселяется в его стенах. В настоящей статье автор смог охватить лишь часть астрофизических исследований, ведущихся в ГАИШе, оставив в стороне обширные радиоастрономические работы, планетные и космические исследования.

Развитию астрофизики в ГАИШе способствовало то, что к универси-

тетским астрономам присоединились специалисты Государственного астрофизического института, и прежде всего В. Г. Фесенков и С. В. Орлов, уже завоевавшие научное признание. Выдающиеся способности, разнообразные научные интересы, неутомимая энергия в организации научной работы, превосходное сочетание теоретической мысли с талантом экспериментатора-наблюдателя — все это сделало В. Г. Фесенкова признанным главой московских астрофизиков. Его учениками были Э. Р. Мустьель, А. Б. Северный, Г. Ф. Ситник, А. Л. Зельманов, Ю. Н. Липский.

Хочу обратить внимание на главную особенность научного творчества В. Г. Фесенкова — на эволюционизм. Чем бы он ни занимался в астрономии, его неизменно увлекал вопрос о происхождении и развитии явления. Так, заинтересовавшись проблемой образования Солнечной системы, в центре своих исследований он поставил диффузное вещество, дошедшее до нас в своем первоначальном виде, — зодиакальную и межзвездную пыль, а также метеориты. Нельзя забывать о выдающемся таланте В. Г. Фесенкова, проявившемся при создании разного рода астрономических приборов. Эти приборы всегда отличались завидной простотой и эффективностью.

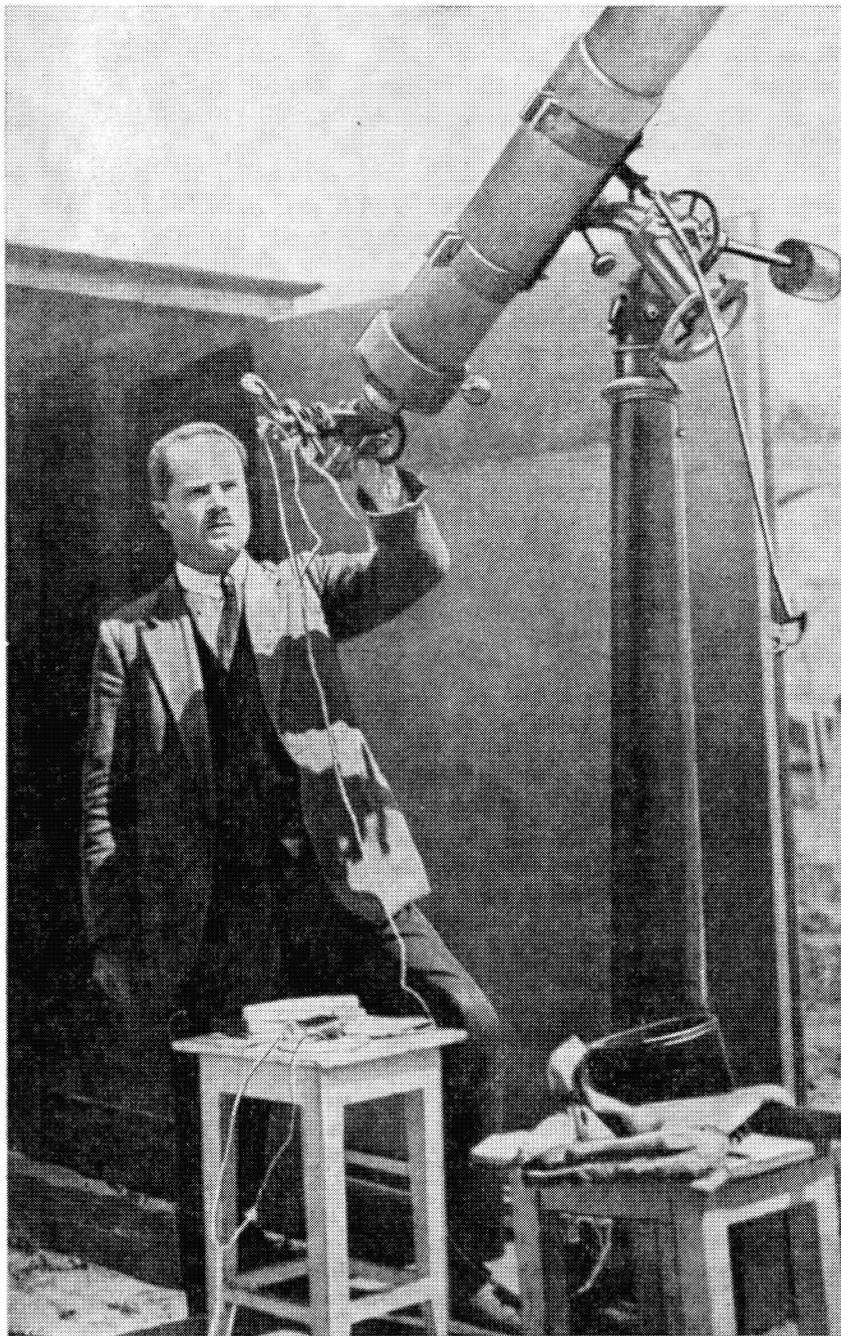
Василий Григорьевич Фесенков был первым заведующим кафедрой астрофизики. В 1934 году еще до ее учреждения (1938 г.) он читал в университете курс теоретической астрофизики. Позднее он вел лекции по практической астрофизике и общей астрономии — курсу, совершенно отличному от установившихся стандарт-

ных форм: это было введение в ту же астрофизику.

Созданная Василием Григорьевичем при Государственном астрофизическом институте Кучинская обсерватория стала для ГАИША местом практических астрофизических и звездно-астрономических исследований. Без этой обсерватории подготовка студентов-астрофизиков к работе наблюдателя была бы просто невозможной.

Сподвижником В. Г. Фесенкова был С. В. Орлов — бесспорный преемник Ф. А. Бредихина. Уже у Бредихина «механическая теория кометных форм», достигнув математической законченности, перерастала в физическую теорию. Сергей Владимирович Орлов продолжил это направление на основе накопленных в мировой науке богатых фотометрических и спектроскопических материалов о кометах. Он развил классификацию кометных хвостов, видоизменил модель головы кометы, введя в рассмотрение новый фактор — некоторое поле сил, связанное с головой кометы, а потом настойчиво искал источники отталкивательных ускорений, действующих в хвостах комет. Сергей Владимирович опубликовал монографии, посвященные кометам; одна из этих работ получила Государственную премию СССР.

В течение нескольких десятилетий С. В. Орлов олицетворял московскую школу кометной астрономии. Рядом с ним работали его ученики и сотрудники — Б. А. Воронцов-Вельяминов, С. К. Всехсвятский. По загадочным колебаниям блеска одной из комет 1893 года Б. А. Воронцов-Вельяминов установил вращение комет-



*В. Г. Фесенков  
во время наблюдений (1927 г.)*

ных ядер. Он же дал метод расчета баланса газов в голове кометы. Позднее Б. Ю. Левин вывел формулу тепловой десорбции газов из ядра, состоящего из конгломерата льдов

и пыли, и оценил физические параметры многих комет.

Организованная С. В. Орловым в 1940 году кафедра кометной астрономии существовала до 1953 года. В конце этого периода ряд работ по механизму свечения газов в кометах выполнил С. М. Полосков. Он развивал теорию резонансного переизлуче-

чения молекулами солнечной радиации, что потребовало признать кометную атмосферу гораздо более плотной, чем думали раньше.

Первоначально Б. А. Воронцов-Вельяминов выступал как астрофизик. Его интересовали не только кометы, но и горячие звезды. Позднее он перешел к исследованию планетарных туманностей, а затем газовых туманностей и новых звезд. Естественным образом из этих занятий родилась идея о выбросе в межзвездное пространство звездного вещества. На диаграмме Герцшпрунга — Рессела Б. А. Воронцов-Вельяминов открыл бело-голубую последовательность звезд, которая в последующие годы приобрела космогонический смысл. Его изучение новых звезд с несколько «звездно-астрономическим» уклоном было дополнено чисто астрофизическими исследованиями, выполненными Э. Р. Мустелем, который изучил физику выброса оболочек во время вспышки новой.

С большим успехом работал Э. Р. Мустель и в области физики Солнца, уделяя особое внимание связи между солнечными и геофизическими явлениями.

Другой ученик В. Г. Фесенкова — Г. Ф. Ситник внес заметный вклад в гелиофизику, изучив распределение энергии в спектре Солнца. Он создал в лаборатории модель абсолютно черного тела, послужившую стандартом для количественного выражения солнечного излучения в разных областях спектра. Сами измерения проводились фотоэлектрическим методом. Ту же задачу решала фотографическим способом его сотрудница Е. А. Макарова. Впоследствии она совместно с А. В. Харитоновым (Астрофизический институт АН КазССР) подвела итоги фундаментальным работам по абсолютной спектрофотометрии и пирометрии Солнца в монографии, получившей высокую оценку у нас и за рубежом.

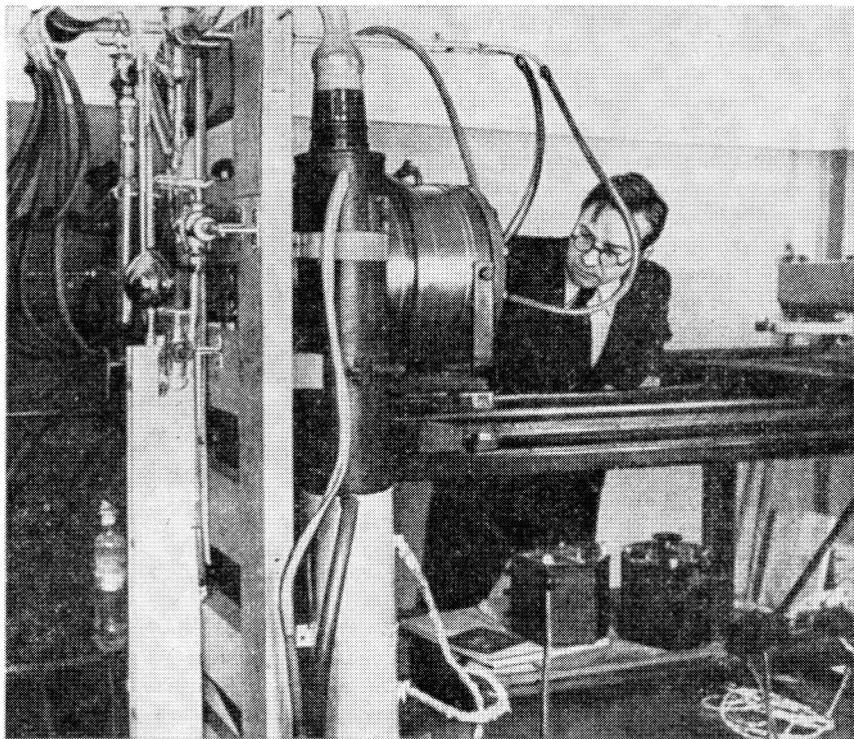
Используя накопленный богатый опыт и разработанную методику, сотрудники ГАИША перешли от спектрофотометрии Солнца к спектрофотометрическим измерениям звезд. Группа сотрудников, возглавляемая И. Н. Глушневой, измерила распре-

деление энергии в спектрах более 700 звезд. Результаты этих исследований сведены в каталог, который вскоре увидит свет.

Более 40 лет работает в ГАИШе И. С. Шкловский, известный своими работами в различных областях астрофизики. Я хочу отметить предложенную им модель горячей солнечной короны, которая встретилась с альтернативной моделью холодной короны. В ряде статей, излагавших результаты исследований физического состояния короны, альтернатива была снята. Вся проблема мастерски изложена И. С. Шкловским в монографии о солнечной короне.

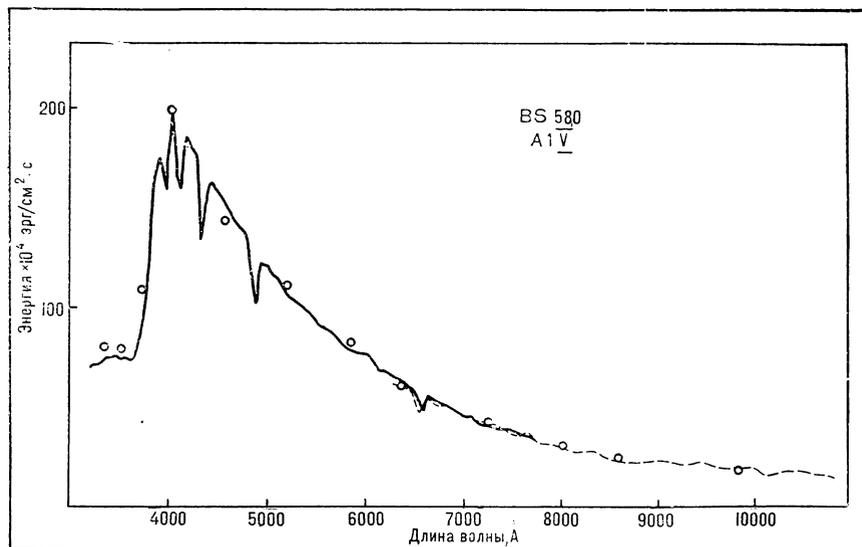
И. С. Шкловский был учеником Н. Н. Парийского, известного геофизика, гравиметриста и одновременно астрофизика, который много лет преподавал на кафедре астрофизики, воспитывал студентов и аспирантов и проводил астрофизические исследования. Н. Н. Парийский был душой и организатором в ГАИШе экспедиций, наблюдавших солнечные затмения (до 1960 г.). Особенно много он сделал для организации экспедиции в горы Заилийского Алатау, где проводились работы по программе Международного геофизического года. Он и сам на высоте около 3000 м изучал противосияние с помощью созданного по его идеям небулярного спектрографа. Н. Н. Парийский показал, что спектр противосияния точно воспроизводит солнечный, следовательно, противосияние порождено рассеянием солнечного света довольно крупными пылевыми частицами, размещающимися за пределами земной орбиты вплоть до пояса астероидов. Этими наблюдениями было положено начало постоянно действующей в горах Заилийского Алатау экспедиции ГАИШа.

В 1959 году в круг московских астрофизиков вошел Соломон Борисович Пикельнер, определявший в значительной степени лицо ГАИШевской астрофизики вплоть до своей безвременной кончины в 1975 году. Соломон Борисович, воспитанник Московского университета, возвратился в Москву уже зрелым ученым после 15 лет работы в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР.



*Профессор Г. Ф. Ситник у созданной им лабораторной модели абсолютно черного тела*

*Распределение энергии в падающем на Землю излучении звезды BS 580 (спектральный класс A1 V). Это — одна из тысячи звезд, исследованных в ГАИШе в 70-е годы*



Там он вел наблюдения и теоретические исследования в тесном контакте с Г. А. Шайном.

С. Б. Пикельнер отличался многими чертами первоклассного ученого — широтой взглядов и интересов, глубоким проникновением в физические процессы, определяющие изучаемое явление, неизменной готовностью помочь всякому, кто обращался к нему за советом, и, как следствие этого, умением привлекать к себе многочисленных учеников. Хотя в ГАИШе он не вел наблюдений, школа, пройденная им в Крымской астрофизической обсерватории, дала ему правильное понимание ценности эмпирического материала и степени его надежности.

Его теоретические работы были сюжетно разнообразны, но все они (или почти все) посвящались исследованию космической плазмы в ее многочисленных проявлениях — на Солнце, в межзвездной диффузной среде, в туманностях. Первое, что сделал С. Б. Пикельнер, став профессором Московского университета, — он ввел курс космической электродинамики и написал к нему учебник-монографию, а затем вместе с С. А. Капланом создал монографию «Межзвездная среда».

В физике Солнца С. Б. Пикельнер рассматривал механизмы перемешивания — конвекции, турбулентности — в условиях малых и больших магнитных полей, переноса энергии волнами разных типов — акустическими, магнитогидродинамическими и т. п. В результате он объяснил обширный круг явлений в атмосфере Солнца, особенно в хромосфере и короне.

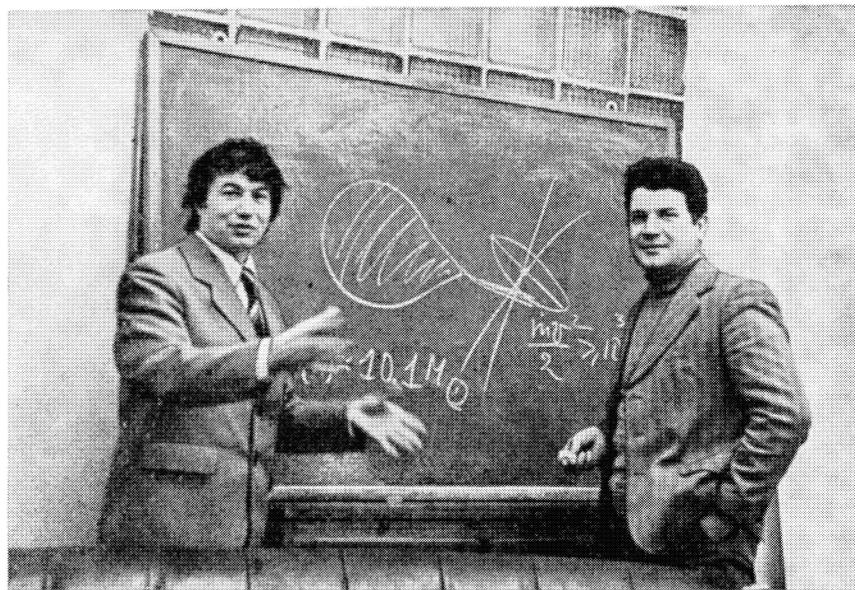
В начале нашего века астрономам было известно, что в межзвездной среде есть атомы натрия и кальция. Они полагали, что там может быть и пыль, но ничего о ней не знали. Представления астрономов о межзвездной среде А. Эддингтон в то время сравнивал с отношением одной английской леди к привидениям. На вопрос, верит ли она в привидения, леди ответила: «Я в них не верю, но я их боюсь». За последующие полвека межзвездная среда перестала быть привидением для астрономов, превратилась в реальность,



*Профессор МГУ  
Соломон Борисович  
Пикельнер (1921—1975)*

и в этом превращении велика заслуга Соломона Борисовича Пикельнера. Он вместе с учениками обнаружил двухфазовость межзвездной среды — существование горячих областей низкой плотности рядом с плотными холодными облаками. В отдельных местах вещество конденсируется в

*А. М. Черепашук (справа)  
и Х. Ф. Халиуллин обсуждают  
проблемы рентгеновски  
двойных систем*



звезды или в более крупные комплексы — ассоциации и звездные скопления, в зависимости от размеров холодных областей с молекулярным и пылевым составом. Свои теоретические построения, основывавшиеся на наблюдаемых в Галактике явлениях, Соломон Борисович распространял и на внегалактические объекты. Из учеников Соломона Борисовича с особым успехом развивали его идеи Н. Г. Бочкарев, В. С. Стрельницкий, В. М. Томозов.

Деятельность астрономов-наблюдателей ГАИША в известной мере определялась успехами теории. Отмечу целеустремленные исследования остатков вспышек сверхновых звезд, проведенные Т. А. Лозинской с помощью интерферометра Фабри — Перо. В теоретических построениях С. Б. Пикельнера вспышки сверхновых служили генераторами ударных волн в межзвездном пространстве, порождающими волокнистые туманности и субкосмические лучи.

Нельзя не заметить сходство научных интересов В. Г. Фесенкова и С. Б. Пикельнера: они изучали диффузную материю во Вселенной, стремясь понять, как образовались космические тела. В. Г. Фесенкова интересовало происхождение звезд и планет около них, С. Б. Пикельнера — звезд и их

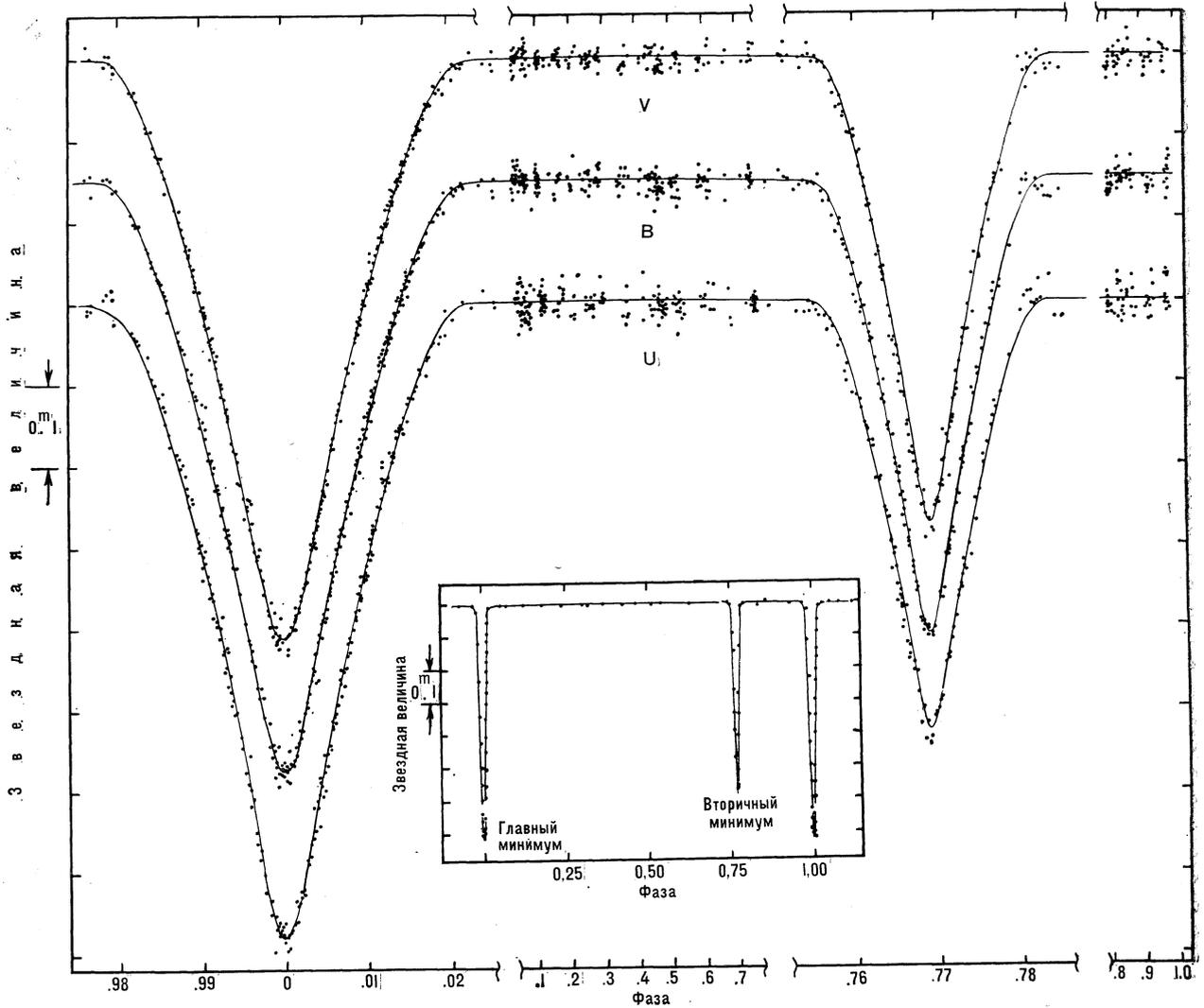
крупных объединений. Солнце же было важным объектом исследования у обоих. Хотя В. Г. Фесенков и С. Б. Пикельнер были современниками, но три десятилетия, разделявшие периоды их наиболее плодотворной деятельности, оказались временем крупнейших завоеваний астрономии и глубокого проникновения в нее идей и методов физики. Это и определило различия в методах и результатах работы обоих ученых.

Еще одна проблема выявилась в ГАИШе за последние 10—15 лет — изучение физических процессов в тесных двойных звездных системах. Метод их изучения, преимуществен-

но фотометрический, имеет прародителя в лице С. Н. Блажко. Он исследовал переменные звезды затменного типа в основном с чисто геометрической стороны. В 20-х годах С. Н. Блажко прекратил наблюдения затменных переменных, «передав эстафету» в Казань. Там наблюдения продолжались, развивалась теория, а спустя 30 лет тема эта вернулась в Москву, оставив в Казани, фигурально выражаясь, солидный, самостоятельный действовавший гарнизон. Но за 30 лет название темы изменилось. Ее предметом стали уже не системы, «в которых происходят затмения», а тесные двойные системы, получив-

шие четкое определение: «звезды во взаимодействии» с различным проявлением нестационарности.

*Кривые блеска затменной двойной системы DI Геркулеса в системе UBV (наблюдения Д. Я. Мартынова и Х. Ф. Халиуллина). На врезке, где изображена полная кривая блеска звезды, видно, как несимметрично расположены главный и вторичный минимумы блеска, что объясняется большим орбитальным эксцентриситетом. У этой звезды орбита медленно поворачивается в своей плоскости, завершая оборот за 24 000 лет*



Крайне нестационарные звезды — звезды Вольфа — Райе весьма результативно изучает А. М. Черепашук. Он применяет новые методы фотометрических наблюдений и методы интерпретации, основанные на разработанных в Московском университете способах решения некорректных задач. А. М. Черепашук и его младший коллега Х. Ф. Халиуллин в сотрудничестве с математиками А. В. Гончарским и А. Г. Яголой выявили физические характеристики звезд Вольфа — Райе с недоступной ранее полнотой. В частности, получена надежная количественная оценка огромной потери вещества звездой Вольфа — Райе — порядка  $10^{-3}$  масс Солнца в год. Эти массивные звезды нашли свое место на диаграмме Герцшпрунга — Рассела как недолговечные гелиевые звезды, полностью исчерпавшие свои водородные ресурсы.

В 70-е годы стал известен новый тип двойных систем — рентгеновские двойные. Почти все такие системы, видимые в северном полушарии, исследовали В. М. Лютый, А. М. Черепашук и их молодые коллеги. Наблюдения и их обработка велись настолько оперативно, что астрофизики ГАИШа все время находились на переднем крае изучения рентгеновских двойных систем. Наблюдательные и теоретические работы помогли установить, что в рентгеновских системах вокруг релятивистской звезды образуется диск, из которого вещество падает (аккрецирует) на эту звезду. Теория дисковой аккреции, еще до открытия рентгеновских систем, была развита в ГАИШе Н. И. Шакурой, учеником Я. Б. Зельдовича, совмест-

но с сотрудником Института космических исследований АН СССР Р. А. Сюняевым. Своеобразие моделей тесных двойных систем достигло предела в «звезде века» SS 433, которую в ГАИШе наблюдали в течение двух последних лет. В частности, А. М. Черепашук открыл затменную переменность этой звезды и предложил количественную модель SS 433 как двойной системы с аккреционным диском.

Без ложной скромности можно утверждать, что богатые результаты, полученные сотрудниками ГАИШа в исследовании рентгеновских двойных систем, внесли достойный вклад в раскрытие их природы.

Несколько слов еще об одном из классических направлений в исследовании тесных двойных систем — изучении движения линии апсид (большой оси эллиптической орбиты двойной звезды) как средстве экспериментального выявления внутреннего строения звезд (Земля и Вселенная, 1966, № 4, с. 3—7.—Ред.). Здесь не следует ожидать быстрых результатов, так как требуются многолетние наблюдения отдельных систем. Автор статьи уже выполнил наблюдения системы RU Единорога и вместе с Х. Ф. Халиуллиным — системы DI Геркулеса, в которой предсказанное теорией релятивистское движение периастра (ближайшей к главной звезде точки орбиты звезды-спутника) не подтвердилось наблюдениями.

Нужно еще сказать, что уже в 1968 году Ю. П. Псковский впервые отождествил спектры сверхновых I типа, тем самым решив задачу, возникшую еще несколько десятилетий назад. Он показал, что в разлетающейся с большой скоростью оболочке сверхновой проявляют себя только линии поглощения, усиленные при низкой плотности газа и расширенные эффектом Доплера. Так были обнаружены линии ионов железа, кремния, кальция и серы при отсутствии линий водорода.

Нельзя не сказать об очень важном аспекте в деятельности астрофизиков ГАИШа — о наблюдательных станциях: высокогорной близ Алматы и Крымской. Они предоставляют

астрофизикам довольно много ясной погоды, темный фон неба, высококачественные изображения. 125-сантиметровый рефлектор, 60-сантиметровый телескоп Цейса и 48-сантиметровый телескоп (АЗТ-14) открыли хорошие возможности для астрофизических исследований, когда инструменты были снабжены разнообразными вспомогательными приборами. П. В. Щеглов ввел в практику ГАИШа электронно-оптические преобразователи. Они особенно эффективны в спектральных исследованиях внегалактических туманностей. В ГАИШе создаются спектрографы, интерферометры Фабри — Перо, которые работают в сочетании с электронно-оптическими преобразователями, инфракрасные фотометры и спектрографы, и только далекая инфракрасная область остается пока недоступной для астрофизиков ГАИШа.

Я был бы несправедлив, если бы не назвал тех, кто вносил усовершенствования в инструментальное оборудование наших телескопов, — В. М. Лютого, В. Ф. Есипова, Э. А. Дибая, В. И. Мороза, А. М. Черепашука, В. Ю. Теребижа.

Каждый год ГАИШ выпускает 8—12 астрофизиков, 4—6 человек заканчивают аспирантуру. Они идут работать в институты разных профилей и несут с собой плоды московской астрономической школы. Московский университет всегда щедро делился своими астрофизическими кадрами с многими обсерваториями, научно-исследовательскими и учебными институтами страны.



*Профессор МГУ  
Владимир Владимирович Подобед*

#### АСТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ШКОЛА ГАИША

Деятельность Московской университетской обсерватории с самого начала была ориентирована на астрометрию, точнее, на меридианную астрометрию. Ее результаты не могли не интересовать основателя обсерватории Д. М. Перевощикова — специалиста по небесной механике. После приобретения в 1847 году меридианного круга Репсольда на обсерватории приступили к наблюдению положений звезд для последующего составления каталогов. Эти наблюдения проводили А. Н. Драшусов, Б. Я. Швейцер, М. Ф. Хандриков и др.

В конце XIX и начале XX столетия В. К. Цераский перестроил здание обсерватории на Красной Пресне и существенно укрепил ее инструментальную базу. После модернизации меридианный круг Репсольда Московской обсерватории стал одним из лучших в мире. (Кстати, этот меридианный круг обладает завидным научным долголетием. После новой реконструкции, осуществленной уже в наши дни, инструмент установили в 1981 году на Высокогорной сред-

Доктор физико-математических наук  
В. В. ПОДОБЕД

## Современные проблемы астрометрии

неазиатской обсерватории ГАИШа.) Был приобретен 15-дюймовый двойной астрограф Репсольда с объективами братьев Анри и к нему измерительная машина. На этом астрографе П. К. Штернберг выполнил пионерские работы, заложившие основы фотографической астрометрии в стенах ГАИШа.

Современный уровень московской астрометрической школы был предопределен в 30-х годах трудами С. Н. Блажко — известного астронома и выдающегося педагога, связавшего долготлетнюю научную и педагогическую деятельность с Московским университетом и его обсерваторией. Вместе со своими учениками — М. С. Зверевым, К. А. Куликовым, Е. Я. Бугославской — он немало сделал для развития астрометрии в ГАИШе. В это время наблюдатели, работавшие на меридианном круге, участвовали в кооперативной работе по программе Каталога геодезических звезд и приступили к разработке плана реализации Каталога слабых звезд. Возрождались наблюдения звездных программ на 15-дюймовом астрографе, служба времени ГАИШа регулярно транслировала сигналы точного времени.

Уникальное астрометрическое оборудование было заказано для обсерватории на Ленинских горах. В нашей стране был построен меридианный круг, по точности превзошедший все классические инструменты, а для фотографической астрометрии — широкоугольный астрограф. Служба времени и созданная в этот период служба широты, оснащенные современным оборудованием — пассажными инструментами, зенит-телескопом,

фотографической зенитной трубой, — с успехом включились в работу Международной службы времени и Международной службы движения полюса.

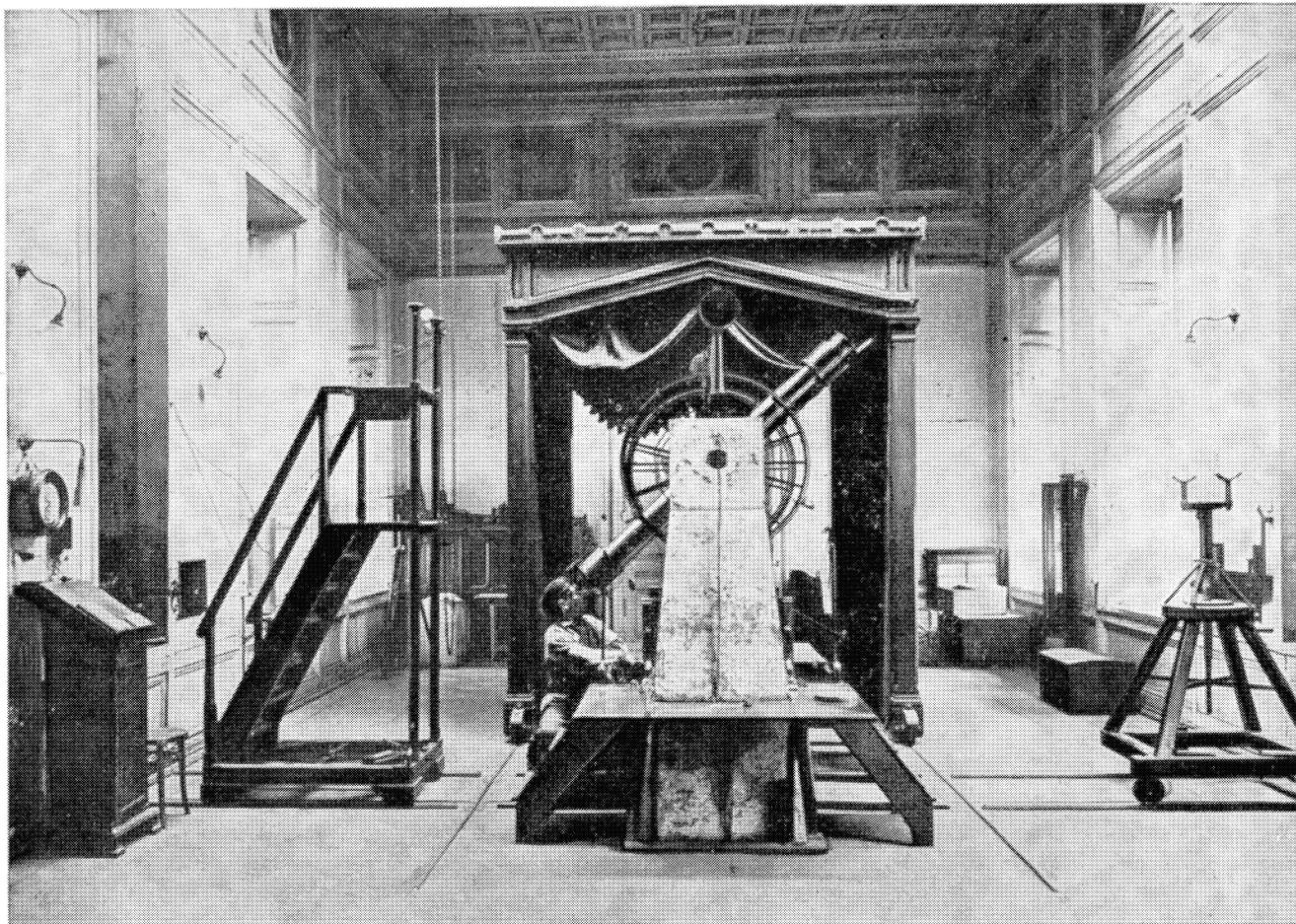
За послевоенные годы в ГАИШе получено свыше 20 каталогов положений звезд, регулярно проводились фотографические наблюдения Венеры и Марса, а также избранных малых планет по кооперативному плану Академии наук СССР, разрабатывались алгоритмы и программы обработки лазерных наблюдений искусственных спутников Земли для целей астрометрии. Сотрудники ГАИШа участвовали в создании теории астрометрических наблюдений на радиоинтерферометрах со сверхдлинной базой и в первых радиоастрометрических экспериментах. Продолжалась работа служб времени и широты.

Велики заслуги у ГАИШа и в подготовке астрометрических кадров: его воспитанники работают во всех обсерваториях страны, большинство учебников по астрометрии создано московскими астрометристами.

Астрометристы ГАИШа неизменно участвовали во всех крупных отечественных и международных программах. Не будет преувеличением сказать, что в своих исследованиях они всегда оставались на переднем крае науки.

#### ЧЕМ ЗАНИМАЕТСЯ АСТРОМЕТРИЯ?

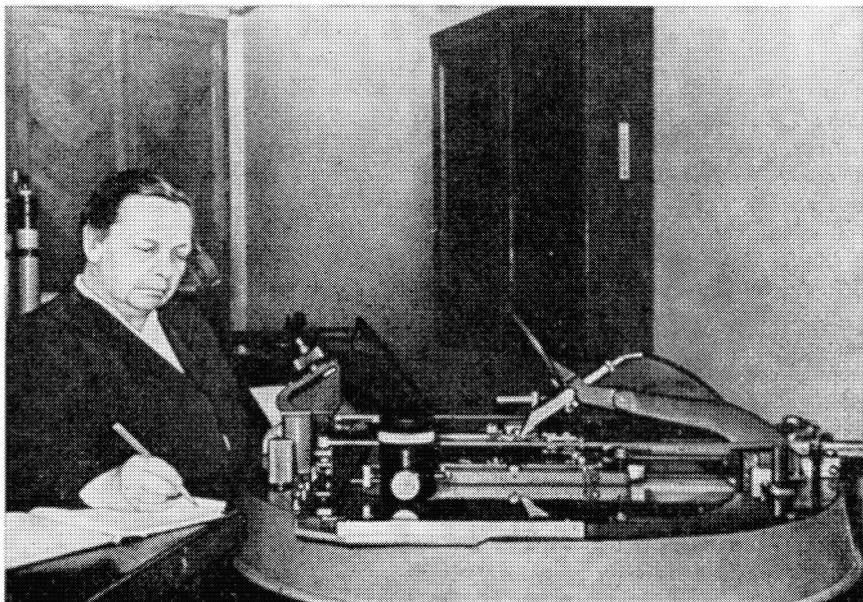
Все разделы астрономии и прикладных наук, изучающие геометрию, кинематику и динамику Вселенной, нуждаются в инерциальной системе



*Меридианный круг Репсоляда в зале Московской обсерватории на Красной Пресне. Этот инструмент использовался для определения координат звезд с целью создания каталогов звездных положений*

пространственных координат. Ее создание — главная задача астрометрии. Тесно связанная с повседневной жизнью человека, астрометрия возникла из потребности ориентироваться на местности, определять время

*Профессор Е. Я. Бугославская (1899—1960) — известный специалист по фотографической астрометрии — возле прибора, на котором измеряются астронегативы*



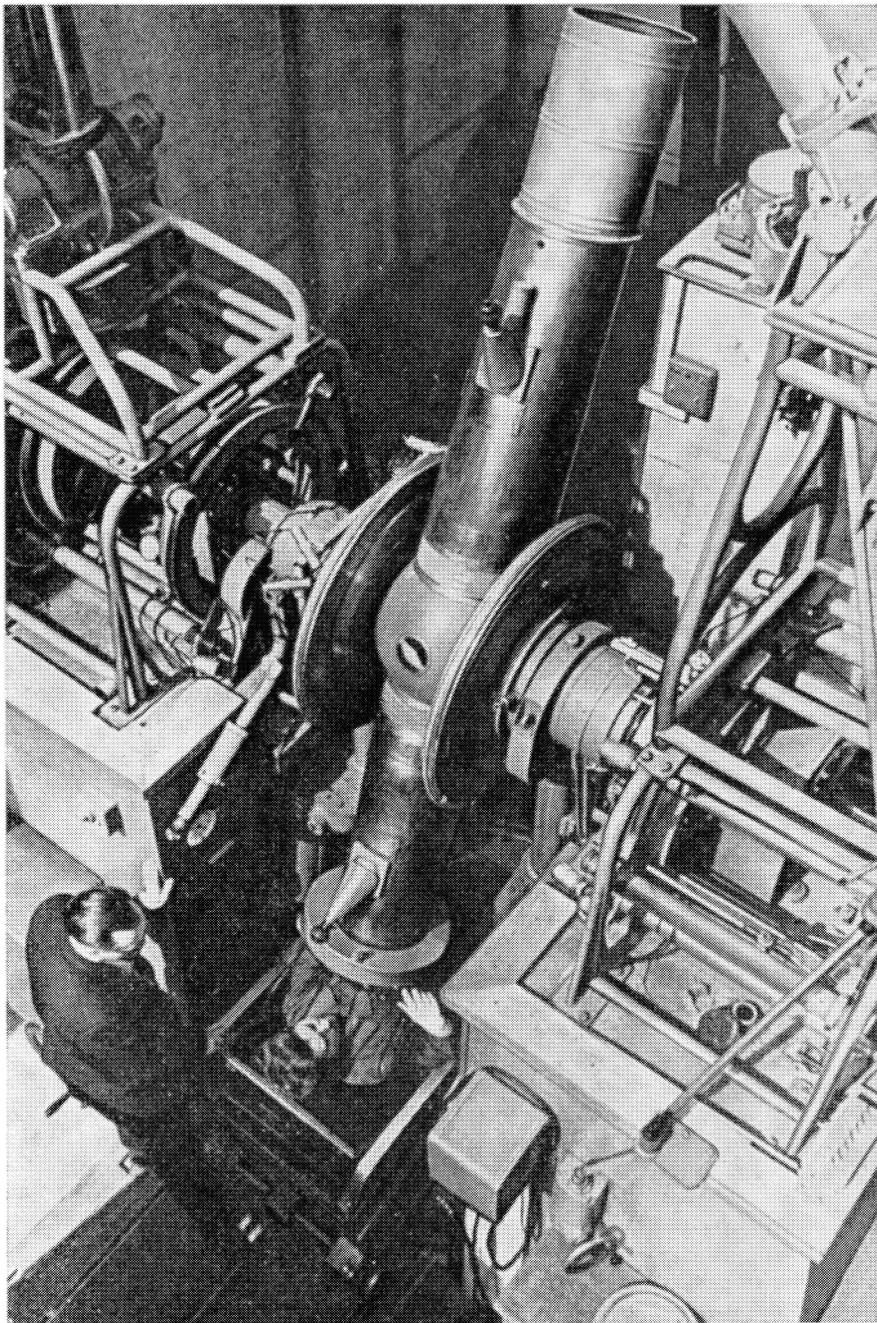
суток и начало сезонов, измерять длительные промежутки времени.

Астрометристы определяют и анализируют изменения положений небесных светил в разные эпохи. В этих изменениях скрыта информация о закономерностях многих явлений, происходящих в Галактике, в Солнечной системе и в системе Земля — Луна. Чтобы сопоставлять измеренные положения небесных светил (естественных и искусственных), необходимы две опорные системы координат: инерциальная пространственная и система, связанная с Землей. Без инерциальной системы координат невозможно исследовать движения во Вселенной и в пределах Солнечной системы. Построение системы координат, жестко связанной с Землей, обусловлено необходимостью изучить вращение и форму Земли, а также тем, что астрометрические наблюдения производятся из разных мест земной поверхности.

«Небесная» и «земная» системы координат фиксируются некоторой совокупностью реперов: для инерциальной системы — это небесные тела, а для связанной с Землей — точки ее поверхности. Астрометристы должны определить положения реперов и исследовать, как изменяются со временем эти положения. Связь между двумя системами координат обеспечивается изучением поступательно-вращательного движения тел системы Земля — Луна, параметрами которого служат астрономические постоянные.

Таким образом, астрометрия — это наука, которая на основе получения координат небесных тел и изучения вращения Земли создает инерциальную пространственную систему координат и согласованный комплекс фундаментальных астрономических постоянных, реализующий связь инерциальной системы с Землей.

Астрометрия призвана решить две неразделимые проблемы — построить **инерциальную систему координат** и изучить **вращение Земли**. Успехи в исследовании одной из них способствуют прогрессу в исследовании другой. Каждое открытие новой составляющей в движении Земли —



*Меридианный круг ГАИШа; изготовленный Государственным оптико-механическим заводом в Ленинграде. На этом инструменте ведутся измерения положений звезд, а также Солнца и планет Солнечной системы*

прецессии, нутации, перемещения земных полюсов — неизменно улучшало точность создаваемой системы координат, что в свою очередь позволяло еще детальнее изучать сложное движение Земли.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ОПОРНЫЕ КАТАЛОГИ

Реперами инерциальной системы координат могут быть различные небесные тела. Их выбором определяется путь реализации системы координат. Если реперы — галактики, то используется **геометрический** метод, если реперы — звезды, то **кинематический**, если реперы — тела Солнечной системы, то **динамический**. Классификация основана на расстояниях до реперов, ибо каждая группа реперов — это изолированные системы небесных тел, занимающие ограниченную область в пространстве. Исходя из точности современных измерений, можно считать, что центр инерции такой системы движется равномерно и прямолинейно. Положения небесных светил-реперов после учета вращательных эффектов задают инерциальную систему с некоторым приближением. Оно зависит от условий, принятых во время построения системы координат, и от точности астрометрических наблюдений светил.

При создании инерциальной системы геометрическим методом принимается, что галактики неподвижны, кинематическим — сумма движений звезд-реперов равна нулю, динамическим — теория движения тел Солнечной системы совершенна. Что касается точности астрометрических измерений, то и в прошлом, и в настоящем лучше всего определялись координаты звезд. Правда, в последнее время с кинематическим методом успешно конкурируют в точности геометрический и динамический. Это стало возможным благодаря развитию радиоинтерферометрии, которая с высокой точностью измеряет положение практически неподвижных реперов — внегалактических радиисточников, а также благодаря использованию искусственных спутников Земли для геодезических целей и изучения движения полюсов Земли.

Создание той или иной инерциальной системы координат еще не означает, что ее можно непосредственно применять для решения научных и прикладных задач. Дело в том, что

наиточнейшая система координат обычно содержит малое число реперов, обладающих к тому же специфическими свойствами (большой яркостью, особенностями излучения, протяженными изображениями) и подчас неудобно расположенных на небесной сфере. Так, принятый в качестве международной системы координат фундаментальный каталог FK4 включает всего 1535 ярких звезд (как правило, до 6 звездной величины), что недостаточно, например, для определения в этой системе фотографическим способом точных положений искусственных спутников Земли или для изучения структуры Галактики. Астрометристы вынуждены распространять построенную систему на большее число реперов и устанавливать связь различных координатных систем между собой. При этом очень трудно, производя различными способами наблюдения разнородных объектов, исключить систематические ошибки. Неудивительно, что опорные каталоги, используемые на практике, менее точны. Фундаментальная система координат FK4 путем создания промежуточного опорного каталога, содержащего 21 500 звезд, распространена на фотографический каталог, обозначаемый AGK3, который охватывает уже около 180 000 звезд северного неба. Каталог AGK3 позволяет, хотя и с несколько меньшей точностью, выполнять наблюдения с целью определения координат практически всех небесных объектов, включая искусственные спутники Земли.

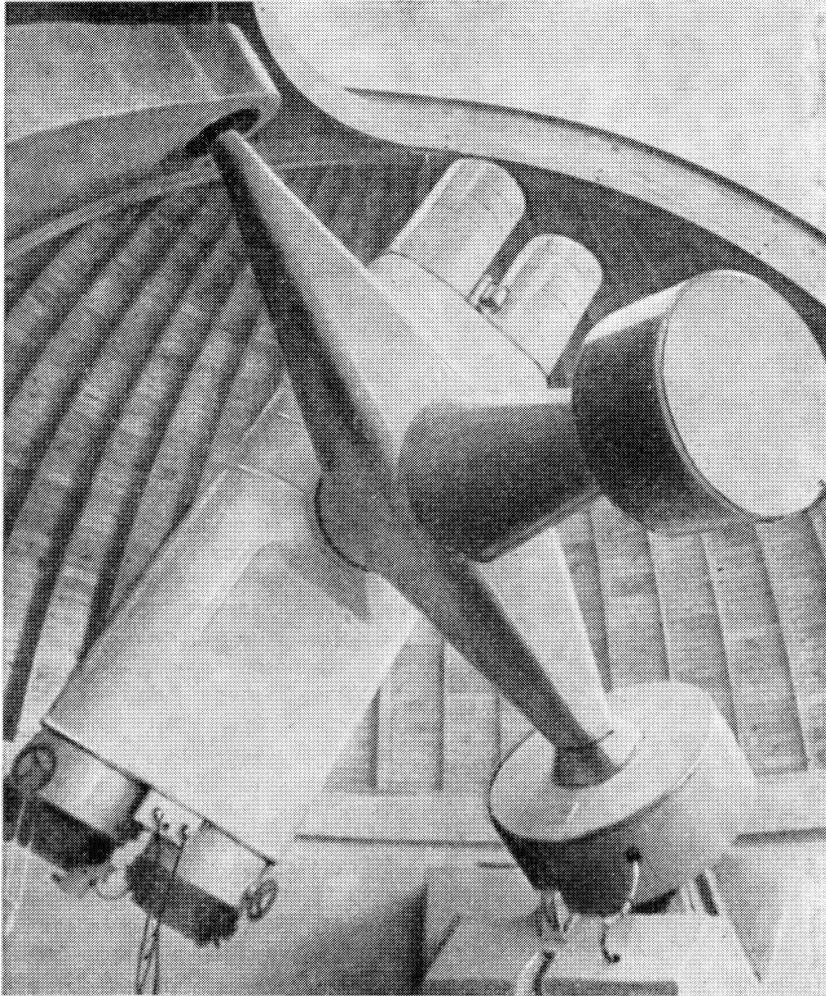
### КАК СОЗДАТЬ НАИТОЧНЕЙШУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ?

Наблюдательные и теоретические работы астрометрии текущего столетия будут подытожены в новом международном каталоге FK5. Он основан на данных свыше 250 звездных каталогов, из которых больше половины получены советскими астрометристами, в том числе и сотрудниками ГАИШа. Каталог FK5, объединяющий около 3 000 000 отдельных наблюдений, будет содержать 3500 фундаментальных звезд, и его систему предполагается распространить на слабые звезды до 7—9 величины.

Однако каталог FK5 не намного повысит точность используемой ныне международной системы FK4. Это объясняется тем, что каталог FK5 опирается на традиционные методы наблюдений и принципы построения фундаментальных систем, существующие уже многие десятилетия, причем точность таких методов наблюдений практически не растет. По-прежнему с меньшей точностью будут известны координаты звезд южного неба, чем северного. Колоссальный труд вложили астрометристы, чтобы получить десятки тысяч наблюдений тел Солнечной системы, на основе которых была уточнена ориентировка фундаментальной системы FK4. Астрометристам удалось выявить движение точки весеннего равноденствия, не связанное с прецессией. Вместе с тем основная масса звездных наблюдений (особенно абсолютных) оказалась недостаточной для существенного повышения точности фундаментальной системы.

Богатый практический опыт заставляет усомниться в том, что качество меридианных наблюдений звезд можно существенно повысить, если производить их на прежнем техническом уровне. Необходима всесторонняя автоматизация астрометрических наблюдений и их обработки. Уже создано несколько полностью автоматизированных меридианных кругов с использованием ЭВМ для незамедлительной обработки наблюдений. Массовые измерения изображений звезд на негативах сейчас выполняются быстродействующими измерительными машинами. Велико значение ЭВМ в расчетах и моделировании астрометрических задач с целью прогноза результатов и правильной организации наблюдений, что до сих пор еще не делалось. Как и астрофизики, астрометристы начинают устанавливать свои инструменты в горах, на высоте 2000—3000 м, где много ясных ночей и хорошее качество изображений.

Введение в практику новых технических методов — таких, как радиоинтерферометрия, лазерная локация искусственных спутников Земли, космическая астрометрия, — позволяет надеяться, что в скором будущем



*Астрограф Цейса, на котором получают негативы для определения положений звезд и их собственных движений, а также больших и малых планет*

резко возрастет точность астрометрических наблюдений. Но эти надежды пока не подтверждены длительными рядами наблюдений.

Не дожидаясь развития новых технических методов, необходимо уже в ближайшее десятилетие создать, опираясь на традиционные методы наблюдений, новый фундаментальный каталог. Его нужно тщательно продумать, чтобы выполнить в сжатые сроки почти на всех астрометрических инструментах мира. Новый фундаментальный каталог должен

включать десятки тысяч звезд до 9-й величины (как бы возрождается идея Каталога слабых звезд). Все наблюдения звезд должны проводиться абсолютным методом. Такой каталог не только точнее зафиксирует инерциальную систему координат, но и послужит опорным каталогом при последующих фотографических наблюдениях звездного неба. И тогда отпадет необходимость трудоемкой промежуточной привязки опорного каталога к фундаментальной системе координат.

Затем следует распространить новую систему на максимальное число звезд, используя фотографические наблюдения на широкоугольных астрографах. Так будет создан фотографический каталог (пока для пер-

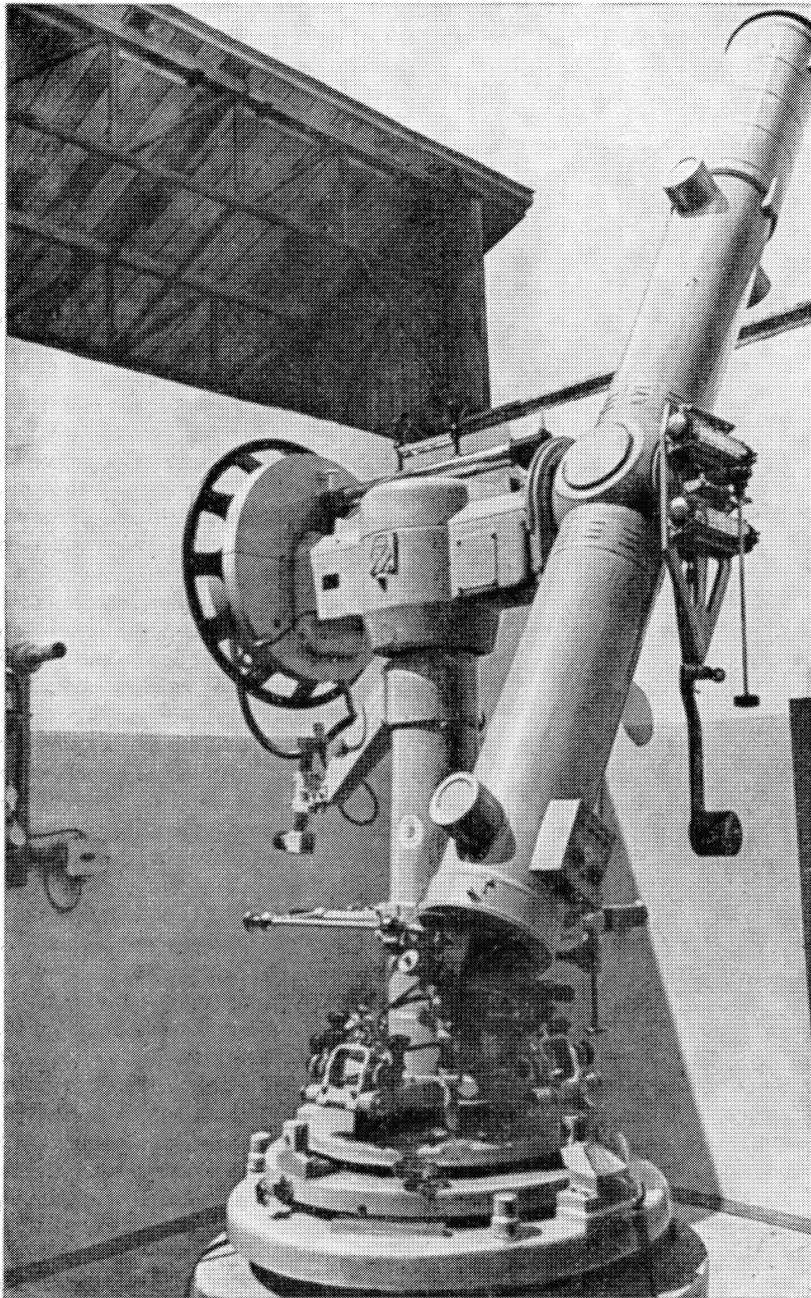
вой эпохи) звезд до 17—18 величины. Этот каталог поможет связать фундаментальную систему координат с радиоастрономической и будет полезен в наблюдениях положений искусственных космических объектов.

Создание более точной инерциальной системы координат реально только в рамках международного сотрудничества при условии, что большинство обсерваторий будет оснащено автоматическими меридианными инструментами.

## НОВЫЕ МЕТОДЫ В АСТРОМЕТРИИ

Динамический метод астрометрии, еще недавно значительно уступавший в точности геометрическому и кинематическому методам, ныне соперничает с ними. Этому способствовали успехи в теории движения тел Солнечной системы, огромный наблюдательный материал, накопленный за последние десятилетия, использование ЭВМ. Большую роль в развитии динамического метода сыграли искусственные спутники Земли. Если точность определения координат спутников Земли, например, телевизионным методом сравняется с точностью лазерных измерений расстояний до них, астрометристы будут располагать трехмерным комплексом координат искусственных спутников Земли. И тогда астрометристы смогут лучше изучить движение и форму Земли. Сохраняют актуальность и определения координат тел Солнечной системы — Солнца, Луны, больших и малых планет и их спутников. Координатная система, основанная на этих наблюдениях, очень важна для космических экспериментов.

В астрометрию активно внедряются методы наблюдений, сулящие рост точности в 10—100 раз. Один из таких методов — **радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой** (Земля и Вселенная, 1976, № 6, с. 4—11.—Ред.). Наблюдения положений далеких внегалактических радиоисточников и квазаров позволят создать высокоточную радиоастрономическую систему координат на геометрическом принципе. Если еще измерить дуги между радиоисточниками, то система координат окажется неза-



*Зенит-телескоп ГАИШа, на котором определяется изменение широты, необходимое для изучения движения полюса Земли*

зависимой от вращения Земли. Однако у создателей радиоастрономической системы координат немало трудностей. Неясно, как скажутся на астро-

номических наблюдениях сложная структура радиоисточников и переменность их радиоизлучения, влияние атмосферы и геофизических эффектов, неравномерное распределение на небе радиоисточников, пригодных для астрометрии. С большими трудностями встретятся астрометристы, когда будут устанавливать связь между радиоастрономической и фунда-

ментальной системами координат, например, с помощью радиозвезд, отождествленных с оптическими объектами.

Радиоастрономические наблюдения имеют еще одно преимущество перед классическими методами астрометрии — они могут проводиться в любую погоду. Благодаря этому радиоастрономическим наблюдениям доступно изучение короткопериодических эффектов во вращении Земли и в явлениях земных приливов. Вращение Земли — важнейшая проблема астрометрии, которая решается с привлечением данных небесной механики и геодинамики. В последнее время в исследовании неравномерности вращения Земли, движения ее полюсов все чаще используются доплеровские и лазерные наблюдения искусственных спутников Земли. Высокоточные наблюдения спутников и развитие теории их движения позволят выявить в закономерностях траекторий спутников не учитываемые небесной механикой тонкие астрономические эффекты, вызванные особенностями вращения и физическими характеристиками Земли.

Разрабатываются проекты **позиционных астрометрических наблюдений со спутников**. Один из них — ГИППАРКОС (HIPPARCOS — High Precision Parallax Collecting Satellite), создаваемый Европейским космическим агентством, предполагает за относительно короткий срок определить координаты, собственные движения и параллаксы сотен тысяч звезд. Данные наблюдений будут ретранслироваться со спутника на Землю.

Постепенно изменяется характер деятельности астрометристов. Если раньше они занимались в основном составлением каталогов координат небесных светил и точек на Земле, то теперь в их деятельности на первое место выходит интерпретация результатов высокоточных рядов астрометрических наблюдений. Такое направление исследований требует более тесного взаимодействия астрометрии с небесной механикой, геофизикой, геодезией, гравиметрией, радиоастрономией.



25 марта 1982 года редколлегия «Земли и Вселенной» рассмотрела ответы читателей на вопросы анкеты, опубликованной в № 6 журнала за 1981 год. По мнению большинства читателей, лучший материал прошлого года — статья И. С. Шкловского «Взрывающиеся звезды и их остатки». Редколлегия постановила присудить премию журнала за 1981 год члену-корреспонденту АН СССР Иосифу Самуиловичу Шкловскому — выдающемуся астрофизику, талантливому популяризатору и постоянному автору «Земли и Вселенной».

## **ОСОБЕННОСТИ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ**

По мере исследования источника SS 433 обнаруживается все больше сходства между этим объектом и другими типами рентгеновских двойных систем. Напомним, что, согласно модели SS 433, предложенной членом-корреспондентом АН СССР И. С. Шкловским, один из компонентов SS 433 — обычная звезда, другой — компактная нейтронная. В результате перетекания вещества с обычной звезды на нейтронную вокруг последней образуется плазменный диск, который медленно (с периодом 165 дней) прецессирует. Такие же прецессирующие диски, окружающие компактные объекты, видимо, есть и в двойных системах Лебедь X-1 и Геркулес X-1. Возникает вопрос: почему прецессируют диски?

Е. А. Карлицкая предполагает, что движение диска лишь «отражает» прецессию нормальной звезды в этой двойной системе. А почему прецессирует нормальная звезда? На нее действуют силы со стороны компактного объекта. В этом случае можно, используя известный из наблюдений период прецессии (165 дней для системы SS 433), сделать интересные выводы о строении недр звезды, теряющей вещество.

Исследования показывают, что у сверхгигантов, входящих в двойные системы SS 433 и Лебедь X-1, вероятно, прецессирует лишь тонкий наружный слой — оболочка звезды. А вот у немассивных звезд (система Геркулес X-1) такой оболочки скорее всего нет, и звезда ведет себя как аналог твердого тела. Еще интереснее ситуация с источниками Вела X-1 и 4U1700-37. Оболочки сверхгигантов, входящих в эти двойные системы, тоже не связаны со звездными ядрами, к тому же оболочки вращаются медленнее, чем происходит орбитальное вращение в системе. А поскольку приливные силы должны довольно быстро сделать вращение синхронным (как, скажем, движется Луна вокруг Земли), то, по всей видимости, эти два рентгеновских источника очень молоды — сверхгиганты в них лишь недавно заполнили свои полости Роша.

Астрономический циркуляр, 1981,  
1186

## **МАГЕЛЛАНОВ ПОТОК — ВИХРЕВАЯ ДОРОЖКА?**

Японские астрофизики С. Икеучи и К. Томисака, исследуя взаимодействие галактик с межгалактической

средой, рассмотрели случай, когда скорость движения галактики меньше скорости звука в межгалактической среде. Такая ситуация возможна, к примеру, на периферии скопления галактик, где при температуре газа около  $10^7$  К скорость звука составляет около 1000 км/с, а галактики движутся со скоростью несколько сотен километров в секунду.

Оказалось, что набегающий поток межгалактического газа, взаимодействуя с межзвездным газом в галактике, вызывает искривление газового слоя относительно галактической плоскости. Подобный эффект наблюдается как в нашей Галактике, так и у некоторых близких систем, повернутых к нам ребром.

Японские астрофизики показали, что межгалактический газ, обтекающий галактику, образует позади нее вихревую дорожку. Вероятно, именно такую вихревую дорожку мы наблюдаем и у Большого Магелланова Облака — спутника нашей Галактики. Большое Магелланово Облако движется в 50 кпк от центра Галактики со скоростью примерно 200 км/с. Вслед за Облаком тянется широкая полоса нейтрального водорода — Магелланов Поток, состоящий по крайней мере из шести отдельных конденсаций. Они движутся в сторону нашей Галактики, и чем дальше находится конденсация от Большого Магелланова Облака, тем с большей скоростью она приближается к центру Галактики. Размер и скорость движения газовых конденсаций хорошо согласуются с картиной образования вихрей за Большим Магеллановым Облаком, которое движется внутри газового гало нашей Галактики. Чем раньше возник вихрь, тем с большей скоростью он должен сейчас падать под действием притяжения Галактики к ее центру, что и наблюдается. Масса отдельных вихрей — около  $10^8$  солнечных — также соответствует расчетной.

Astrophysics and Space Science,  
1981, 80, 2



Кандидат геолого-минералогических наук  
И. О. МУРДМАА

## Железомарганцевые конкреции

**Эти минеральные образования устилают, подобно бульжной мостовой, некоторые участки дна Мирового океана. Разведка и освоение железомарганцевых конкреций — одна из ближайших задач морской геологии.**

### РУДА НА ОКЕАНСКОМ ДНЕ?

В 1975 году в научном салоне бурового судна «Гломар Челленджер» выставили на всеобщее обозрение железомарганцевую конкрецию — невзрачный лепешковидный черный камень, поднятый ровно сто лет назад с тихоокеанского дна на знаменитом английском парусно-паровом судне «Челленджер». Камень этот передали в дар его современному и не менее знаменитому тезке. Разглядывая истрескавшуюся за столетие конкрецию и пожелтевшую этикетку на ней с номером океанографической станции, координатами и глубиной (в морских саженях), на которой зафиксировано открытие океанских железомарганцевых конкреций, и пытаюсь представить, как это было...

1875 год. «Челленджер» совершает кругосветное плавание, положившее начало новой науке — морской геологии. И вот из драги, поднятой с пятикилометровой глубины, на палубу судна под ноги изумленным английским ученым и морякам покатались доселе никем не виданные черные шары — конкреции. Внутри одной — ядро из вулканической породы, в другой — зуб акулы, а вокруг

слой за слоем — выделения гидроокислов железа и марганца, словно на луковичном срезе. Нечего и сомневаться, что сразу был сделан правильный вывод: конкреции на океанском дне образовались путем постепенного нарастания гидроокислов металлов на ядро, служившее центром роста. Но как это нарастание происходило? На этот вопрос ученые не могли тогда дать ответ.

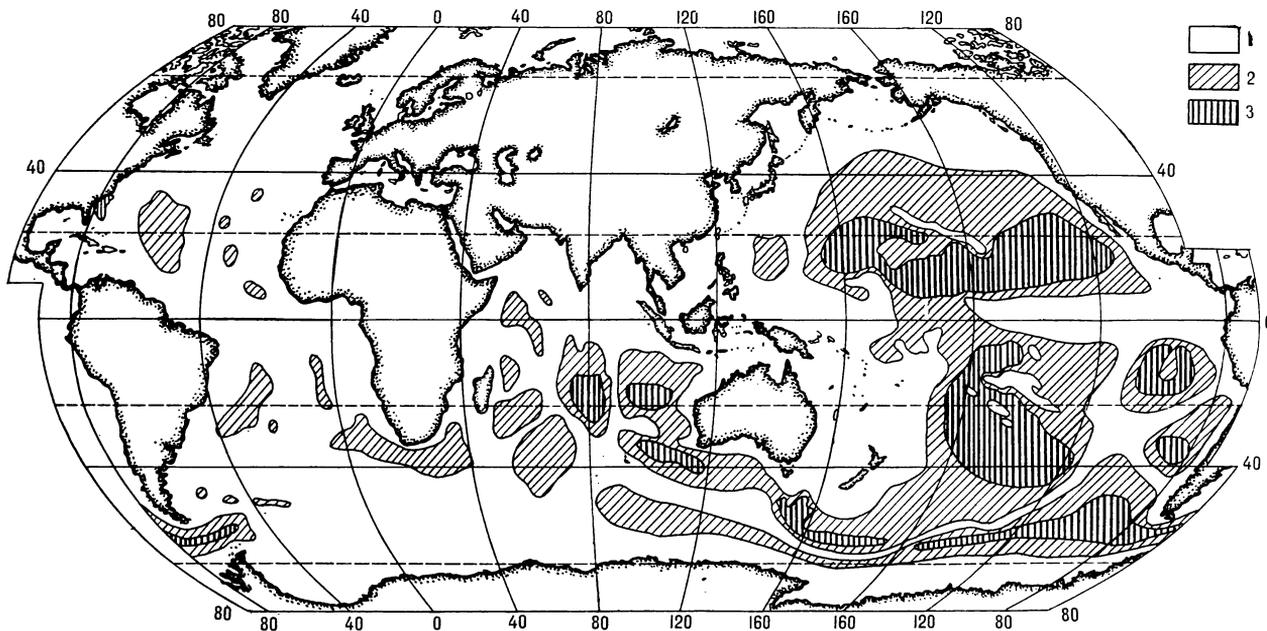
Шли годы. Сначала медленно, а в последние десятилетия все быстрее развивалась морская геология. В бурном потоке новых сведений о Мировом океане конкрециям долгое время отводилась весьма скромная роль, пока не выявились прямо-таки глобальные масштабы их распространения. Оказалось, что области, где встречаются конкреции, занимают площадь, сравнимую со всей площадью суши, а общие запасы их составляют сотни миллиардов тонн. И тут заговорили о руде. Ведь в тонне конкреций содержится около 200 кг железа и столько же марганца. Если это количество умножить на миллиарды тонн, получится весьма внушительная цифра. Выходит, океанское дно — это огромное месторождение железной и марганцевой руды? Нашлись лихачи (иначе таких геологов не назовешь), которые действительно так считали, совершенно не учитывая того, что даже единичная конкреция по содержанию марганца едва дотягивает до бедной марганцевой руды, а по железу это и вовсе не руда. К тому же конкреции не образуют сплошного пласта, они лежат отдельными «пятнами», почти всегда в один ряд на самой поверхности дна. С точки зрения горняков это

весьма рассеянные рудопроявления и уж никак не месторождения.

Когда десять — пятнадцать лет назад геологи обсуждали с крупными специалистами горного дела результаты исследований конкреций Тихого океана, последние доказывали: конкреции не имеют практического значения, их нельзя считать потенциальными полезными ископаемыми, а следовательно, незачем заниматься и их поиском. Но прошло время, и ситуация изменилась. Интерес к конкрециям стал вдруг быстро расти. Об этом говорит хотя бы то, что в 1959 году число научных публикаций, касающихся океанских железомарганцевых конкреций, включало 315 наименований, к настоящему же времени таких публикаций несколько тысяч. В 1974 году специально организованная горнопромышленная корпорация США «Дипси Венчерс» подала заявку на закрепление за ней участка океанского дна площадью около 60 000 км<sup>2</sup> с месторождениями конкреций, а сейчас уже десятки зарубежных фирм вкладывают в изучение конкреций громадные средства. В чем же дело?

### КОНКРЕЦИИ НУЖНЫ

Перед мировой экономикой в последние годы встали серьезные проблемы. Истощаются минеральные ресурсы на континентах, в том числе и те ресурсы, которые можно получить из конкреций. То, что раньше считалось рудой бедной или даже вообще не рудой, стало выгодно добывать, невзирая на колоссальные технические трудности и большие затраты. К тому же химический анализ показал, что некоторые типы океан-

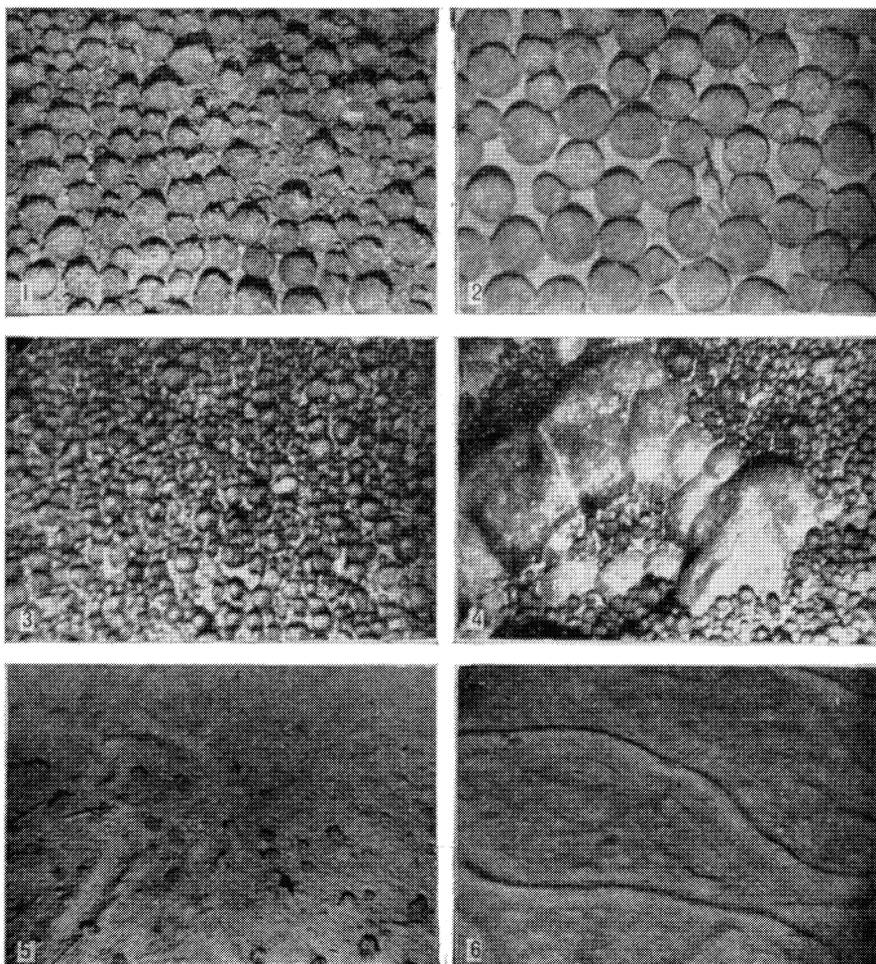


*Распространение железомарганцевых конкреций на дне Мирового океана. Условные обозначения: 1 — конкреции отсутствуют или встречаются редко; 2 — высокие концентрации редко; 3 — высокие концентрации часто*

*Фотографии дна Тихого океана в областях массового распространения конкреций. Вершины подводных холмов (глубина 4400 м) нередко покрыты сплошным слоем конкреций (фото 1), иногда крупные, шарообразные конкреции лежат на поверхности мягкого ила (фото 2).*

*На склоне потухшего подводного вулкана (глубина 3000—3500 м) видны плотные скопления мелких шарообразных конкреций с гладкой поверхностью (фото 3), которые, скатываясь вниз, образуют осыпи среди скал, покрытых коркой гидроокислов железа и марганца (фото 4).*

*На глубоководных равнинах (глубина 4800—5000 м) поверхность радиоляриевых илов изрыта извилистыми следами донных животных. Такие крупные беспозвоночные могли бы сдвигать с места конкреции, но именно в районах их обитания конкреции редки (фото 5) или вообще отсутствуют (фото 6). Фотографии сделаны при помощи автоматической подводной камеры конструкции Н. Л. Зенкевича с борта НИС «Витязь»*



ских конкреций содержат повышенное количество таких ценных и дефицитных металлов, как никель (до 2%), медь (до 2%) и кобальт (до 1%). Позднее к ним добавили еще молибден, свинец и другие металлы, которые, вероятно, рентабельно извлекать попутно при металлургической переработке конкреционных руд. Железомарганцевые конкреции оказались богатыми многокомпонентными рудами цветных металлов, а может быть, и платиноидов, ибо концентрация последних в конкрециях также заметно выше, чем в окружающих глубоководных осадках.

И наконец, в океане выявили, в том числе и силами советской экспедиции на научно-исследовательском судне «Витязь» под руководством члена-корреспондента АН СССР П. Л. Безрукова, районы, где конкреции образуют довольно богатые скопления, местами покрывая дно, подобно булыжной мостовой. На одном квадратном метре здесь можно найти до нескольких десятков килограммов, а это уже означает, что добыча их может оказаться рентабельной.

На наших глазах железомарганцевые конкреции из некоего океанского курьеза превратились в объект исследований, и не только чисто научных, но и сугубо прикладных. При этом роль теоретических знаний здесь особенно велика: ведь речь идет не просто о новом типе месторождения, а о принципиально новом виде минерального сырья, да еще скрытого под пятикилометровой толщей воды (Земля и Вселенная, 1974, № 1, с. 26—32.— Ред.).

Чтобы найти достаточно богатые залежи этих руд, очертить их, подсчитать запасы и подготовить месторождение к разработке, нужно прежде всего изучить закономерности распространения конкреций на всей площади дна Мирового океана. В самом деле, немислимо покрывать две трети поверхности планеты равномерной сетью поисково-съёмочных работ — это заняло бы столетия. Поиск следует вести только в областях наиболее перспективных, выявляемых в ходе фундаментальных исследований геологических процессов в океане.

## ЗАГАДКИ, ЗАГАДКИ...

Теперь мы уже знаем, что конкреции — не случайный каприз природы, а закономерный результат сложного движения и преобразования вещества в особой оболочке Земли — седиментосфере (сфере действия процессов осадкообразования). И массивные (рудные) скопления конкреций возникают только в тех районах океана, где на дно оседает мало «нерудного» вещества, другими словами, где скорость накопления осадков минимальна, менее 1 мм за 1000 лет. Такие темпы осадконакопления трудно себе представить: ведь за всю историю человеческой цивилизации в этих районах не успел накопиться даже полусантиметровый слой ила! Как только ил начинает накапливаться быстрее, конкреции захороняются и прекращают расти.

С самого начала исследований ученые столкнулись с парадоксальным фактом: как правило, конкреции лежат на самой поверхности осадков, нередко даже возвышаются над полужидким илом, причем лежат в один ряд, почти никогда не перекрывая друг друга. Какие только объяснения ни придумывали этому непонятному явлению! Высказывали предположение, что донные роющие животные переворачивают конкреции (отсюда их круглая форма) и выталкивают их на поверхность. Однако биологи начисто отвергают такую возможность: в районах скопления конкреций практически нет роющих организмов — илы здесь крайне бедны органическим веществом, и животным попросту нечем питаться. Предлагался также механизм выталкивания конкреций в результате встряхивания дна при землетрясениях, но экспериментально такой механизм не удалось подтвердить. Образование монослоя конкреций на современной поверхности дна пытаются (и безуспешно) объяснить их относительной молодостью, быстротой роста. Но тогда приходится признать исключительность современной геологической эпохи и примерную одновозрастность всех конкреций, что не очень хорошо увязывается с дру-

гими геологическими данными. Словом, загадок тут еще немало.

## КАК ИСКАТЬ КОНКРЕЦИИ?

Итак, есть один установленный факт, связанный с конкрециями: преимущественная приуроченность их к областям, где медленно накапливаются осадки. (Расположение и причины появления таких областей объясняет общая теория осадкообразования в океане, зональный характер этого процесса.) Это, прежде всего, удаленные от континентов центральные (пелагические) области Тихого и Индийского океанов, куда поступает минимальное количество продуктов размыва суши. Здесь скорости осадконакопления наименьшие в широтно вытянутых зонах по обе стороны от экватора, где биологические процессы угнетены (не зря эти зоны называют океанскими пустынями!). Именно в таких зонах расположены главные поля конкреций. На самом экваторе биологическая продуктивность вод возрастает, сравнительно быстро накапливаются биогенные осадки, и конкреции поэтому встречаются редко.

Накопление осадков может тормозиться и влиянием придонных течений, которые препятствуют осаднению на дно тонкозернистого материала. И действительно, в районах с интенсивными придонными течениями мы находим многочисленные участки, где отсутствует слой современных осадков или там весьма малы скорости их накопления. Такие участки есть, например, в Южном океане под мощным Циркумполярным течением (вокруг Антарктиды) и в приэкваториальных поясах.

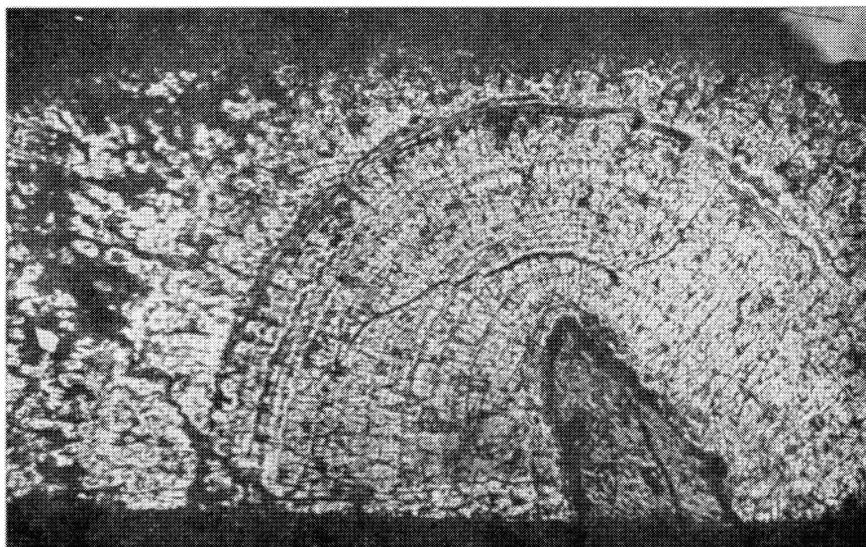
Но оказывается, что даже в условиях низкой биологической продуктивности и размыва течениями богатые залежи конкреций встречаются не везде, а только на большой глубине, ниже определенной критической глубины или вблизи нее. На этой глубине (около 4,5—4,7 км) скорость растворения известковых остатков превышает скорость поступления этих остатков на дно. В результате карбонатные осадки не накапливаются, а на дне оседает лишь нераство-

римый остаток — глина и кремнистый биогенный материал. Скорость накопления этого остатка, естественно, гораздо меньше, чем известкового, а значит, условия для развития конкреций более благоприятны. Кроме того, известковые раковинки планктонных микроорганизмов могут служить своеобразным транспортным средством, переносящим железо и другие металлы с поверхности океана на дно. Живые организмы извлекают из морской воды растворенные в ней металлы, включая их в состав раковинок. Когда упавшие на дно раковинки растворяются, металлы высвобождаются и могут служить дополнительным источником рудного вещества конкреций.

Итак, конкреционные руды следует искать в пелагической области, в условиях крайне медленного осадконакопления. Но и этих ограничивающих условий бывает недостаточно для целенаправленных, научно обоснованных поисков. Ведь площади, удовлетворяющие таким условиям, все же слишком обширны, а конкреционные поля в их пределах, как выяснилось, разбросаны крайне неравномерно и прерываются большими «пустыми» пространствами. Поэтому, выяснив общую, глобальную картину распространения конкреций, морским геологам пришлось заняться выяснением закономерностей локальной изменчивости их скоплений.

Разведчиков океанских руд поджидала еще одна «прихоть» океана: оказалось, что изменчиво не только количество конкреций на единице площади дна (продуктивность), но и содержание в рудном веществе наиболее ценных металлов — никеля, кобальта и меди. Причем ситуация здесь такая: концентрация марганца, меди и никеля меняется в обратной зависимости от продуктивности. Там, где конкреций много, суммарное содержание никеля и меди до обидного низко, а богатые по качеству конкреции, как правило, рассеяны по дну и не могут считаться рудами.

Выход из заколдованного круга был найден, когда обратились к закономерностям изменчивости состава конкреций. И тут в этой сложной и запутанной картине выявились две



*Внутреннее строение железомарганцевой конкреции. На ядро (темное пятно в правой части снимка) слой за слоем нарастало рудное вещество — гидроокислы железа и марганца. Микроснимок получен в отраженном свете, поэтому рудное вещество светлое*

общие тенденции. С одной стороны, это широтная зональность состава, согласно которой наиболее богаты марганцем и связанным с ним никелем и медью конкреции приэкваториальных поясов кремнистых радиоляриевых илов (радиолярии — кремнистые скелеты одноклеточных планктонных организмов). Конкреции же, лежащие на пелагических глинах к северу и югу от этих поясов — более железистые, содержат меньше цветных металлов. И второе: содержание марганца, никеля, меди и молибдена выше в конкрециях глубоководных равнин, а железа и кобальта — в конкрециях подводных гор и холмов.

Отсюда и задача — научиться искать такое сочетание условий, при которых руды были бы богаты как количественно, так и по составу. Пока в Мировом океане выявлен только один район, где такое сочетание реально — северный приэкваториальный пояс радиоляриевых илов в во-

сточной половине Тихого океана, между зонами разломов океанского дна Кларин и Клиппертон. Здесь детальные работы на геологических полигонах выявили поля конкреций продуктивностью свыше  $5 \text{ кг/м}^2$ , одновременно содержащие более 1,5—2% суммы никеля и меди. Это уже, конечно, настоящие руды, на них и следует ориентироваться.

#### ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНКРЕЦИЙ

Задачи исследований, таким образом, сузились, стали более конкретными. Но не исчезла главная, фундаментальная проблема происхождения океанских железомарганцевых конкреций. Как и почему они растут? Почему железо, марганец и сопутствующие им цветные металлы многократно концентрируются в виде минеральных тел, хотя концентрация этих металлов в окружающих осадках, а тем более в океанской воде, сравнительно невелика? Пока на этот счет существуют лишь более или менее правдоподобные гипотезы.

Концепция, разрабатываемая Н. С. Скорняковой и ее коллегами в Институте океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, основана на представлении об осаждении рудного вещества в результате каких-то, пока еще не совсем ясных физико-химических процессов из придонных вод

океана и из вод донных осадков. Этот механизм не требует дополнительных источников рудного вещества в виде подводной вулканической деятельности — достаточно ресурсов самого океана. Не все согласны с такой точкой зрения. Некоторые исследовате-

ли отстаивают существование эндогенных источников металлов (идущих из глубинных слоев океанской земной коры). Другие пытаются привлечь биогенный механизм осаждения железа и марганца в результате жизнедеятельности особых бактерий...

А научно-исследовательские суда бороздят океан, чтобы добыть новые сведения о его удивительных минеральных ресурсах — железомарганцевых конкрециях.

## НОВЫЕ РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

10 февраля 1981 года научно-исследовательское судно «Гломар Челленджер» вышло в свой рейс 78 «А». В рейсе участвовали специалисты из Великобритании, США, Франции, ФРГ. Изучалась та область морского дна, где Атлантическая плита земной коры, согласно гипотезе глобальной тектоники, погружается под Карибскую плиту. Восточнее Антильских островов (глубина моря превышает 4800 м) бурением было пройдено шесть скважин глубиной до 460 м. В ходе работ установлено, что верхний рыхлый слой осадочных пород подвергается здесь сгребанию и деформации, тогда как нижний, более плотный слой остается непо потревоженным под перемешанной массой. Оказалось, что между деформированной и непо потревоженной массами пород существует довольно большая зона разлома, играющая роль «смазки». Содержащиеся в ней воды находятся под столь большим давлением, что деформированные породы «всплывают» над непо потревоженными, а последние продолжают погружаться в глубинные недра вместе с опускающейся океанической плитой.

Чтобы подробнее изучить процессы образования разломов в земной коре, участвовавшие в рейсе сотрудники Гавайского университета (Гонолулу) установили на морском дне пять сейсмометров для регистрации слабых землетрясений. После месячного пребывания на дне они поднялись на поверхность и были подобраны другим океанографическим судном.

В следующем 78 «Б» рейсе судна проводилось повторное изучение строения и физических характеристик ложа океана на западном склоне Срединно-Атлантического хребта. В рейсе кроме американских и канадских ученых работали специалисты из СССР и ФРГ. В скважину глубиной 664 м, пробуренную еще в

1975 году у западного побережья Африки, опускались новейшие геофизические приборы. Удалось взять пробы воды, содержащейся в породах, измерить температуру и давление, определить гидравлические свойства пород. Среди приборов был и изготовленный в СССР магнитометр, предназначенный к погружению в скважину. Кроме того, испытывалась новая подводная сейсмическая станция — пробный образец для изготовления серии сейсмических приборов.

Построен очень подробный разрез пород, позволяющий судить о структуре и литологии верхних 500 м морского дна. Получены точные данные о плотности, электропроводимости, пористости, магнитных свойствах коры, в которой, как оказалось, скорость распространения волн различна в высокопористых слоях подушечной лавы и в более массивных лавовых потоках.

Новая сейсмостанция зарегистрировала на глубине более 500 м под дном океана несколько землетрясений, происходивших в пределах Срединно-Атлантического хребта, примерно в 80 км к востоку от места работы судна. Прибор также сделал четкие записи сейсмических волн от взрывов, произведенных с борта исследовательского судна «Линч».

В течение 79-го рейса «Гломар Челленджер» (он начался 15 апреля 1981 года) специалисты из США, Франции, Великобритании, Канады и ФРГ изучали геологическую историю дна Атлантического океана.



Исследования подтвердили, что в глубоководной части Атлантики напротив побережья Марокко на дне существует весьма протяженная область соляных куполов, возникших, очевидно, при испарении больших масс воды из мелководного бассейна, каким был Атлантический океан на ранней стадии образования. Затем эти древние донные отложения погрузились на глубину почти 8 км и были перекрыты слоем более молодых осадочных пород мощностью примерно 4 км. Удалось пробурить один из таких соляных куполов. На борт судна были подняты колонки чистого галита (поваренной соли) с прослоями красноватой и зеленоватой глины.

Колонки, поднятые в районе, непосредственно прилегающем к соляному куполу, содержат гранитные породы, характерные для земной коры, слагающей континенты. Это свидетельствует о том, что глубоко погруженное основание западной части Африканского континента простирается в сторону океана по меньшей мере до восточного края соляных полей, а возможно, захватывает и саму их область.

Выполненное с судна бурение принесло ученым образцы юрских известняков возраста около 140—150 млн. лет. Точное датирование известняковых отложений и связанных с ними слоев глины поможет разработать геологическую историю Атлантики на ранней стадии образования этого бассейна.

Deep See Drilling Project, 1981, 308, 309, 310.

Доктор физико-математических наук  
М. С. БОБРОВ



## Сатурн, каким мы его знаем теперь

**В 1979—1981 годах космические аппараты «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» прошли близ Сатурна. Удалось исследовать планету, ее кольца и спутники с расстояний в тысячи раз более близких, чем при наблюдении с Земли.**

### АТМОСФЕРА И ОБЛАЧНЫЙ СЛОЙ

Всякий, кто наблюдал планеты в телескоп, знает, что на поверхности Сатурна, то есть на верхней границе его облачного покрова, заметно мало деталей и контраст их с окружающим фоном невелик. Этим Сатурн отличается от Юпитера, где присутствует множество контрастных деталей в виде темных и светлых полос, волн, узелков, свидетельствующих о значительной активности его атмосферы.

Возникает вопрос, действительно ли атмосферная активность Сатурна (например, скорость ветра) ниже, чем у Юпитера, или же детали его облачного покрова просто хуже видны с Земли из-за большего расстояния (около 1,5 млрд. км) и более скудного освещения Солнцем (почти в 3,5 раза слабее освещения Юпитера)?

«Вояджерам» удалось получить снимки облачного покрова Сатурна, на которых отчетливо запечатлена картина атмосферной циркуляции: десятки облачных поясов, простирающихся вдоль параллелей, а также отдельные вихри. Обнаружен, в частности, аналог Большого Красного



*Участок облачной поверхности Сатурна, показывающий течения и вихри различных масштабов. Снимок сделан с «Вояджера-2»*

(Sky and Telescope, 1981, 62, 5)

Пятна Юпитера, хотя и меньших размеров. Установлено, что скорости ветров на Сатурне даже выше, чем на Юпитере: на экваторе 480 м/с, или 1700 км/ч. Число облачных поясов больше, чем на Юпитере, и достигают они более высоких широт. Таким образом, снимки облачности демонстрируют своеобразие атмосферы Сатурна, которая даже активнее юпитерианской.

Метеорологические явления на Сатурне происходят при более низкой

температуре, нежели в земной атмосфере. Поскольку Сатурн в 9,5 раз дальше от Солнца, чем Земля, он получает в  $9,5^2=90$  раз меньше тепла. Температура планеты на уровне верхней границы облачного покрова, где давление равно 0,1 атм, составляет всего 85 К, или  $-188^\circ\text{C}$ . Интересно, что за счет нагревания одним Солнцем даже такой температуры получить нельзя. Расчет показывает: в недрах Сатурна имеется свой собственный источник тепла, поток от которого в 2,5 раза больше, чем от Солнца. Сумма этих двух потоков и дает наблюдаемую температуру планеты.

Космические аппараты подробно исследовали химический состав надоблачной атмосферы Сатурна. В основном она состоит почти на 89% из водорода. На втором месте гелий (около 11% по массе). Отметим, что в атмосфере Юпитера его 19%. Дефицит гелия на Сатурне объясняют гравитационным разделением гелия и водорода в недрах планеты: гелий, который тяжелее, постепенно оседает на большие глубины (что, кстати говоря, высвобождает часть энергии, «подогревающей» Сатурн). Другие газы в атмосфере — метан, аммиак, этан, ацетилен, фосфин — присутствуют в малых количествах. Метан при столь низкой температуре (около  $-188^\circ\text{C}$ ) находится в основном в капельно-жидком состоянии. Он образует облачный покров Сатурна.

Что касается малого контраста деталей, видимых в атмосфере Сатурна, о чем говорилось выше, то причины этого явления пока еще не вполне ясны. Было высказано предположение, что в атмосфере взвеше-

на ослабляющая контраст дымка из мельчайших твердых частиц. Но наблюдения «Вояджера-2» опровергают это: темные полосы на поверхности планеты оставались резкими и ясными до самого края диска Сатурна, тогда как при наличии дымки они бы к краям замутились из-за большого количества частиц перед ними. Вопрос, таким образом, не может считаться решенным и требует дальнейшего исследования.

Данные, полученные с «Вояджера-1», помогли с большой точностью определить экваториальный радиус Сатурна. На уровне вершины облачного покрова экваториальный радиус составляет 60 330 км, или в 9,46 раза больше земного. Уточнен также период обращения Сатурна вокруг оси: один оборот он совершает за 10 ч 39,4 мин — в 2,25 раза быстрее Земли. Столь быстрое вращение привело к тому, что сжатие Сатурна значительно больше, чем у Земли. Экваториальный радиус Сатурна на 10% больше полярного (у Земли — только на 0,3%).

## МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА САТУРНА

До тех пор, пока первые космические аппараты не достигли Сатурна, наблюдательных данных о его магнитном поле не было вообще. Но из наземных радиоастрономических наблюдений явствовало, что Юпитер обладает мощным магнитным полем. Об этом свидетельствовало нетепловое радиоизлучение на дециметровых волнах, источник которого оказался больше видимого диска планеты, причем он вытянут вдоль экватора Юпитера симметрично по отношению к диску. Такая геометрия, а также поляризованность излучения свидетельствовали о том, что наблюдаемое радиоизлучение магнитно-тормозное и источник его — электроны, захваченные магнитным полем Юпитера и населяющие его радиационные пояса, аналогичные радиационным поясам Земли. Полеты к Юпитеру подтвердили эти выводы.

Поскольку Сатурн весьма сходен с Юпитером по своим физическим

свойствам, астрономы предположили, что достаточно заметное магнитное поле есть и у него. Отсутствие же у Сатурна наблюдаемого с Земли магнитно-тормозного радиоизлучения объясняли влиянием колец.

Эти предположения подтвердились.

Еще при подлете «Пионера-11» к Сатурну его приборы зарегистрировали в околопланетном пространстве образования, типичные для планеты, обладающей ярко выраженным магнитным полем: головную ударную волну, границу магнитосферы (магнитопаузу), радиационные пояса (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 22—25.— Ред.). В целом магнитосфера Сатурна весьма сходна с земной, но, конечно, значительно больше по размерам. Внешний радиус магнитосферы Сатурна в подсолнечной точке составляет 23 экваториальных радиуса планеты, а расстояние до ударной волны — 26 радиусов. Для сравнения можно напомнить, что внешний радиус земной магнитосферы в подсолнечной точке — около 10 земных радиусов. Так что даже по относительным размерам магнитосфера Сатурна превосходит земную более чем вдвое. Радиационные пояса Сатурна настолько обширны, что охватывают не только кольца, но и орбиты некоторых внутренних спутников планеты. Как и ожидалось, во внутренней части радиационных поясов, которая «перегорожена» кольцами Сатурна, концентрация заряженных частиц значительно меньше. Причину этого легко понять, если вспомнить, что в радиационных поясах частицы совершают колебательные движения примерно в меридиональном направлении, каждый раз пересекая экватор. Но у Сатурна в плоскости экватора располагаются кольца: они поглощают почти все частицы, стремящиеся пройти сквозь них. В результате внутренняя часть радиационных поясов, которая в отсутствие колец была бы в системе Сатурна наиболее интенсивным источником радиоизлучения, оказывается крайне ослабленной. Тем не менее «Вояджер-1», приблизившись к Сатурну, все же обнаружил нетепловое радиоизлучение его радиационных поясов.

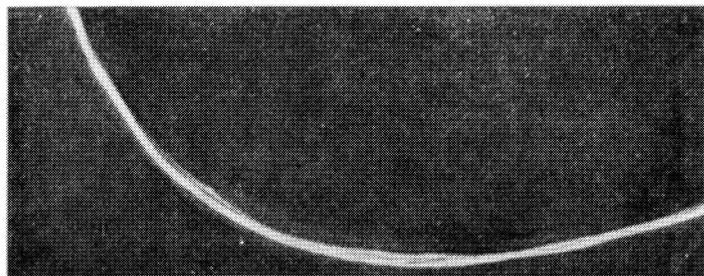
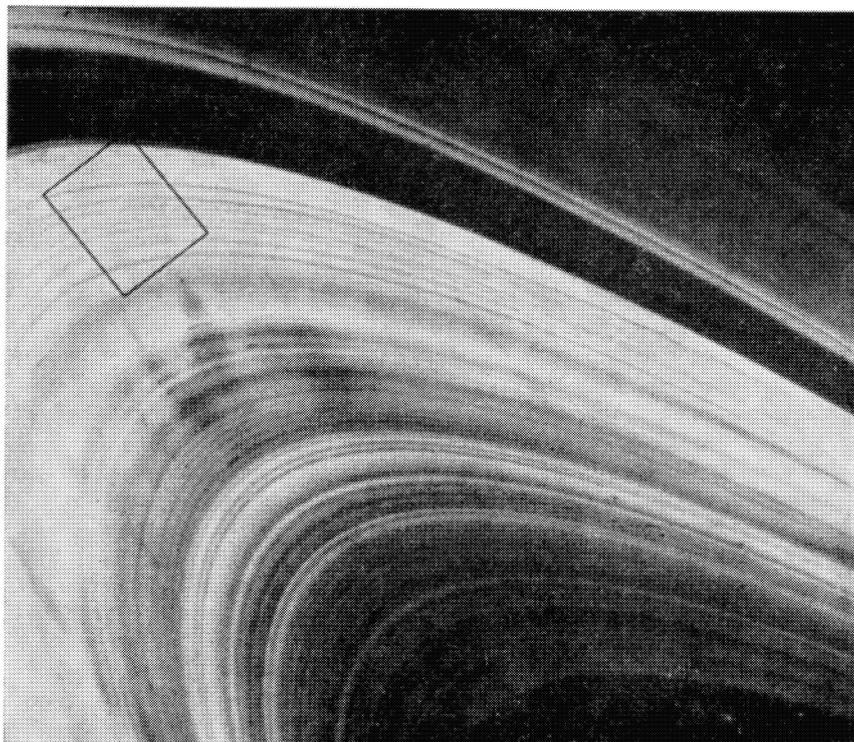
В отличие от Юпитера Сатурн излучает в километровом диапазоне длин волн. Заметив, что интенсивность излучения модулирована с периодом 10 ч 39,4 мин, предположили, что это и есть период осевого вращения радиационных поясов, или, другими словами, период вращения магнитного поля Сатурна. Но тогда это и период вращения Сатурна. В самом деле, магнитное поле Сатурна порождается электрическими токами в недрах планеты, — по-видимому, в слое, где под влиянием колоссальных давлений водород перешел в металлическое состояние. При вращении этого слоя с той же угловой скоростью вращается и магнитное поле. Вследствие большой вязкости вещества внутренних частей планеты все они вращаются с одинаковым периодом. Таким образом, период вращения магнитного поля — это в то же время период вращения большей части массы Сатурна (кроме атмосферы, которая вращается не как твердое тело).

## КОЛЬЦА

С Земли в телескоп хорошо видны три кольца: внешнее, средней яркости кольцо А; среднее, наиболее яркое кольцо В и внутреннее, неяркое полупрозрачное кольцо С, которое иногда называют креповым. Кольца чуть белее желтоватого диска Сатурна. Расположены они в плоскости экватора планеты и очень тонки: при общей ширине в радиальном направлении примерно 60 тыс. км они имеют толщину менее 3 км. Спектроскопически было установлено, что кольца вращаются не так, как твердое тело, — с расстоянием от Сатурна скорость убывает. Более того, каждая точка колец имеет такую скорость, какую имел бы на этом расстоянии спутник, свободно движущийся вокруг Сатурна по круговой орбите. Отсюда ясно: кольца Сатурна по существу представляют собой колоссальное скопление мелких твердых частиц, самостоятельно обращающихся вокруг планеты. Размеры частиц столь малы, что их не видно не только в земные телескопы, но и с борта космических аппаратов.

Характерная особенность строения колец — темные кольцевые промежутки (деления), где вещества очень мало. Самое широкое из них (3500 км) отделяет кольцо В от кольца А и называется «делением Кассини» в честь астронома, впервые увидевшего его в 1675 году. При исключительно хороших атмосферных условиях таких делений с Земли видно свыше десяти. Природа их, по-видимому, резонансная. Так, деление Кассини — это область орбит, в которой период обращения каждой частицы вокруг Сатурна ровно вдвое меньше, чем у ближайшего крупного спутника Сатурна — Мимаса. Из-за такого совпадения Мимас своим притяжением как бы раскачивает частицы, движущиеся внутри деления, и в конце концов выбрасывает их отсюда.

*С достаточно близкого расстояния кольца Сатурна распадаются на множество узких колечек. На этом снимке, сделанном с «Вояджера-2», видны также «спицы» — темные образования, простирающиеся приблизительно в радиальном направлении*  
(Sky and Telescope, 1981, 62, 5)



Бортовые камеры «Вояджеров» показали, что с близкого расстояния кольца Сатурна похожи на грампластинку: они как бы расслоены на тысячи отдельных узких колечек с темными прогалинами между ними. Прогалины так много, что объяснить их резонансами с периодами обращения спутников Сатурна уже невозможно.

Чем же объясняется эта тонкая структура? Вероятно, равномерное распределение частиц по плоскости колец механически неустойчиво. Вследствие этого возникают круговые волны плотности — это и есть наблюдаемая тонкая структура.

*Часть кольца F. Два колечка как бы перевиты между собой. Снимок с «Вояджера-1»*

(Science, 1981, 212, 4491)

Помимо колец А, В и С «Вояджеры» обнаружили еще четыре: D, E, F и G. Все они очень разрежены и потому неярки. Кольца D и E с трудом видны с Земли при особо благоприятных условиях; кольца F и G обнаружены впервые.

Порядок обозначения колец объясняется историческими причинами, поэтому он не совпадает с алфавитным. Если расположить кольца по мере их удаления от Сатурна, то мы получим ряд: D, C, B, A, F, G, E.

Особый интерес и большую дискуссию вызвало кольцо F. К сожалению, вывести окончательное суждение об этом объекте пока не удалось, так как наблюдения двух «Вояджеров» не согласуются между собой. Бортовые камеры «Вояджера-1» показали, что кольцо F состоит из нескольких колечек общей шириной 60 км, причем два из них перевиты друг с другом, как шнурок. Некоторое время господствовало мнение, что ответственность за эту необычную конфигурацию несут два небольших новооткрытых спутника, движущихся непосредственно вблизи кольца F, — один у внутреннего края, другой — у внешнего (чуть медленнее первого, так как он дальше от Сатурна). Притяжение этих спутников не дает крайним частицам кольца уходить далеко от его середины, то есть спутники как бы «пасут» частицы, за что и получили название «пастухов». Они же, как показали расчеты, вызывают движение частиц по волнистой линии, что

и создает наблюдаемые переплетения компонентов кольца. Но «Вояджер-2», прошедший близ Сатурна девятью месяцами позже, не обнаружил в кольце F ни переплетений, ни каких-либо других искажений формы,—в частности, и в непосредственной близости от «пастухов». Таким образом, форма кольца оказалась изменчивой. Для суждения о причинах и закономерностях этой изменчивости двух наблюдений, конечно, мало. С Земли же наблюдать кольцо F современными средствами невозможно — яркость его слишком мала. Остается надеяться, что более тщательное исследование полученных «Вояджерами» снимков кольца прольет свет на эту проблему.

Кольцо D — ближайшее к планете. Видимо, оно простирается до самого облачного шара Сатурна. Кольцо E — самое внешнее. Крайне разреженное, оно в то же время наиболее широкое из всех — около 90 тыс. км. Величина зоны, которую оно занимает, от 3,5 до 5 радиусов планеты. Плотность вещества в кольце E возрастает по направлению к орбите спутника Сатурна Энцелада. Возможно, Энцелад — источник вещества этого кольца.

Частицы колец Сатурна, вероятно, ледяные, покрытые сверху инеем. Это было известно еще из наземных наблюдений, и бортовые приборы космических аппаратов лишь подтвердили правильность такого вывода. Размеры частиц главных колец оценивались из наземных наблюдений в пределах от сантиметров до метров (естественно, частицы не могут быть одинаковыми по величине: не исключается также, что в разных кольцах типичный поперечник частиц различен).

Когда «Вояджер-1» проходил вблизи Сатурна, радиопередатчик космического аппарата последовательно пронизывал радиолучом на волне 3,6 см кольцо A, деление Кассини и кольцо C. Затем радиоизлучение было принято на Земле и подверглось анализу. Удалось выяснить, что частицы указанных зон рассеивают радиоволны преимущественно вперед, хотя и несколько по-разному. Благодаря этому оценили средний

поперечник частиц кольца A в 10 м, деления Кассини — в 8 м и кольца C — в 2 м.

Сильное рассеяние вперед, но на этот раз в видимом свете, обнаружено у колец F и E. Это означает наличие в них значительного количества мелкой пыли (поперечник пылинки около десятитысячных долей миллиметра).

В кольце B обнаружили новый структурный элемент — радиальные образования, получившие название «спицы» из-за внешнего сходства со спицами колеса. Они также состоят из мелкой пыли и расположены над плоскостью кольца. Не исключено, что «спицы» удерживаются там силами электростатического отталкивания. Любопытно отметить: изображения «спиц» были найдены на некоторых зарисовках Сатурна, сделанных еще в прошлом веке. Но тогда никто не придавал им значения...

Исследуя кольца, «Вояджеры» обнаружили неожиданный эффект — многочисленные кратковременные всплески радиоизлучения, поступающего от колец. Это не что иное, как сигналы от электростатических разрядов — своего рода молнии. Источник электризации частиц, по-видимому, столкновения между ними.

Кроме того, была открыта окутывающая кольца газообразная атмосфера из нейтрального атомарного водорода. «Вояджерами» наблюдалась линия Лайман-альфа (1216 Å) в ультрафиолетовой части спектра. По ее интенсивности оценили число атомов водорода в кубическом сантиметре атмосферы. Их оказалось примерно 600. Нужно сказать, некоторые ученые задолго до запуска к Сатурну космических аппаратов предсказывали возможность существования атмосферы у колец Сатурна.

«Вояджерами» была также сделана попытка измерить массу колец. Трудность состояла в том, что масса колец по крайней мере в миллион раз меньше массы Сатурна. Из-за этого траектория движения космического аппарата вблизи Сатурна в громадной степени определяется мощным притяжением самой планеты и лишь ничтожно возмущается слабым притяжением колец. Между тем

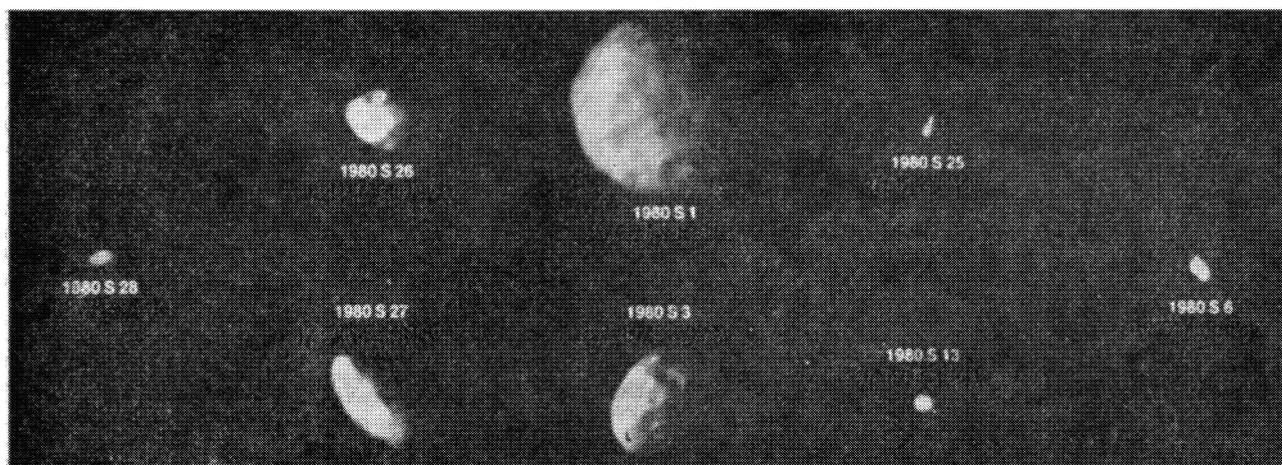
именно слабое притяжение и необходимо выявить. Лучше всего для этой цели подходила траектория «Пионера-11». Но анализ измерений траектории аппарата по его радиоизлучению показал, что кольца (в пределах точности измерений) на движение аппарата не повлияли. Точность же составила  $1,7 \cdot 10^{-6}$  массы Сатурна. Иными словами, масса колец заведомо меньше 1,7 миллионных долей массы планеты.

## СПУТНИКИ

Если до полетов космических аппаратов к Сатурну было известно 10 спутников планеты, то сейчас мы знаем 17 (Земля и Вселенная, 1981, № 2, с. 40—45.—Ред.). Новые семь спутников весьма малы, но тем не менее некоторые из них оказывают серьезное влияние на динамику системы Сатурна. Таков, например, маленький спутник, движущийся у внешнего края кольца A; он не дает частицам кольца выходить за пределы этого края. Есть даже предложение называть его Аргусом. (В греческой мифологии многоглазый великан, стерегущий по приказу богини Геры возлюбленную Зевса Ио. В переносном смысле — бдительный страж.)

Особый интерес для космических исследований представлял крупнейший спутник Сатурна — Титан. Это единственный из спутников всех планет, обладающий плотной атмосферой. Задача состояла в том, чтобы определить химический состав его атмосферы и физические условия на поверхности (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 26—29.—Ред.).

Благодаря наземным наблюдениям было известно, что в атмосфере спутника присутствует метан. Спектральные наблюдения с борта «Вояджера-1» подтвердили наличие метана, но в то же время показали, что его содержание в атмосфере — лишь около 1%, тогда как на 85% атмосфера состоит из азота (в основном молекулярного с примесью атомарного и ионизованного) и на 12% из аргона. Обнаружены небольшие количества этана, ацетилена, этилена, цианистого водо-



Малые спутники Сатурна.  
Все они имеют неправильную форму. Снимки с «Вояджера-2»  
(Sky and Telescope, 1981, 62, 5)

рода, а также молекулярного водорода.

Температура на поверхности Тита-

на 93 К ( $-180^{\circ}$  С). Это близко к тройной точке метана — температуре, при которой он может одновременно существовать в твердом, жидком и газообразном состоянии. Поэтому не исключено, что метан играет на спутнике ту же роль, что вода на Земле: реки метана могут течь с ме-

тановых ледников под азотным небом, а из облаков выпадать дожди из жидкого метана. Таков своеобразный мир этого спутника.

К сожалению, поверхности Титана не видно, ее скрывает густая дымка. Природа дымки пока не установлена. Поиски просветов в ней, через которые можно было бы увидеть твердую поверхность Титана, не увенчались успехом.

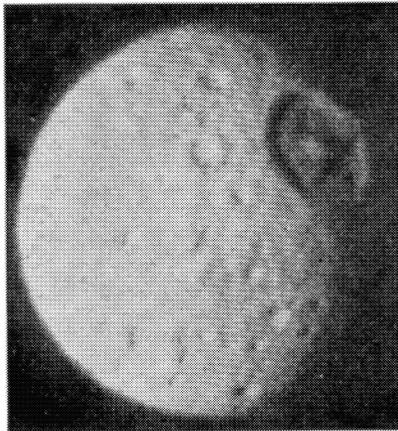
Полеты космических аппаратов к Сатурну дали возможность существенно уточнить данные о размерах спутников планеты. Действительно, с Земли в телескопы только Титан виден как диск (хотя и крошечный), все же остальные спутники Сатурна представляются светящимися точками. Поэтому непосредственно измерить их диаметры с Земли невозможно. Косвенные же методы дают большую ошибку, подчас сравнимую с измеряемой величиной. В то же время исследование гравитационных возмущений, оказываемых спутниками друг на друга, позволило оценить их массы. Поэтому до космических исследований Сатурна сложилась странная ситуация: массы его спутников были определены с хорошей точностью, а размеры их фактически неизвестны.

Наблюдения с борта космических аппаратов исправили положение, и теперь мы знаем размеры всех спутников Сатурна с достаточной точностью (от  $\pm 20$  до  $\pm 40$  км).

#### СПУТНИКИ САТУРНА

Название	Диаметр, км	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Средний радиус орбиты, км	Примечание
1980 S28 <sup>1</sup>	60	? <sup>3</sup>	137 670	«Аргус»
1980 S27	140×80 <sup>2</sup>	?	139 353	
1980 S26	110×70	?	141 700	
1980 S1	220×160	?	151 422	
1980 S3	140×100	?	151 472	
Мимас	390	1,2	185 600	
Энцелад	510	1,1	238 100	
Тефия	1050	1,0	294 700	
1980 S25	50	?	294 700	Позади Тефии на 60°
1980 S13	60	?	294 700	Впереди Тефии на 60°
Диона	1120	1,4	377 500	Впереди Дионы на 60°
1980 S6	60	?	378 060	
Рея	1530	1,3	527 200	
Титан	5150	1,9	1 221 600	
Гиперион	410×220	?	1 483 000	
Япет	1440	1,2	3 560 100	
Феба	200	?	12 950 000	

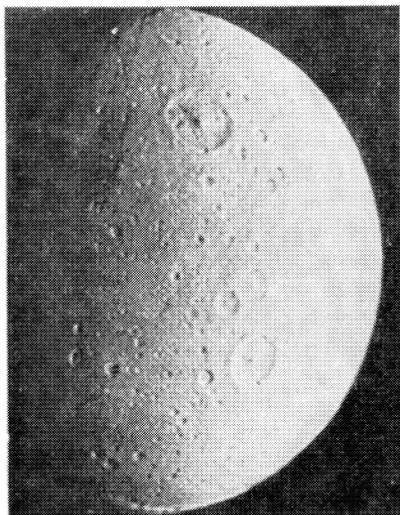
<sup>1</sup> Название предварительное.  
<sup>2</sup> Форма спутника неправильная: указан наибольший и наименьший размер.  
<sup>3</sup> Плотность неизвестна, так как нет данных о массе спутника.



*Поверхность Мимаса. Диаметр крупнейшего из кратеров равен трети диаметра самого спутника. Снимок с «Вояджера-1»*  
(Science, 1981, 212, 4491)

Это позволило сделать важный шаг в исследовании природы спутников. Зная диаметр спутника, легко вычислить его объем. Разделив массу спутника на объем, получим среднюю плотность — характеристику, помогающую установить, из каких веществ состоит данное небесное тело.

*Диона усеяна множеством кратеров, подобных лунным. Снимок с «Вояджера-1»*  
(Science, 1981, 212, 4491)



Выяснилось, что плотности внутренних спутников Сатурна — от Мимаса до Реи, а также Япета — близки к плотности воды: от 1,0 до 1,4 г/см<sup>3</sup>. Есть основания полагать, что эти спутники главным образом и состоят из воды (конечно, не жидкой, так как их температура около —180° С). Тетия, плотность которой 1 г/см<sup>3</sup>, особенно похожа на кусок чистого льда. В других спутниках также должна иметься большая или меньшая примесь каменных веществ.

«Вояджеры» подходили к спутникам Сатурна так близко, что удалось не только определить диаметры спутников, но и передать на Землю изображение их поверхности. Уже составлены первые карты спутников. Наиболее распространенные образования на их поверхности — кольцевые кратеры, подобные лунным. Происхождение кратеров ударное: летящее в межпланетном пространстве метеорное тело сталкивается со спутником, его космическая скорость почти мгновенно падает до нуля, кинетическая энергия переходит в тепло. Происходит взрыв с образованием кольцевого кратера.

Некоторые кратеры нужно упомянуть особо. Например, большой кратер на маленьком Мимасе. Диаметр кратера около 130 км, или треть диаметра спутника. Вероятно, ударного кратера большего размера на Мимасе быть не может. При несколько большей кинетической энергии космического тела, нанесшего удар, Мимас разлетелся бы на куски.

Множество кратеров, которые мы сейчас видим на снимках спутников Сатурна, — это летопись их истории, уходящая в глубь времен по меньшей мере на сотни миллионов лет. Отметины, произведенные небесными камнями, свидетельствуют, что в отдаленную эпоху формирования планетной системы околосолнечное пространство (по крайней мере до орбиты Сатурна!) было насыщено множеством отдельных твердых тел, из которых постепенно сложились планеты и спутники. И даже после того, как формирование планет и спутников в основном завершилось, остаток этих твердых тел долгое время продолжал двигаться в пространстве.

Таковы, в основном, наши сегодняшние сведения о Сатурне. Необходимо только оговориться, что в первую очередь речь шла о непосредственных фактических данных. Более глубокие выводы, которые могут быть из них сделаны и, вероятно, будут сделаны, потребуют длительной работы ученых. Она еще впереди.

## НОВЫЕ КНИГИ

### **ПОСТОЯННАЯ ЧАСТЬ «АСТРОНОМИЧЕСКОГО КАЛЕНДАРЯ»**

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество выпустило седьмое, переработанное издание постоянной части своего «Астрономического календаря» (М.: Наука, 1981). Ответственный редактор — В. К. Абалакин, редакционная коллегия — В. А. Бронштэн, М. М. Дагаев, Э. В. Кононович, П. Г. Куликовский. Авторский коллектив включает 27 человек.

Постоянная часть «Астрономического календаря» предназначена для любителей астрономии. Работая с ежегодниками ВАГО («Переменная часть Астрономического календаря»), любители астрономии пользуются «Постоянной частью» как справочником и фундаментальным руководством при выполнении и обработке наблюдений.

Структура книги нового издания не отличается от предыдущего. Первые две главы посвящены сферической, теоретической и практической астрономии. В «Добавлении» к ним даны примеры решения задач с помощью стереографической сетки. В третьей главе изложены основные понятия астрофизики, а в четвертой — дано описание астрономических инструментов и методика работы с ними. Пятая глава содержит 13 инструкций для наблюдений Солнца, Луны, планет, комет, переменных звезд, затмений, серебристых облаков и др. Основы методов обработки наблюдений читатели найдут в шестой главе. Далее следует более 40 таблиц, содержащих данные о небесных телах, необходимые вычислителям различного рода поправки, а также сведения о рекомендуемых наблюдателям переменных звездах, звездных скоплениях и галактиках.

Книга снабжена «Приложениями» (каталог деталей лунной поверхности, сетки для обработки наблюдений, международные коды для наблюдений ИСЗ) и «Предметным указателем».



## Памяти Александра Васильевича Сидоренко

23 марта 1982 года при исполнении служебных обязанностей трагически погиб вице-президент АН СССР, депутат Верховного Совета СССР, директор Института литосферы АН СССР, академик Александр Васильевич Сидоренко.

А. В. Сидоренко родился в 1917 году в семье крестьянина. Начав трудовую жизнь рабочим, Александр Васильевич после рабфака окончил геологический факультет Воронежского университета. В 1941 году он поступил в аспирантуру, но учебу прервала война. На фронте под Сталинградом в 1942 году вступил в ряды КПСС, был тяжело ранен. После войны А. В. Сидоренко вернулся к научным исследованиям и защитил кандидатскую диссертацию. Работая в Туркменском филиале АН СССР, защитил докторскую диссертацию и вскоре был избран председателем Президиума Кольского филиала АН СССР. В 1962 году назначен министром геологии СССР. С 1966 года А. В. Сидоренко — действительный член АН СССР, с 1975 года — вице-президент АН СССР.

Александр Васильевич внес огромный вклад в укрепление сырьевой базы страны, в развитие советской геологической науки, по его инициативе организовано несколько научно-исследовательских институтов.

Научные интересы А. В. Сидоренко были чрезвычайно многогранны. Его отличал глобальный и глубоко эволюционный подход к решению проблем, связанных с науками о Земле. Еще в 60-е годы Александр Васильевич сформулировал идею о единстве эволюционных процессов развития земной коры, имеющую огромное



*Александр Васильевич  
Сидоренко (1917—1982)*

методологическое значение для исследования древнейших этапов развития Земли. А. В. Сидоренко развивал представления В. И. Вернадского о биосфере. Он посвятил фундаментальные работы доказательству большой роли органического вещества в геологических процессах на Земле, начиная с раннего докембрия, открытие углеводородного и углекислого «дыхания» метаморфической оболочки земной коры. Продолжая учение В. И. Вернадского о ноосфере, А. В. Сидоренко развивал идеи о литосфере как части окружающей среды человека и уделял большое внимание проблемам человеческой деятельно-

сти как геологического фактора. За цикл работ по геохимии и биогеохимии в 1981 году академику А. В. Сидоренко присуждена Золотая медаль имени В. И. Вернадского.

В своих исследованиях и организационной деятельности большое внимание А. В. Сидоренко уделял аэрокосмическим методам исследования земной коры. Уже в ранних своих работах он успешно использовал аэрофотосъемку при исследовании массивов щелочных гранитов на Кольском полуострове, подтвердив ее применимость для выяснения генезиса пород, содержащихся среди глубоко метаморфизованных толщ.

Еще в начале 70-х годов А. В. Сидоренко писал о новом фундаментальном научном направлении — **космическом земледении**, которое включает не только использование космических средств для фундаментальных геологических исследований и поиска полезных ископаемых, но и изучение из космоса всех природных ресурсов планеты и контроль загрязнения среды. А. В. Сидоренко был одним из первых ученых, оценивших те исключительные возможности, которые открылись перед геологией и вообще науками о Земле в космический век. Космическая информация, по его словам, обеспечила синтезирующий подход к рассмотрению объектов и процессов в их взаимосвязи, взаимообусловленности и органическом единстве. В последующие годы академик А. В. Сидоренко приложил немало усилий к тому, чтобы научно обосновать и организационно оформить это новое направление в науке. При его участии в 1972 году создается «Комиссия по изучению природ-

ных ресурсов с помощью космических средств», а в 1976 году он становится ее председателем.

Понимая, что космические методы открывают новые возможности для международных научных исследований Земли, А. В. Сидоренко становится во главе Рабочей группы социалистических стран по дистанционному зондированию. В январе 1980 года выходит первый номер нового журнала «Исследование Земли из космоса», инициатором создания которого и главным редактором был А. В. Сидоренко. Журнал этот высоко оценен мировой научной общественностью, и уже со следующего 1981 года его начинают печатать на английском языке в США.

А. В. Сидоренко глубоко понимал также важность дистанционных методов для познания древнейшего этапа формирования нашей планеты — докембрия. В созданном им в 1979 году Институте литосферы АН СССР был сразу же организован отдел «Геология Земли из космоса». Отдел призван разработать и применить новые методы к расшифровке истории осадочно-метаморфических толщ докембрия и связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

Высоко оценивая научный потенциал космического землеведения, А. В. Сидоренко считал, что основная задача нового научного направления — решение насущных практических задач, поставленных XXVI съездом КПСС. Космическое землеведение уже достигло значительных успехов. Для его дальнейшего развития ключевое значение будут иметь основополагающие труды А. В. Сидоренко.

**Группа товарищей**



Выдающийся английский астроном и геофизик Эдмунд Галлей родился 29 октября (8 ноября) 1656 года в небольшой деревушке Хаггерстон (ныне окраина Лондона) в семье зажиточного мыловара. Уже в школе Галлей проявил незаурядные способности к наукам, широту интересов, энергию и настойчивость в решении поставленных задач. Эти черты сделали Галлея впоследствии ярчайшим представителем своей эпохи в естествознании.

В XVII веке под влиянием идей Ф. Бэкона, Р. Декарта, открытий Галлея человек, наконец, ощутил себя подлинным и непосредственным исследователем природы. «Ничего не принимать на веру», — стало девизом созданного в начале 60-х годов XVII века Лондонского королевского общества — первой в Европе национальной естественнонаучной организации. Новые прикладные задачи ставили перед наукой развивающаяся промышленность и международная торговля. Нужды последней требовали, в частности, срочного решения трудной проблемы — определения долготы на море. Над этой задачей бились астрономы и механики не только в XVII, но и в начале XVIII века (Земля и Вселенная, 1980, № 5, с. 58—60. — Ред.). Стремление получить знания из первоисточника заставляло естествоиспытателей пускаться в далекие и длительные научные экспедиции. Огромная жажда знаний породила характерный для исследователей той эпохи энциклопедизм.

В 17 лет Галлей поступил в Оксфордский университет, где изучал и математические науки, и филологию.

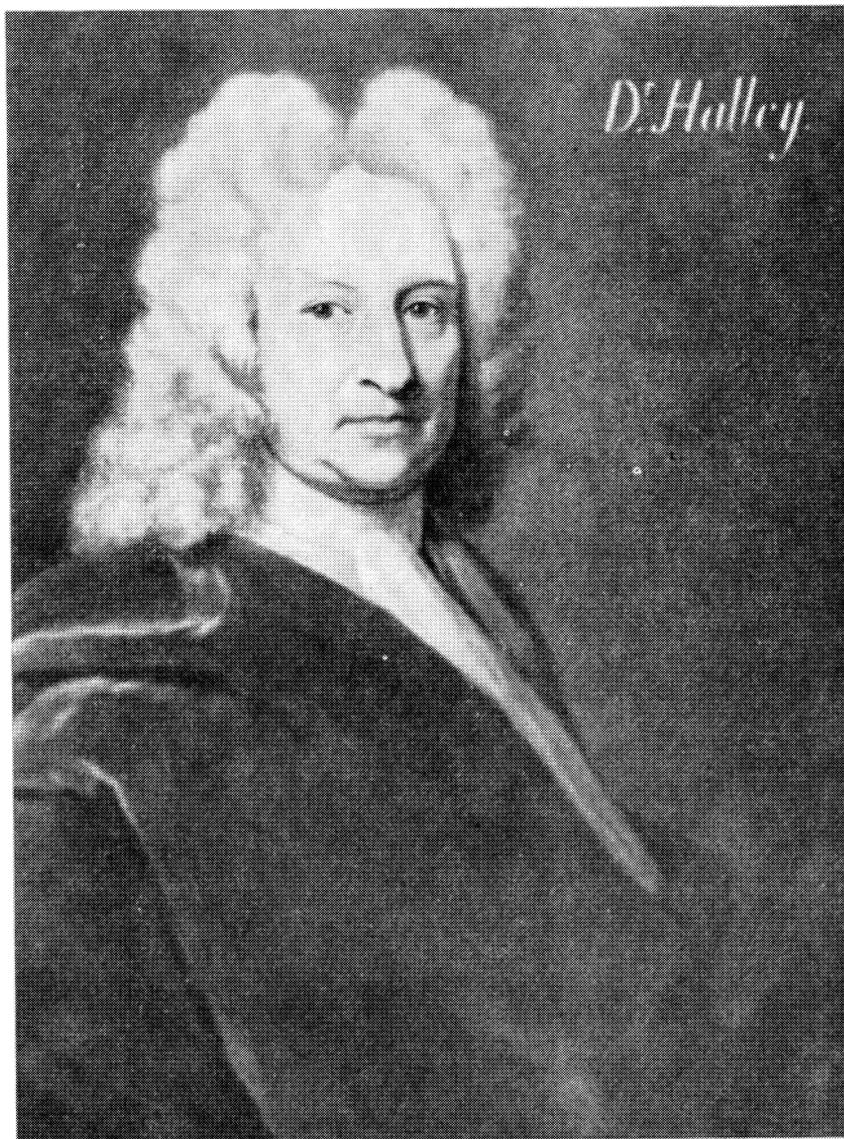
Кандидат физико-математических наук

А. И. ЕРЕМЕЕВА

## Эдмунд Галлей

Много лет спустя, специально изучив арабский язык, он перевел с арабского и издал труды древнегреческого математика Аполлония Пергского. Блестящим гомеровским гекзаметром (на латыни) написал Галлей восторженное посвящение автору гениальных «Начал» — Ньютону, чей труд готовился увидеть свет. Чрезвычайно широко применял он и свои математические познания. Так, Галлей первым в Англии использовал в гражданской статистике теорию вероятностей. Он составил таблицы страхования жизни (на основе вероятностных оценок смертности в стране от различных причин). Но главным для Галлея с ранних лет были астрономия и геофизика.

В XVII веке наука о небе не разделялась на обособленные друг от друга — по объектам и методам — области. Нередко астроном сочетал в себе и наблюдателя всех доступных ему небесных объектов, и теоретика, и конструктора инструментов. В конце XVII века особенно актуальными были детальные исследования движения планет, законы которого открыл в 1609—1619 годах И. Кеплер. Разрешимой задачей стало дальнейшее уточнение планетных и лунных таблиц (последнее имело большое практическое значение для определения долготы на море). Вместе с тем обнаружилось расхождение между действительными положениями, например, Солнца и Луны в древности (в зафиксированные исторически моменты затмений) и вычисленными на основе законов Кеплера. В результате был открыт ряд «неравенств» — реальных отклонений от законов Кеплера в движении Луны и



*Портрет  
Эдмунда Галлея (1656—1742)  
работы Р. Филлипса. Национальная  
портретная  
галерея, Лондон*

планет, так называемых возмущений, вызванных сложными взаимодействиями тел Солнечной системы между собой. Появились новые перспективы разрешения фундаментального вопроса о физической причине движения планет — теперь уже на основе законов Кеплера. Ведь эти законы были установлены лишь как

эмпирические правила. Правда, сам Кеплер высказал мысль, что причина кроется в притяжении Солнца, действие которого — по простой аналогии — он сравнивал с действием магнита.

Захваченный этими проблемами, Галлей, еще будучи студентом, в 1676 году опубликовал свою первую работу об орбитах планет. Тогда же, сравнив старые и современные ему наблюдения планет, он установил, что средние орбитальные скорости Юпитера и Сатурна постепенно из-

меняются, и правильно приписал это взаимному возмущению планет. (Долгопериодический характер обнаруженного неравенства был установлен позднее П. Лапласом.) К этим вопросам Галлей вернется через 18 лет. А пока его увлекала иная задача: дополнить звездные каталоги, составленные лишь при наблюдениях из северного полушария, каталогом звезд южного, большей частью недоступного в Европе неба. С этой целью Галлей в том же 1676 году, оставив университет, добился разрешения Королевского общества на свою первую далекую научную экспедицию — на остров Святой Елены в Южной Атлантике. Здесь в тяжелых климатических условиях с весны 1677 года и до начала 1678 года он вел наблюдения, пользуясь инструментами, специально изготовленными для экспедиции на средства его отца. Галлей располагал несколькими телескопами, наибольший из них имел длину трубы около 24 футов (более 7 м) и был снабжен двумя микрометрами; 5,5-футовым металлическим секстантом с оптикой (тогда это было новинкой); 2-футовым квадрантом и маятниковыми часами.

Основным результатом Галлея в этой экспедиции стал его «Каталог южных звезд» (опубликован в 1679 году), включивший 341 звезду, координаты которых впервые были определены методом телескопических наблюдений. За эту работу 22-летнего исследователя избрали в члены Лондонского королевского общества.

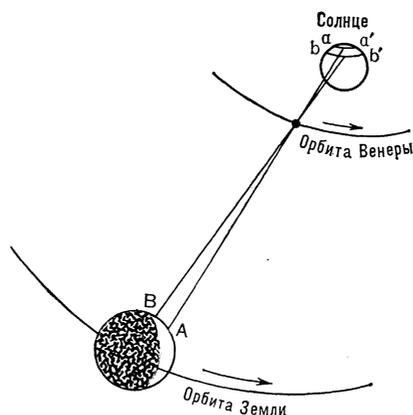
На острове Святой Елены Галлею довелось наблюдать редкое явление — прохождение в ноябре 1677 года Меркурия по диску Солнца. Это навело его на мысль о новом, простом и, как ожидалось, несравненно более точном способе определения расстояния от Земли до Солнца (астрономической единицы). При одновременном наблюдении из двух мест, различающихся по широте, внутренняя планета, если она при своем нижнем соединении с Солнцем проецируется на диск светила, пересечет его по хорде ниже для «северного» наблюдателя и выше — для «южного». Величина

такого, параллактического смещения пути планеты на солнечном диске, то есть расстояние между двумя хордами, зависит не только от широтного различия пунктов наблюдения, но и от удаленности Земли от планеты и от Солнца. В частности, смещение хорд тем больше, чем ближе планета к Земле. Определив это смещение в долях диаметра солнечного диска (для чего достаточно измерить разность времен прохождения планеты по диску Солнца) и зная расстояние между пунктами наблюдений на Земле, можно путем несложных геометрических построений найти истинный диаметр солнечного диска в линейной мере. Далее по известному угловому диаметру Солнца вычисляют величину астрономической единицы.

Для реализации своего способа Галлей предложил использовать более близкую к Земле, чем Меркурий, планету Венеру. В 1716 году он опубликовал рассчитанную им программу наблюдений для очередного прохождения Венеры по диску Солнца 6 июня 1761 года (ему уже не суждено было это увидеть). Способ Галлея, который астрономы применяли во время всех последующих прохождений Венеры по диску Солнца, позволил к концу XIX века в 25 раз уменьшить ошибку в определении солнечного параллакса (в среднем 8,83" против 9,5", полученных в XVII веке по наблюдениям Марса).

Неожиданным побочным следствием этих наблюдений стало ... открытие в 1761 году М. В. Ломоносовым атмосферы на Венере. Именно наличие атмосферы, а также некоторые оптические эффекты мешали точному фиксированию моментов контактов планеты с диском Солнца и не позволили добиться еще большей точности в определении астрономической единицы, на которую рассчитывал Галлей. (В 1979 году для среднего значения солнечного параллакса, определенного радарным способом, принята величина 8,794 146", что соответствует значению астрономической единицы 149 597 870 км.)

По возвращении в Англию Галлей вновь занялся вопросом: чем физически обусловлено закономерное



*Метод Галлея для определения расстояния от Земли до Солнца. Разность времен прохождения планеты по диску Солнца дает отношение длин хорд  $aa'$  и  $bb'$ , откуда можно найти смещение хорд ( $c$ ) в долях солнечного диаметра. Если известны расстояния между земными наблюдателями ( $AB$ ) и относительные расстояния Земля — Солнце ( $d$ ) и Венера — Солнце ( $e$ ), то, учитывая третий закон Кеплера, можно составить пропорцию  $AB/c = (d-e)/e = 3/7$  и найти солнечный диаметр в километрах. Зная угловые размеры Солнца, с помощью элементарной тригонометрии выводят искомое расстояние  $d$*

движение планет. В 1684 году, еще не зная об открытиях Ньютона, он установил, что третий закон Кеплера соответствует движению планет под действием силы притяжения Солнца, если эта сила обратно пропорциональна квадрату расстояния до планеты. Но при попытке решить общую проблему — какой набор орбит определяет такая сила притяжения? — Галлей (как и другие его современники) столкнулся с непреодолимыми для себя математическими трудностями. Узнав, что эта задача давно решена Ньютоном, который не собирався, однако, публиковать результаты (и даже затерял свои записи!), Галлей совершил подлинный научный подвиг. Он добился от ученого, человека весьма замкнутого, восстановления, доработки и опубли-

кования исследований, которые и составили гениальный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии» (иначе — физики). Не добившись от Королевского общества соответствующих средств, Галлей принял на себя все расходы по изданию великого труда Ньютона.

В 1693 году Галлей открыл новое неравенство в движении Луны — возрастание средней скорости. (Впервые, хотя и неполностью, оно было объяснено П. Лапласом и теперь известно как «вековое ускорение среднего движения Луны».)

В 1698—1700 годах Галлей организовал две новые морские научные экспедиции в Атлантический и Индийский океаны к берегам Южной Америки и Южной Африки. На сей раз целью стали географические, точнее геомагнитные исследования. Галлей не только возглавлял эти экспедиции, но и был капитаном небольшого судна, на котором совершались оба плавания. По возвращении он опубликовал в 1701 году составленную по собственным наблюдениям первую в мире детальную «Генеральную карту вариаций (склонений) компаса». Она имела большое значение для навигации. Кстати, Галлей надеялся, что по заранее известному изменению склонения компаса удастся определять и долготу на море. Геомагнитные исследования привели Галлея к оригинальной идее о природе земного магнетизма, с которым он связывал, в частности, явление полярных сияний.

Наиболее плодотворной для Галлея оказалась первая четверть XVIII века. Разработав на основе принципов Ньютона метод расчета параболических орбит комет, Галлей в 1705 году опубликовал вычисленные им орбиты для 24 комет, замеченных в разное время. Обнаружив близость друг к другу орбит нескольких комет, наблюдавшихся в XV—XVII веках, в том числе яркой кометы, которую он сам наблюдал в 1682 году, Галлей обратил внимание на кратность промежутков времени между появлениями этих комет периодами 75—76 лет. Отсюда он сделал правильный вывод: это одна и та же комета с периодом обращения во-

круг Солнца 75—76 лет (изменения его он объяснял возмущениями от планет), и движется она не по параболе, а по эллипсу. Так была открыта первая замкнутая орбита у кометы и доказана принадлежность этих удивительных тел Солнечной системе. И опять вычисления Галлея показали, что ему не суждено самому проверить свои выводы: комета должна была приблизиться к Солнцу (и, следовательно, к Земле) лишь в 1758 году! Ее действительно заметили в конце этого года, а перигелий она прошла в марте 1759 года, как и рассчитали, с учетом возмущений орбиты, французские математики Алексис Клеро и Гортензия Лепот. Ставшая знаменитой комета, наблюдавшаяся затем в 1835 и в 1910 годах и ожидаемая в 1986 году, вошла в астрономию как «комета Галлея».

Еще более значительное, хотя и не сразу оцененное открытие Галлея сделал в мире звезд. Чтобы уточнить постоянную прецессии, он сравнил координаты звезд в современном ему каталоге с измерениями Аристиллы и Тимохариса (III век до н. э.) и Гиппарха (II век до н. э.), приведенными в «Альмагесте» Птолемея. Помимо известных систематических смещений всех звезд по долготе (за счет прецессии) он проследил и систематические смещения звезд по широте, вызванные также известным уже изменением наклона экватора к эклиптике. При этом Галлей неожиданно открыл, что изменения широт у трех ярких звезд нарушают общий порядок! Галлей писал в 1718 году: «Однако три звезды: Палилисиум, или Глаз Тельца (Альдебаран, а не Проион, как иногда ошибочно пишут.— А. Е.), Сириус и Арктур прямо противоречили этому правилу». Причем широты этих звезд изменились «против правила» на десятки минут! Сравнив для контроля положения этих звезд по измерениям европейцев в IV и VI веках, Галлей сделал окончательный вывод о существовании реальных перемещений «неподвижных» звезд. Признание это открытие получило только в 70-е годы XVIII века, когда Т. Майер и Н. Маскелайн измерили собственные движения у десятков звезд.



*Комета Галлея  
в апреле 1910 года*

Галлей первым привлек внимание астрономов своего времени к туманностям как самосветящимся космическим объектам. В специальной статье (1715 г.), оспаривая мнение некоторых ученых, будто самосветящимися могут быть лишь «солнца», Галлей описал шесть таких туманностей. Они были открыты (или переоткрыты), начиная со второй половины XVII века, разными наблюдателями в различных созвездиях: в мече Ориона, в поясе Андромеды, в Стрельце, Центавре (отмечена еще Птолемеем и переоткрыта в 1677 году Галлеем), в Антиное (часть созвездия Орла) и в Геркулесе (открыта в 1714 году Галлеем). Галлей заключил, что таких объектов во Вселенной, «без сомнения», много больше и, поскольку они не имеют годичных параллаксов (то есть очень далеки от нас), «они не могут не занимать огромных пространств». Размер туманных пятен, писал Галлей, «быть может, не менее, чем вся наша Солнечная система», и потому они дают естественным испытателям, в особенности астрономам, богатый материал для размышлений.

Наконец, следует напомнить, что Галлей стоял у истоков метеорной

астрономии и будущей метеоритики. В статье 1714 года он высказал первую научно обоснованную гипотезу о космической природе болидов («огненных метеоров», «огненных шаров», как их тогда называли). Со времен Аристотеля (IV век до н. э.) и до XVIII века их считали воспламеняющимися в земной атмосфере горючими испарениями земли. Галлей собрал и проанализировал сведения о трех мощных болидах. Каждый из них наблюдался одновременно на большой территории: два (в 1676 и 1708 годах) в Англии и один (в 1676 году) в Италии и даже соседних с нею странах. Это позволило определить неожиданно большие и сходные высоты явления (70—80 км) и громадные по земным меркам скорости движения «огненных метеоров» (несколько километров в секунду). Отсюда Галлей сделал вывод, что «огненные метеоры» скорее результат встречи Земли со случайными сгущениями космической межпланетной материи.

Последним крупным научным предприятием Галлея был 18-летний цикл наблюдений Луны (полный период обращения узлов лунной орбиты). Эти наблюдения он начал в возрасте 63 лет. Составленные им новые лунные и планетные таблицы хотя и были опубликованы с запозданием, в 1752 году, но все же оставались некоторое время образцовыми для наблюдателей и вычислителей.

Галлей получил признание при жизни. С 1703 года он возглавлял кафедру Оксфордского университета, в 1713 году был избран ученым секретарем Лондонского королевского общества. В 1720 году он занял пост директора крупнейшей тогда в мире Гринвичской обсерватории, сменив Дж. Флемстида (1646—1719) — первого королевского астронома — и также получив это звание. Галлей заново оборудовал обсерваторию инструментами, в том числе крупным стенным квадрантом, впервые снабженным довольно большим телескопом с трубой длиной 8 футов (около 25 м).

Умер Эдмунд Галлей 14 (24) января 1742 года. Именем его названы кратеры на Луне и на Марсе.

## РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЙ ГАЗ

С июля 1976 по август 1979 года группа английских радиоастрономов наблюдала реликтовое радиоизлучение в направлении некоторых богатых скоплений галактик. Радиоастрономы пытались обнаружить изменения температуры этого радиоизлучения, вызванные его взаимодействием с межгалактическим газом в скоплениях. Известно, что температура реликтового излучения близка к ЗК, причем это значение температуры одинаково для любой точки небесной сферы.

Десять лет назад было установлено, что многие скопления галактик заполнены горячим межгалактическим газом с температурой около  $10^8$  К и полной массой, сравнимой с суммарной массой галактик в скоплении. Обнаружить этот газ удалось по его рентгеновскому излучению. Но одних рентгеновских данных недостаточно для точного определения физических характеристик и пространственного распределения горячего газа в скоплениях.

Советские астрофизики Я. Б. Зельдович и Р. А. Сюняев в 1972 году показали, что спектр реликтового радиоизлучения будет искажаться, если радиоизлучение проходит сквозь горячий газ в скоплениях галактик. Этот эффект известен в физике как обратное комптоновское рассеяние: фотоны электромагнитного излучения, взаимодействуя с быстрыми электронами в горячем газе, увеличивают свою энергию и становятся более высокочастотными. Например, фотоны из радиодиапазона могут «переместиться» в субмиллиметровый диапазон. Значит, при наблюдении реликтового излучения, прошедшего сквозь горячий газ в скоплении галактик, радиотелескоп зарегистрирует меньше радиофотонов, чем в случае, если бы горячий газ в скоплении отсутствовал. Уменьшение числа радиофотонов будет воспринято как уменьшение температуры реликтового излучения в направлении на скопление галактик. (Наблюдения этого эффек-



та были начаты Ю. Н. Парийским в 1972 году.— *Ред.*) Ожидаемое падение температуры составляет всего лишь тысячные доли градуса и поэтому его чрезвычайно трудно обнаружить. Естественно, что в субмиллиметровом диапазоне увеличится температура реликтового излучения в направлении на скопление галактик.

Английские радиоастрономы затратили на наблюдения в общей сложности 4500 часов, измеряя с помощью 25-метровой параболической антенны температуру реликтового излучения в направлении на 15 скоплений галактик. Лишь для четырех скоплений было уверенно отмечено понижение температуры излучения на  $(0,40-1,12) \cdot 10^{-3}$  К. Это — скопления из каталога Эйблла под номером 576, 2218, 665 и 2319. Причем для первых двух скоплений точность измерений оказалась столь высокой, что в совокупности с оптическими и рентгеновскими данными удалось вычислить температуру горячего газа —  $3 \cdot 10^8$  К, его плотность в центре скоплений — около  $3 \cdot 10^{-27}$  г/см<sup>3</sup> и полную массу газа в каждом из скоплений — примерно  $10^{49}$  г.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1981, 197, 2.

### АЛМАЗЫ, УПАВШИЕ С НЕБА

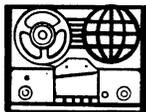
Доктор Р. Кларк с коллегами (США) исследовал состав железного метеорита массой 10,4 кг, найденно-

го в 1977 году близ холмов Аллан-Хиллс в Антарктиде. Неудачная попытка отделить от метеорита хотя бы часть для анализа побудила ученых сделать его рентгеновский снимок. Так было обнаружено, что в тело метеорита вкраплены мелкие кристаллы алмаза.

Алмазы найдены лишь еще в одном железном метеорите, именуемом Каньон Дьябло. При его падении на Землю около 50 000 лет назад возник гигантский кратер в штате Аризона. Алмазы Каньон Дьябло образовались из углеродных включений под большим давлением, сопровождавшим удар небесного тела о поверхность нашей планеты.

В метеорите Аллан-Хиллс алмазы, очевидно, образовались иным путем, так как масса этого метеорного тела была невелика и давление, возникшее при его падении, оказалось недостаточным для превращения углерода в алмаз. Возможно, миллионы лет назад в поясе астероидов это метеорное тело столкнулось с другим небесным объектом. Во время удара вполне могло развиваться давление, необходимое для образования алмазных вкраплений.

Science News, 1981, 119, 24.



НАШИ  
ИНТЕРВЬЮ

## Ученые обсуждают проблемы климата Земли

В конце марта 1982 года в Москве состоялся Всесоюзный симпозиум «Физические аспекты теории климата». Около 200 представителей научно-исследовательских институтов АН СССР, Гидрометцентра, Главной геофизической и Центральной аэрологической обсерваторий, Московского государственного университета и других научных учреждений страны в течение восьми дней обсуждали современные проблемы климатических исследований. Основными направлениями работы этого крупного форума метеорологов, физиков, математиков, которые трудятся в области изучения климата, были: физика климатической системы; моделирование климатических процессов; статистика климатических полей. Некоторые доклады, прочитанные на симпозиуме, предполагается опубликовать в ближайших номерах нашего журнала.

Председатель оргкомитета симпозиума, директор Института физики атмосферы АН СССР академик **А. М. Обухов**

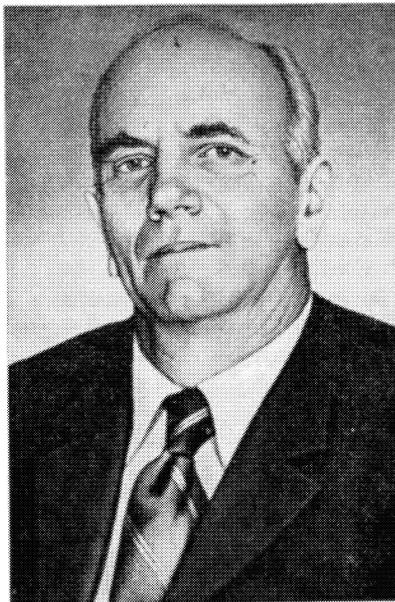
ответил на вопросы корреспондента «Земли и Вселенной».

### **Вопрос:**

В последние десятилетия наметился новый подход к изучению климата Земли. В чем заключается этот новый подход?

### **Ответ:**

Если ответить коротко, то специфика изучения климата на современном этапе заключается в том, что атмосфера Земли и Мировой океан рассматриваются теперь как единая физическая система. Такого подхода не знала прежняя наука о климате, изучавшая атмосферу и океан в отрыве друг от друга. Большое внимание сейчас уделяется также количествен-



*Александр Михайлович Обухов*

ному описанию многообразных связей между звеньями этой сложной системы, причем активно применяется современная вычислительная техника. Выросло и техническое оснащение наблюдательных систем — научно-исследовательских судов, специальных автоматических шаров-зондов, передающих информацию по радио, плавучих буев, спутниковых систем. При всем этом продолжают действовать и прежние наблюдательные системы — метеорологические станции, снабженные термометрами и другими приборами. Они сохранили свое значение и сегодня, хотя информация, которую они дают, уже недоста-

### **Вопрос:**

В ряде докладов, прочитанных на симпозиуме, упоминалась Всемирная климатическая программа, принятая в 1979 году в Женеве. Каковы ее цели и как осуществляется работа по этой программе?

### **Ответ:**

Международная кооперация метеорологов существует давно. Без обмена наблюдательными данными невозможно предсказать погоду. Но в области изучения климата до недавнего времени она сводилась лишь к обмену климатическими справочниками, выпускавшимися в различных странах. Сейчас положение существенно изменилось. Чтобы понять механизм формирования климата и причины его изменений, в том числе вызванных деятельностью людей, необходимы гораздо более тесные контакты ученых и развитие многих форм международной кооперации. Именно этим целям и служит Всемирная климатическая программа, принятая три года назад на Всемирной конференции по климату в Женеве. Программа предусматривает объединенные усилия в осуществлении наиболее дорогостоящих и комплексных наблюдательных программ, определяет способы обмена данными еще до их публикации, и, что также очень важно, в рамках этой программы планируются и организуются серии международных симпозиумов, посвященных разработке узловых проблем изучения климата.

После Женевской конференции был создан постоянно действующий координационный комитет, осуществляющий связь Международного Совета Научных Союзов (МСНС) с Все-

мировой Метеорологической Организацией (ВМО). В своей работе комитет опирается на секретариат штаб-квартиры ВМО в Женеве. Ежегодные заседания комитета с участием специалистов из многих стран проходят в разных городах земного шара. Последнее состоялось в начале марта нынешнего года в Дублине. Из советских ученых в координационный комитет входят член-корреспондент АН СССР Г. С. Голицын и профессор М. А. Петросянц.

Конечная цель исследований, проводимых по Всемирной климатической программе, — получение научно обоснованных рекомендаций, как наилучшим образом использовать закономерности климата в интересах человечества и как предотвратить нежелательные последствия антропогенного воздействия на климат.

**Вопрос:**

Какова роль советских исследований в изучении климата Земли?

**Ответ:**

Совершенно естественно, что ученые нашей огромной страны, занимающей шестую часть суши планеты, принимали и принимают самое активное участие во всех метеорологических проектах, включая и Всемирную климатическую программу. Делается это на основе дружеских контактов с учеными других стран. Используются достижения отечественной техники исследований. Достаточно сказать, что третья часть всех научно-исследовательских судов, занятых в международных проектах, — это советские корабли науки. По объему выполненных работ в рамках недавно законченного Первого глобального метеорологического эксперимента наша страна заняла одно из ведущих мест в мире (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 47—50. — Ред.).

**Вопрос:**

Вы говорили о беспокоящей ученых проблеме антропогенного (связанного с деятельностью людей) воздействия на климат. Что нового дал симпозиум в этом смысле?

**Ответ:**

Отдельно эта проблема на симпозиуме не обсуждалась — она требует более широкой аудитории, включающей кроме метеорологов также спе-

циалистов по энергетике, химии, медицине, экологии. Возможно, такое обсуждение удастся провести в недалеком будущем. Вместе с тем на симпозиуме были доложены результаты, которые несомненно окажутся полезными при обсуждении антропогенного воздействия на климат Земли. В ряде докладов были существенно уточнены «коэффициенты», необходимые для расчета тех или иных изменений климатических характеристик в результате загрязнения атмосферы углекислым газом, некоторыми другими газовыми компонентами, а также мельчайшими взвешенными частицами — аэрозолем.

**Вопрос:**

Как Вы оцениваете итоги симпозиума? Приблизились ли ученые к решению вопроса о прогнозировании климатических изменений?

**Ответ:**

Полагаю, что в некоторых аспектах изучения климата, например в проблеме антропогенного воздействия на него, нам несомненно удалось приблизиться к решению вопроса о прогнозировании климатических изменений. Но для окончательного решения предстоит еще очень много сделать. Одна из ближайших задач — наиболее полное использование той огромной научной информации, которой уже сейчас располагают ученые, для того, чтобы усовершенствовать предложенные климатические модели и отобрать из них те, которые лучше всего согласуются с наблюдательными фактами. Вопросам моделирования климата было посвящено много докладов. Оценивая итоги симпозиума, хочу также отметить, что ряд обсуждаемых вопросов был связан не только с проблемой климата, но и с усовершенствованием прогнозов погоды, особенно долгосрочных. Очень часто такой прогноз дается без учета климатических закономерностей, что сегодня недостаточно. При решении этих вопросов необходимо использовать современные статистические методы изучения атмосферных процессов. Им также уделялось внимание на симпозиуме.

**Беседу записала Э. К. Соломатина**



## ДВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОИСКА СИГНАЛОВ. ДЕЛЬФИНЫ И АЛЬПИНИСТЫ ПРИХОДЯТ НА ПОМОЩЬ

— Профессор Шкловский приветствовал меня как оптимиста, — заявил в своем докладе американский ученый Б. Оливер. — Но это не совсем верно, просто я еще не потерял надежды.

Как пояснил Б. Оливер, пессимизм связан не с научными или техническими соображениями, а с политическими и финансовыми. Действительно, из-за гонки вооружений расходы на научные цели сокращаются, разработанные американскими специалистами проекты поиска внеземных цивилизаций не финансируются. Но профессор Б. Оливер не теряет надежды. На пресс-конференции журналисты задали ему вопрос: «Надо ли объединять усилия разных стран для осуществления гигантских проектов, связанных с проблемой SETI?» — «Лучше начинать с более скромных систем. Но если удастся объединить усилия — это будет прекрасно», — ответил ученый.

Какова же американская концепция поиска сигналов?

В США в основном стремятся искать монохроматические, немодулированные сигналы. С этой целью разработана многоканальная аппаратура с высоким спектральным разрешением. Наивысшего разрешения 0,015 Гц достиг П. Горовиц благодаря спектроанализатору, разработанному в Стэнфордском университете под руководством Б. Оливера. С помощью

Начало см. в № 3, 1982.



## Поиск разумной жизни во Вселенной

этой аппаратуры, установленной на крупнейшем 300-метровом радиотелескопе в Аресибо, в 1978 году был проведен поиск монохроматических сигналов от звезд в ближайших окрестностях Солнца. В течение трех месяцев исследовали 185 звезд классов F, G и K в радиусе 25 пк. В этом эксперименте достигнута рекордная чувствительность  $10^{-27}$  Вт/м<sup>2</sup>. Однако общая полоса анализа, несмотря на большое число каналов, составила всего 0,001 МГц на волне 21 см.

В настоящее время в США разработана долговременная программа поиска. Она рассчитана на использование существующих радиотелескопов с применением спектральной аппаратуры, перекрывающей более широкую область спектра. Об этом говорили в своих выступлениях Ф. Дрейк и С. Гулкис. Планируются два направления исследований: обзор всего неба и поиск сигналов в избранных направлениях (предполагается в первую очередь исследовать около 770 звезд солнечного типа в радиусе нескольких десятков парсек от Солнца). Для поиска по частоте выбираются две полосы: более узкая, в которой обеспечивается непрерывное перекрытие по частоте (то есть прием осуществляется на всех без исключения частотах этой полосы) и более широкая, где будут исследоваться лишь отдельные спектральные интервалы. Параметры приемной системы приведены в таблице.

Американские ученые хотят использовать крупнейшие из существующих радиотелескопов в северном и южном полушариях. Когда эта программа будет реализована, удастся исследовать значительно боль-

шую часть «космического стога» (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 48—53.—Ред.). Соотношение исследуемых объектов возрастет на семь порядков, то есть доля пространства поиска, охваченная нашими экспериментами, возрастет с  $10^{-17}$  до  $10^{-10}$ . Но и тогда, вероятно, мы все еще будем далеки от цели.

Новая американская программа по-прежнему ориентируется на поиск узкополосных немодулированных сигналов. Считается, что такой сигнал легче обнаружить, так как он обеспечивает наибольшее отношение сигнала к шуму. Кроме того, монохроматичность может служить критерием искусственности сигнала.

С такой концепцией решительно не согласен советский ученый Н. Т. Петрович. В своем докладе он показал, что легче найти глубоко «зарытый» в шумах синусоидальный сигнал, если он модулирован каким-то низко-частотным периодическим процессом. Чтобы обнаружить такие сигналы, необходимо знать время задержки или частоту (период) модуляции. В системах связи, проектируемых на Земле, подобный вопрос не возникает — все параметры известны. Тогда как для межзвездной связи частота модуляции, используемая отправителями, получателю неизвестна. Но можно из условий распространения сигнала в межзвездной среде определить ее допустимые пределы: 100—2000 Гц. Как получить более точное значение, вероятно, известное всем цивилизациям? Для этого, предлагает Н. Т. Петрович, следует воспользоваться известным альпинистским правилом: «двигаясь по сложному скальному маршруту, используй каждую зацепку хотя бы дважды — для подтягивания и для отжимания». Ф. Моррисон нашел такую зацепку — известный природный стандарт частоты, радиолинию водорода 1420 МГц. Работая на этой частоте, мы используем зацепку Моррисона один раз. Попытаемся прибегнуть к ней вторично, чтобы определить частоту модуляции, для чего возьмем частоты кратные 1420 МГц с фактором кратности, равным 10. Тогда получим: значение 1420 Гц удовлетворяет соотношению ( $100 < 1420 < 2000$ ). Метод нетрудно усовершенствовать, введя периодическое изменение несущей частоты, как это делают дельфины в

Поиск по частоте	Поиск по направлению	
	Обзор всего неба	Поиск сигналов в избранных направлениях
Полоса непрерывного перекрытия частот	1,2—10 ГГц	1,2—3 ГГц
Полоса частичного перекрытия	10—25 ГГц	3—10 ГГц
Мгновенная полоса анализа спектра (произведение числа каналов на ширину полосы каждого канала)	256 МГц	8 МГц
Спектральное разрешение	32 Гц	1 Гц
Число спектральных каналов	$8 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$

своих «системах связи». Таким путем можно сконструировать универсальный сигнал, в котором фаза несет информацию, а частота — периодичность. Если сигнал очень слаб и уровень приемной техники не высок, выделяется только периодическая составляющая сигнала. Если же сигнал помощнее и техника приема более совершенна, то информацию можно принять. Дальнейшее развитие этой методики позволит использовать для межзвездной связи широкополосные шумоподобные сигналы, успешно применяемые в земных и космических линиях связи.

*Н. Т. Петрович  
и летчик-космонавт СССР  
Г. М. Гречко  
обсуждают  
только что прочитанный доклад  
Фото Л. Филипповой*

## МЕЖЗВЕЗДНЫЕ ПЕРЕЛЕТЫ. ОТ «ВОЯДЖЕРА» К МЕЖЗВЕЗДНОМУ ЗОНДУ

Межпланетные станции «Вояджер-1» и «Вояджер-2» прошли вблизи Юпитера и Сатурна и передали на Землю ценнейшую информацию об этих планетах и их спутниках (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 15—18; 1980, № 1, с. 29; 1981, № 6, с. 13; 1982, № 3, с. 34—36.—Ред.). Обе станции покинут Солнечную систему и, блуждая в глубинах Галактики, может быть, попадут в зону обитания какой-то цивилизации. Поэтому, по предложению К. Сагана и Ф. Дрейка, решили отправить на станциях «Послание к внеземным цивилизациям». Десять человек в течение месяца работали над состав-

лением послания. В их числе был и Дж. Ломберг — художник, серьезно интересующийся астрономией и проблемой SETI. Он присутствовал на симпозиуме и очень интересно рассказал об этом послании. Оно записано на металлическую видеозвукую пластинку. На пластинке показано, как записанный сигнал превратить в телевизионное изображение. Вначале идут общие сведения о нашей цивилизации. Подробно разъясняются используемые нами физические единицы: секунды, граммы, сантиметры и т. д. Приводится схема химических элементов и химических соединений, лежащих в основе земной жизни. Схема молекулы ДНК, ее деление, деление клеток, подробное изображение анатомии человека. Фотографии Земли, различные ландшафты, океан, растения, животные, человек. Изображения, иллюстрирующие основные вехи истории человечества. Люди Земли — разных рас и национальностей, различные виды их деятельности: производство, искусство, спорт. (Например, одна из картинок — фотография финального Олимпийского забега с участием В. Борзова. На другом снимке показан человек на вершине горы. Так как в подобном восхождении, по видимому, нет никакой практической цели, это, по мнению составителей послания, должно отражать особенности человеческого характера, его стремление к неизведанному.) На пластинке записаны звуки Земли: шум ветра, плеск волн, пение птиц, голоса людей, музыка — Чайковский, Бетховен, Бах. Послание не содержит сведений о земной технологии. Да и не нужно, так как сам корабль со всеми своими системами дает достаточно представление об этом. Составители стремились дать сведения о нашей планете, о жизни на ней, о человеке, его истории и культуре. «Вояджеры» просуществовали миллионы лет, за это время их, может быть, кто-нибудь найдет. Дж. Ломберг заметил, что он не очень верит в это, но считает проделанную работу полезной, ибо она дает нам опыт и возможность взглянуть на себя другими глазами, заставляет задуматься о судьбах нашей цивилизации.



«О проекте полета космического зонда к планетной системе звезды» — так назывался доклад М. Я. Марова и У. Н. Закирова. Проект предусматривает посылку беспилотного зонда к одной из ближайших звезд. Используется пятиступенчатая ракета с начальной массой около 3000 т (без выводной ступени, то есть уже на орбите искусственного спутника Земли) и с полезной нагрузкой 450 кг. Запускаются две такие системы, из которых одна служит дозаправщиком. Она присоединяется к основной ракете после выхода за пределы Солнечной системы. Это позволяет развить скорость до 0,4 скорости света и достигнуть окрестностей ближайших звезд за время жизни одного поколения. Опыт исследования Солнечной системы свидетельствует о перспективности посылки подобных

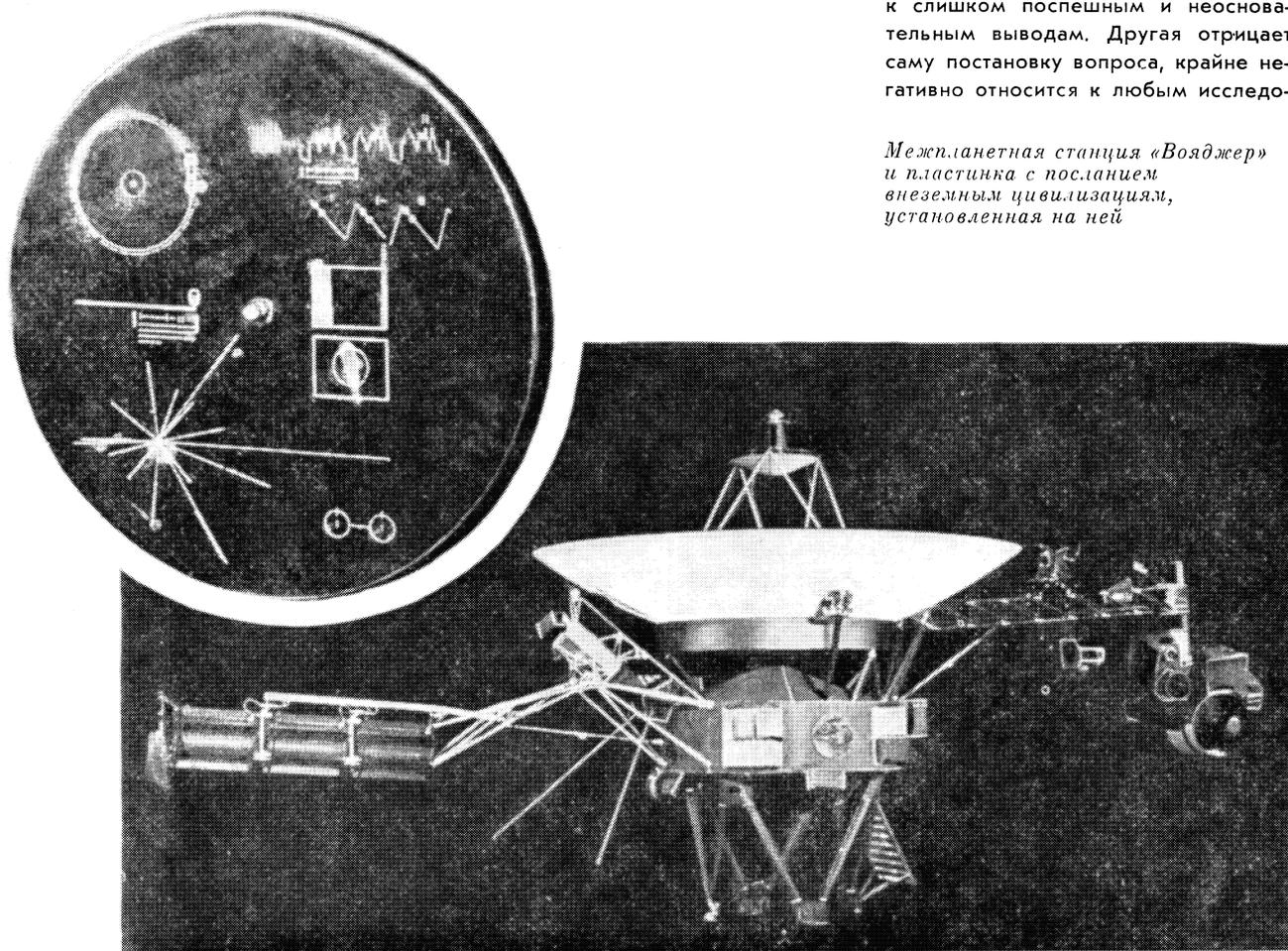
зондов. В полете будут решаться следующие научные задачи: изучение физических характеристик межзвездной среды, обнаружение планетных систем у других звезд, исследование планетных систем, обнаружение сигналов внеземных цивилизаций, попытка установления контакта. Основной, по мнению авторов, должна стать задача обнаружения планетных систем.

В составе радиооборудования зонда предусматривается маяк, который «ощупывает» пространство и, обнаружив сигнал, меняет свою программу. Если для связи на волне 21 см в пределах 10 световых лет использовать 30-метровую антенну, то достаточна мощность около 200 Вт. Пропускная способность канала связи обеспечивает передачу информации со скоростью  $10^{10}$  бит/с. Зонд должен

обладать большой автономией, для чего требуется мощная бортовая ЭВМ. Расчеты показывают: необходимо иметь  $10^7$  бит на килограмм массы, это на два порядка превышает достигнутые сейчас значения. Удельная плотность научной аппаратуры (по отношению ко всей массе корабля) должна составлять 40%. В целом, подобный проект вполне реализуем.

Размышляя над проблемами непосредственного контакта, неизбежно приходишь к вопросу: сколь возможны посещения Земли в прошлом и настоящем представителями высокоразвитых внеземных цивилизаций? Об этом говорилось в докладе Л. М. Гиндилиса. Применительно к прошлому данный вопрос изучается в рамках «палеоастрономии». Это направление сталкивается с определенными трудностями ввиду двух крайних тенденций. Суть одной — не критическое отношение к фактам, склонность к слишком поспешным и неосновательным выводам. Другая отрицает саму постановку вопроса, крайне негативно относится к любым исследо-

*Межпланетная станция «Вояджер» и пластинка с посланием внеземным цивилизациям, установленная на ней*



•	= 1	= 1		= 2	= 12
••	= 1-	= 2	-	= 24	
•••	= 11	= 3	-  -	= 100	= 10 <sup>2</sup>
••••	= 11-	= 4	-	= 1000	= 10 <sup>3</sup>
•••••	= 1-1	= 5	2+3	= 5	
••••••	= 11-	= 6	8+17	= 25	$5 + \frac{2}{3} = 5\frac{2}{3}$
	= 7		$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$	$2 \times 3 = 6$	
1-	= 8		$\frac{1}{3} + \frac{1}{5} = \frac{8}{15}$	$13 \times 28 = 364$	
1-	= 9				
1-	= 10				

1M	11	
$1 \frac{42}{100} \times 10^9 \text{ s} = 1 \text{ s}$	$\frac{1}{21} \text{ L} = 1 \text{ cm}$	
$86400 \text{ s} = 1 \text{ d}$	$1 \text{ L} = 21 \times 10^8 \text{ g}$	
$365 \text{ d} = 1 \text{ y}$	$10^2 \text{ cm} = 1 \text{ m}$	
$6 \times 10^{23} \text{ M} = 1 \text{ g}$	$1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$	
$1000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$		
$6 \times 10^{27} \text{ g} = 1 \text{ e}$		

Часть послания внеземным цивилизациям. Вверху — обучение земной арифметике. Точки слева изображают количества (числа) от 1 до 6, справа дано изображение этих чисел в двоичной, а еще правее в десятичной системе счисления. В последних строках вводятся операции над числами. Внизу — введение единиц измерения, принятых на Земле. За основу взят атом водорода. Масса его принята за единицу массы, по отношению к которой определяются грамм, килограмм и т. д. Период колебаний, связанный с излучением линии 1420 МГц, принимается за единицу времени — по отношению к ней определяются земная секунда, сутки, год. Длина волны той же линии (21 см) принимается за единицу длины, по отношению к ней определяются сантиметр, метр, километр

ваниям в этой области. Обе тенденции одинаково ошибочны, им надо противопоставить подлинно научный подход к проблеме. За прошедшие годы «палеоастронавтика» накопила обширный материал, который заставляет нас задуматься о культуре древних цивилизаций. Следует признать, что мы склонны недооценивать уро-

## GREETINGS ON THE VOYAGER SPACECRAFT

(in the order presented)

(prepared by Shirley Arden)

Language	Greeting
Sumerian	Silma Ibemen
Greek	οἱ τινες, ποτ' ἔστε, χαίρετε. εἰρηνικῶς, πρὸς φίλους ἐλησόμεν φίλοι.
Portuguese	Paz e felicidade a todos
Cantonese	各位好嗎? 祝各位平安健康快樂。
Akkadian	Adannish lu shulmu.
Russian	ЗДРАВСТВУЙТЕ, ПРИВЕТСТВУЮ ВАС!
Thai	สวัสดีค่ะ สหายในอวกาศ! ขอส่งมิตรจิตมาถึงานทุกครุ
Arabic	سَلَامًا لِلْأَرْضِ قَاءَ فِي النُّجُومِ بِأَلَيْتٍ يَجْمَعُنَا الزَّمَانُ

вень их научного и технического развития, как и глубину их философских обобщений. Попытки объяснить неправомерные, с нашей точки зрения, знания древних мистификациями либо позднейшими заимствованиями — неубедительны. С методологической точки зрения, вряд ли оправдано сводить любое малопонятное явление к подделкам и мистификациям. Нельзя также слишком легко подходить и к проблеме заимствования. Опыт, накопленный «палеоастронавтикой» (точнее, почерпнутый ею из других областей знания), свидетельствует о том, что некоторые известные нам древние цивилизации как будто бы хранят следы общения с очень высокой культурой. Мы не знаем истоков этой культуры. Нельзя совершенно исключать ее космического происхождения. Но его, конечно, нужно тщательно обосновать со всей необходимой научной строгостью.

Большой остротой отличается проблема посещения Земли в настоящее

Фрагмент приветствия, отправленного внеземным цивилизациям на станциях «Вояджер»

время. В представлении многих эта проблема связывается с аномальными атмосферными явлениями. Зачастую между проблемой изучения этих явлений и проблемой SETI ставится знак равенства. Между тем такое отождествление неправомерно, ибо в своей исходной постановке перед нами разные проблемы. Если SETI с самого начала ставится как проблема поиска внеземных цивилизаций, то проблема неопознанных объектов — это проблема изучения определенного класса аномальных явлений, наблюдаемых преимущественно в земной атмосфере. Некоторые черты этих явлений позволяют предполагать их разумную природу. Но это пока остается недоказанным. Еще менее обоснована гипотеза, связы-

вающая неопознанные объекты с межзвездными кораблями. До тех пор, пока вопрос остается открытым, объяснение неопознанных объектов одной из предложенных гипотез (в том числе «внеземной» гипотезой) едва ли можно считать корректным.

С другой стороны, трудно согласиться с точкой зрения, по которой «внеземная» гипотеза по самой своей сути является неправомерной и должна быть безоговорочно отброшена. Это тоже совершенно необоснованная точка зрения. Внеземная гипотеза имеет такое же право на существование, как и остальные гипотезы. Каждая из них должна быть критически рассмотрена. Пока вопрос о природе этих явлений остается открытым, мы не можем ни произвольно отождествлять их с какой-либо гипотезой, ни запрещать обсуждение той или иной гипотезы.

#### SETI И НАУКОМЕТРИЯ

Этой теме был посвящен доклад В. В. Рубцова. Докладчик использовал наукометрический анализ для библиографического массива из 974 работ (!), выполненных за 1959—1979 годы. 79% этих работ опубликовано в журналах, 17% — в разовых сборниках (труды конференций и т. п.) и 4% в периодически выходящих сборниках. Основное количество работ напечатано на английском языке, на втором месте стоит русский, затем немецкий и польский. Большинство авторов (75%) опубликовали только по одной работе. Однако 29 человек (5% от общего числа авторов) опубликовали 282 работы, что составляет почти треть всех напечатанных трудов. Обычно рост числа публикаций следует экспоненциальному закону с периодом удвоения (для основных отраслей знания) около 10 лет. Для SETI этот закон не выполняется, получается более сложная кривая, описываемая пятью экспонентами с различными показателями. Основной период удвоения 4,5 года. Это показывает, что проблема находится в стадии бурного роста. Журнальные публикации рассеяны по 233 различным журналам, при этом в 19 опубликовано около 50% всех

работ. Именно эти журналы целесообразно использовать прежде всего в информационной работе. Докладчик выдвинул предложение о создании международного журнала SETI.

#### ПРОБЛЕМА SETI — ОБЩЕЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

— Идея уникальности нашей цивилизации, — сказал на Таллинском симпозиуме Д. Шварцмен (США), — рассматривалась бы раньше как «еретическая». Теперь она считается правомерной. Эта новая волна пессимизма означает, по существу, возвращение к докоперниковскому периоду.

Д. Шварцмен проанализировал причины данного явления. Определенную (хотя и не главную) роль сыграли, конечно, неудачи в поиске сигналов. Однако эти неудачи могут быть следствием того, что сигналы не передаются. «Возможно, — подчеркнул Д. Шварцмен, — мы давно находимся под наблюдением внеземного разума, но недооцениваем, что требования для приема в «Галактический клуб» могут быть очень высоки. В нравственном отношении мы находимся пока на низком уровне, а социально-политические условия на Земле показывают, что мы еще не созрели для контакта. Необходимо отказаться от войн, от применения оружия, покончить с голодом и нищетой на нашей планете — тогда можно надеяться на установление контакта». Так борьба за мир, за социально-экономическую справедливость на Земле, за высокую нравственность приобретает космическое звучание. «Путь к прочному миру лежит через доверие и взаимопонимание. Я надеюсь, — заявил Д. Шварцмен, — что участие американских ученых в Таллинском симпозиуме послужит достижению этой высокой цели».

С интересом было выслушано выступление Р. Диксона (США), который рассказал о поисках сигналов, ведущихся на радиоастрономической обсерватории Огайского университета. Наблюдения продолжают в течение нескольких лет. И всякий раз, когда телескоп работает по программе SETI, над ним взвизывает флаг:

двухцветное желто-черное полотнище, в центре которого — голубой шар, символизирующий нашу Землю; ниже — небольшой белый шар — изображение Луны. Р. Диксон преподнес флаг устроителям симпозиума.

Отшумели дискуссии, разъехались по домам участники симпозиума. Какой же главный вывод можно сделать из всего, что там говорилось? Думается, вывод таков. Проблема внеземных цивилизаций — не изолированная проблема, она тесно связана с эволюцией нашей земной цивилизации, с развитием ее науки и культуры. Она требует самого тесного сотрудничества в различных сферах человеческой деятельности и, конечно, сотрудничества между народами. Это общенаучная, общекультурная и общечеловеческая проблема, которая помогает нам яснее представить и, если не решить, то, по крайней мере, осознать кардинальные задачи нашей земной цивилизации.

#### КОЛЛОКВИУМ В АБАСТУМАНИ

В марте нынешнего года в Тбилиси состоялся VI объединенный коллоквиум Абастуманской астрофизической обсерватории Академии наук ГССР и Бюраканской астрофизической обсерватории Академии наук АрмССР. Коллоквиумы этих обсерваторий стали уже традицией и обычно проводятся попеременно в Абастумани и Бюракане. В работе VI коллоквиума впервые приняли участие также сотрудники Шемахинской астрофизической обсерватории Академии наук АзССР.

На данном коллоквиуме были обсуждены проблемы, связанные с физикой звезд, тел Солнечной системы, вопросы внегалактической астрономии, а также некоторые аспекты методики и техники обработки астрономических данных.

В дни работы коллоквиума молодые ученые Абастуманской обсерватории встретились с президентом Академии наук АрмССР В. А. Амбарцумяном.

Участники коллоквиума ознакомились с достопримечательностями Тбилиси и его окрестностей.

Кандидат физико-математических наук  
А. Г. ТОТОВАВА



Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН

## Пленум Центрального совета ВАГО в столице Белоруссии

С 23 по 25 февраля 1982 года в Минске проходил пленум Центрального совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР. Пленум подвел итоги работы общества в истекшем 1981 году. В заседаниях пленума участвовали около 80 представителей 47 отделений общества (всего в стране насчитывается 71 отделение).

Пленум открыл вице-президент ВАГО Г. С. Хромов. Затем с приветствиями выступили академик АН БССР Герой Социалистического Труда Ф. И. Федоров, член коллегии Главного управления геодезии и картографии

при Совете Министров СССР А. С. Земцев, представители Минского отделения ВАГО. Отчетный доклад президиума Центрального совета ВАГО сделал первый вице-президент ВАГО профессор Л. С. Хренов.

Одним из важнейших мероприятий, осуществленных обществом в 1981 году, были наблюдения полного солнечного затмения 31 июля. Отделения ВАГО направили в полосу полной фазы 35 экспедиций, которые получили фотографии короны, сняли несколько кинофильмов, провели спектральные, актинометрические, метеорологические и биологические иссле-

дования. Результаты этих наблюдений будут опубликованы в сборнике, включенном в план изданий ВАГО на 1982 год.

Наблюдению полного солнечного затмения 31 июля 1981 года был посвящен и специальный доклад на пленуме, который сделал автор этой статьи. Выступление сопровождалось показом цветного кинофильма и слайдов. Докладчик отметил, какую большую работу провело ВАГО, принимая

*Президиум пленума. Выступает академик АН БССР Ф. И. Федоров*



астрономов и любителей астрономии, приехавших из 25 стран мира наблюдать солнечное затмение (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 67—69).

Из года в год большой коллектив членов Томского и Новосибирского отделений ВАГО, а также члены других отделений, сотрудники ряда научных институтов и вузов исследуют место падения Тунгусского метеорита. Работа ведется по тщательно продуманному плану. Основное внимание уделяется элементному и изотопному анализу космического вещества из торфяного слоя 1908 года, изучению области лучистого ожога деревьев, уточнению траектории Тунгусского тела. В 1982 году результаты многолетних исследований будут подытожены в специальном сборнике.

Во многих отделениях ВАГО продолжалось изучение серебристых облаков. Регулярно выпускаются сводки наблюдений «Мезо-80», «Мезо-81», издан второй каталог наблюдений серебристых облаков, составленный Н. П. Фаст (Томское отделение ВАГО).

Неплохо потрудились и геодезические секции отделений ВАГО. Свердловское, Волгоградское, Целиноградское, Ленинградское отделения ВАГО подготовили к печати или уже издали тематические сборники, которые помогут в работе большой армии советских геодезистов. Роль инженерной геодезии в строительстве, особенно в сооружении гидроэлектростанций, плотин, дамб, каналов, заводов, трудно переоценить. Геодезические секции отделений ВАГО в целях повышения квалификации кадров геодезистов созывали семинары и тематические конференции.

Развертывает свою работу и самая молодая секция ВАГО — картографическая. Пока такие секции созданы лишь в наиболее крупных отделениях ВАГО: Московском, Ленинградском, Киевском, Новосибирском, Азербайджанском. Предметом их деятельности будут вопросы картографии не только земных регионов, но и... других планет. Так, Г. Н. Каттерфельд (Ленинградское отделение ВАГО) составил геолого-морфологические карты Марса и Меркурия.

Учебно-методическая секция ВАГО успешно помогала учителям астрономии средних школ, а также способствовала улучшению подготовки учителей астрономии в педагогических институтах. В июле 1981 года члены секции обменялись опытом работы на состоявшейся в Гурьеве научно-методической конференции. Более представительное совещание, подготовленное совместно с Министерством просвещения СССР, намечено провести в сентябре 1982 года в Горьком.

Массовые секции отделений общества занимались пропагандой научных знаний в области астрономии и освоения космоса. Члены этих секций читают лекции, выступают в печати, по радио и телевидению, проводят демонстрации неба в телескопы, в том числе в телескопы народных обсерваторий. Однако многие выступавшие на пленуме отмечали, что, к сожалению, народные обсерватории до сих пор подчиняются разным ведомствам, практически не снабжаются телескопами, не хватает наглядных пособий. Президиуму Центрального совета ВАГО поручено уделить особое внимание улучшению работы народных обсерваторий.

Разнообразна деятельность редакционно-издательской секции ВАГО. В издательстве «Наука» регулярно выпускается «Астрономический календарь», тираж которого составляет теперь 100 000 экземпляров. Вышли седьмое издание «Постоянной части Астрономического календаря», подготовленное коллективом авторов под редакцией доктора физико-математических наук В. К. Абалакина, и четыре книги серии «Библиотека астронома-любителя». В 1982 году увидит свет книга В. К. Луцкого «История астрономических общественных организаций в России и СССР» (значительная часть этого труда посвящена истории ВАГО). Выпущены или уже сданы в печать несколько тематических сборников по астрономии и геодезии, а также два тома «Трудов VII съезда ВАГО». Вместе с тем, как было отмечено в отчетном докладе и в выступлениях участников пленума, качество статей в некоторых сборниках порой оставляет желать

лучшего. Редакционным коллективом сборников и редакционно-издательской секции Центрального совета ВАГО необходимо обратить на это серьезное внимание.

Большая работа проводилась с юными астрономами. Юношеская секция ВАГО совместно с ЦК ВЛКСМ, Министерством просвещения СССР, Всесоюзным обществом «Знание» приняла участие в Международном конкурсе на лучший проект космического эксперимента (см. статью Е. И. Баланова и Б. Г. Пшеничника в этом номере).

Оживленно прошло обсуждение отчетного доклада и содоклада казначея ВАГО Н. А. Полякова, а также заключения Центральной ревизионной комиссии ВАГО.

День 24 февраля был отведен научной программе пленума. С докладом о «параде планет» (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 23—29; 1981, № 6, с. 68—71) выступил автор данной статьи. Он подчеркнул, что сближение планет в пределах довольно широкого сектора (95—105° по гелиоцентрической долготе) не считается каким-то исключительным астрономическим событием и не может оказать заметного влияния ни на Солнце, ни на Землю. От имени президиума Центрального совета ВАГО докладчик призвал всех членов общества проводить разъяснительную работу среди населения, поскольку печать неоправданно уделяла слишком много внимания этому явлению, что породило слухи о якобы предстоящих во время «парада планет» стихийных бедствиях.

О приближении к Земле кометы Галлея и задачах отделений ВАГО в организации ее наблюдений рассказал кандидат физико-математических наук К. И. Чурюмов.

Ряд выступлений был связан с актуальными вопросами геодезии. Значению геодезии в составлении карт вертикальных движений земной коры был посвящен доклад заместителя директора Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии М. Г. Герасименко. Состояние и перспективы геодезических работ в Белорус-



*Лауреат поощрительной премии ВАГО Ю. А. Гришин во время одного из занятий астрономического кружка в средней школе № 5 города Углича*

*Лауреат поощрительной премии ВАГО Л. Н. Гаврилов*



сии осветил в своем выступлении А. А. Дrajнюк.

О работе Минского отделения ВАГО рассказала его председатель доцент М. С. Нестеренок. Она особенно отметила деятельность геодезической секции, подготовившей, в частности, к печати сборник «Аэро-съёмка и фотограмметрия».

25 февраля пленум завершил свою работу. В резолюции пленума записано, что деятельность общества и его Центрального совета полностью соответствует решениям VII съезда ВАГО, часть из которых уже выполнена. В резолюции отмечены отдельные недостатки в работе общества.

Пленум присудил поощрительные премии ВАГО имени Е. Н. Кононенко за 1981 год. По рекомендации экспертной комиссии Центрального совета ВАГО, работавшей под председательством почетного члена ВАГО члена-корреспондента АПН СССР Б. А. Воронцова-Вельяминова, пленум удостоил первой премии (200 рублей) заслуженного учителя РСФСР **Юрия Александровича Гришина** (Ярославское отделение ВАГО) за создание астрономических приборов, организацию астрономического кружка и народной обсерватории в городе Угличе. Статьи Ю. А. Гришина о деятельности кружка и народной обсерватории города Углича, о построенных под его руководством приборах неоднократно публиковались в «Земле и Вселенной» (1970, № 1, с. 89—93; 1971, № 4, с. 66—67; 1980, № 5, с. 68—72).

Вторая премия (150 рублей) присуждена **Леониду Николаевичу Гаврилову** (Пермское отделение ВАГО) за работы в области любительского телескопостроения. Л. Н. Гаврилов руководит астрономическим кружком в школе № 1 города Верещагино Пермской области. Он не только сам сделал несколько хороших телескопов, но и обучил этому нелегкому делу членов кружка. Под его руководством школьники собрали 250-миллиметровый телескоп-рефлектор, имеющий фокусы Ньютона и Нэсмита. Л. Н. Гаврилов — один из немногих любителей-телескопостроителей, освоивших технологию изготовления менисковых систем. Сейчас он тру-

дится над 450-миллиметровым зеркалом для рефлектора системы Ричи — Кретьена.

Участники Пленума осмотрели город Минск, посетили мемориальный комплекс Хатынь.

От имени руководства ВАГО вице-президент ВАГО А. С. Земцев выразил глубокую благодарность гостеприимным хозяевам, и особенно А. А. Дrajнюку, М. Н. Нестеренку и В. Н. Рябцеву, обеспечившим успешную работу пленума.

## НОВЫЕ КНИГИ

### **СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЗЕМЛЯ**

Так называется научно-популярная книга, выпущенная в конце прошлого года издательством «Наука». Автор ее — Л. И. Мирошниченко. Книга состоит из семи небольших глав.

В первой главе подробно описывается система Солнце — межпланетная среда — Земля. Здесь приведены сведения о различных проявлениях активности Солнца и особое внимание уделяется изучению солнечного ветра и общей картине геофизических возмущений. Ритм Солнечной системы — тема второй главы. Из нее читатель узнает о различных циклах солнечной активности, об истории их открытия и изучения, о проблеме приливного воздействия планет на Солнце.

Следующие четыре главы посвящены влиянию солнечной активности на погоду, климат, биосферу Земли, а также на характеристики вращения нашей планеты и ее внутренние процессы. О новом подходе к изучению солнечно-земных связей рассказывается в седьмой заключительной главе. Он включает изучение гелиогеофизической ритмики и информационный подход к рассмотрению причинно-следственных связей. Большое внимание уделено здесь активным экспериментам в космосе, когда по воле ученых вызываются явления космических масштабов (например, искусственный радиационный пояс Земли или искусственное полярное сияние), помогающие глубже изучить воздействие Солнца на земные процессы.

Книга рассчитана на широкий круг читателей. С пользой для себя ее прочтут и специалисты различных областей науки, использующие в своей работе результаты космофизических исследований.



З. М. КАНЕВСКИЙ

## Год продолжительностью в 13 месяцев

(К 50-летию Второго Международного  
полярного года)

### ВТОРОЙ В ИСТОРИИ

С 1 августа 1932 года по 1 сентября 1933 года проводился Второй Международный полярный год (МПГ), начавшийся ровно через 50 лет после Первого МПГ (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 58—62.— Ред.). По завершении Первого МПГ академик М. А. Рыкачев писал, что итоги этого научного предприятия позволяют «обсудить снаряжение второй, вероятно, более продолжительной экспедиции». Иными словами — повторить глобальный полярный эксперимент, но на более широкой и глубокой основе. Представлялась возможность сравнить фактические данные двух МПГ, полученные в различные фазы солнечной активности: в 1932—1933 годах отмечалась низкая солнечная активность, а в 1882—1883 годах она была высокой. Кроме того, в период Первого МПГ в Северном Ледовитом океане наблюдались тяжелые льды, на время же Второго МПГ предполагалась (и прогноз этот подтвердился) сравнительно легкая ледовая обстановка. Но самое важное состояло в том, что резкий качественный скачок совершила геофизика, появилась возможность с помощью точных, специально сконструированных приборов наблюдать характеристики магнитного поля Земли, полярные сияния, распространение радиозолн в атмосфере (в XIX веке само понятие радио успело лишь родиться).

Техническими достижениями эпохи Второго МПГ стали магнитные приборы датчанина Д. Лакура, метеорографы бельгийца М. Жомотта, актинометрические приборы советского



*Полярная радиостанция  
на мысе Челюскин, 1933 год*

ученого Н. Н. Калитина, а также радиозонды, изобретенные в 1930 году нашим выдающимся исследователем атмосферы профессором П. А. Молчановым. Радиозонды сыграли видную роль в развитии мировой аэрологии и метеорологии, помогли усовершенствовать синоптический прогноз. Фактически они положили начало эре исследовательских работ.

Съезд Международной комиссии по проведению Второго МПГ, которую возглавил Д. Лакур, состоялся в августе 1930 года в Ленинграде. В состав комиссии входили многие видные исследователи из 10 стран. Советскую науку представлял на съезде президент АН СССР А. П. Карпинский.

Второй полярный год задумывался широко. Предполагалось открыть около двух десятков новых научных станций в Арктике, столько же — в Антарктике и Субантарктике, высаживать с борта дирижабля исследовательскую дрейфующую станцию в околуполусном районе, провести морские экспедиции в полярных и приполярных водах обоих полушарий. Однако из-за развившегося на Западе экономического кризиса выполнить намеченное не удалось. Особенно пострадала антарктическая часть программы — сроки ее осуществления сдвинулись на 1933—1934 годы. В 1932 году там состоялся лишь рейс британского экспедиционного судна «Дискавери-II», которое обошло вокруг материка, проводя океанографические наблюдения, и работала американская экспедиция, получив-

шая первые сведения о толщине антарктического ледникового щита.

В Северном полушарии зарубежным исследователям удалось сделать гораздо больше. В Канадской Арктике, например, было получено несколько тысяч фотографий полярного сияния, одновременно видимого и в других районах Земли. В водах, омывающих Исландию, вело метеорологические и океанографические исследования немецкое судно «Метеор», в Гренландии работали на полярных станциях французы и датчане. Однако создать сеть научных зимовок в Арктике западным странам так и не удалось.

44 государства приняли в той или иной мере участие в работах Второго МПГ. По единой программе, с помощью одинаковых приборов проводились наблюдения в Арктике и в Африке, во льдах и на вершинах гор: Международный полярный год отнюдь не «замыкался» на высоких широтах, исследования шли во всех природных зонах Земли. Но, конечно, главное внимание уделялось полярным областям, где из-за близости магнитных полюсов геофизические процессы протекают особенно бурно.

Гидрометеорология, аэрология, актинометрия, магнетизм, сияния, атмосферное электричество, радиоактивность воздуха, распространение радиоволн — вот примерный круг вопросов, которые пытались решить зарубежные экспедиции. Однако, не умаляя их достижений, все-таки следует сказать: наибольший размах работы по программе Второго МПГ получили в СССР.

## В ЛЕДОВЫХ МОРЯХ

Решением Совнаркома в преддверии МПГ при Гидрометеокомитете был сформирован Комитет по проведению Второго Международного полярного года во главе с известным метеорологом А. Ф. Вангенгеймом. В состав комитета вошли крупные гидрометеорологи, океанографы, физики, биологи, геологи, радиоспециалисты, альпинисты... Приняв за основу план Международной комиссии Второго МПГ, советский комитет зна-



*Ледокольный пароход  
«В. Русанов»*

чительно развил и дополнил программу исследований. Всем этим работам в нашей стране придавался научно-прикладной оттенок — этого требовало скорейшее научное, экономическое и культурное освоение Арктики.

Если Международная программа предполагала изучение гео- и гидрофизических процессов как некую научную самоцель, то перед советскими исследователями была поставлена более серьезная задача: усовершенствовать методику гидрометеопрогнозов. Даже сегодня не все понимают, насколько трудно прогнозировать природные процессы и насколько важна в этом деле

метеорологическая информация со всей планеты. А в программе Второго полярного года, составленной советскими учеными, уже четко прослеживалась мысль, что для долгосрочных прогнозов на Севере совершенно необходимы сведения не только из Арктического бассейна, но и из прилегающих районов акватории Мирового океана.

Главной целью наших морских экспедиций тогда была максимально полная гидрологическая съемка полярных морей. Изучение их теплового и ледового режима, течений и дрейфа льдов, метеорологические, гидробиологические, геологические исследования — все это входило в программу работ на морях Ледовитого океана. В навигацию 1932 года действовало 11, а 1933 года — 16 советских экспедиций на Крайнем Се-

вере. Наблюдения охватили все моря Арктики, и особенно тщательно изучались проливы между ними — наиболее сложные участки на исполинской трассе Северного морского пути, еще не ставшего к тому времени планомерно действующей транспортной магистралью. Период Второго МПГ отличался необычными и даже уникальными плаваниями. Судно «Книпович» впервые в истории обогнуло с севера архипелаг Земли Франца-Иосифа, рейсы ледокольных пароходов «В. Русанов» и «Таймыр» помогли составить новые комплексные карты Карского моря. В плаваниях испытывались новые приборы и среди них гирокомпас и эхолот. Первое советское научно-исследовательское судно «Персей» работало в водах Северной Атлантики и даже добиралось до ледяной Гренландии.

Исключительно ярким событием года стало плавание ледокольного парохода «Александр Сибиряков». Экспедицию Арктического института на борту судна возглавлял профессор О. Ю. Шмидт, научным руководителем был выдающийся исследователь Севера профессор В. Ю. Визе, вел ледокол капитан В. И. Воронин. В конце июля 1932 года судно вышло из Архангельска и, проведя по маршруту все возможные наблюдения по программе МПГ, в начале октября оказалось на чистой воде Берингова моря. Впервые в истории арктическую трассу удалось пройти без зимовки, в одну навигацию.

#### ВЫСОКИЕ ШИРОТЫ, ВЫСОКИЕ ГОРЫ...

Всего на территории СССР действовало в период Второго Международного полярного года 115 станций. Около половины из них находились за полярным кругом, причем добрый десяток научных зимовок был открыт заново — к началу либо в процессе работ МПГ. Цепочка станций охватила побережье Ледовитого океана, а с юга равнины Европейской части СССР и Сибири окаймляли горные метеостанции. На памирском леднике Федченко, на высоте 4200 м располагалась самая высокогорная в мире геофизическая обсерватория.



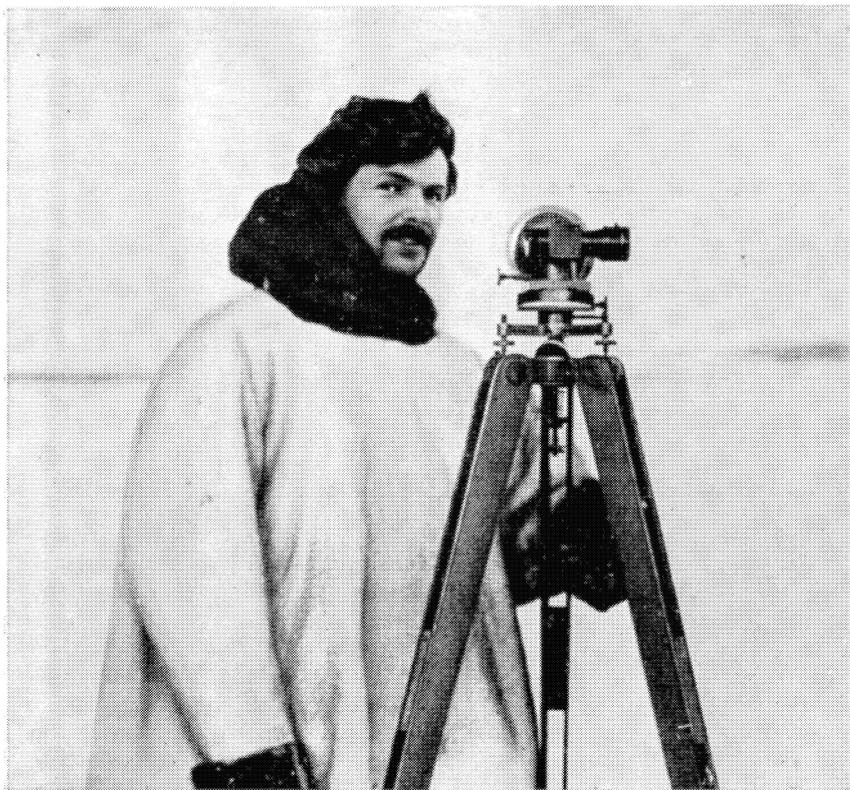
*И. Д. Папанин в период  
Второго МПГ*

О специфике работ во время Второго МПГ, о нелегкой жизни на далекой зимовке интересно рассказал в «Полярных дневниках» академик Е. К. Федоров. Он, тогда еще начинающий полярник, зимовал на Земле Франца-Иосифа, на крупной геофизической обсерватории «Бухта Тихая». Руководил станцией И. Д. Папанин, тоже лишь начинавший свою службу в Арктике. Работы в «Тихой» шли по полной программе МПГ. Регистрировалось магнитное поле Земли, изучались полярные сияния, впервые в Арктике проводился комплекс актинометрических наблюдений, десятки радиоприемников исследовали таинственную в ту пору атмосферу, метеорологи в специальные «Международные облачные дни» дополнительно изучали облака, фотографировали снежинки... Доктор И. Шольц из Потсдамской геофизической обсерватории вел наблюдения за атмосферным электричеством. Уходили ввысь молчановские радиозонды (на всем земном шаре в атмосферу выпускалось тогда меньше радиозондов, чем ныне — спутников Земли!).

Громкую известность получила в то время работа группы зимовщиков полярной станции «Русская Гавань» на Новой Земле под началом моло-

дого географа, геолога и гляциолога М. М. Ермолаева. Экспедиция Ермолаева, в которой принимал участие немецкий геофизик доктор К. Велькен (он работал раньше в Гренландии в составе экспедиции А. Вегенера), в частности, изучала атмосферу методом звукового зондирования — путем мощных взрывов аммонала. Аналогичные эксперименты шли на мысе Желания и в проливе Маточкин Шар (Новая Земля), в «Бухте Тихой» на Земле Франца-Иосифа. Но особенно прославилась группа Ермолаева в связи с самоотверженными действиями наших зимовщиков, спасших голодающих жителей Новой Земли. Из-за льдов, блокировавших летом 1932 года Северный остров архипелага, сюда не удалось завезти продовольствие. И ученые из группы Ермолаева, пробираясь на аэросанях в отдаленные уголки побережья, снабжали продуктами бедствующих охотников и их семьи.

В марте 1933 года к Новой Земле вышел из Мурманска ледокол-спасатель «Красин» с продуктами на борту. Кораблю требовалась устойчивая радиосвязь с береговыми зимовками Новой Земли, и в первую очередь — с радиостанцией мыса Желания. Но как раз в этот момент там вышел из строя мощный радиопередатчик. В Русской Гавани были необходимые для передатчика запасные лампы. Ермолаев вместе с водителем аэросаней



*М. М. Ермолаев проводит наблюдения на леднике, 1932 год*

*Участники экспедиции 1932—1933 года в Русской Гавани — метеоролог М. Н. Карбасников и немецкий геофизик К. Велькен (справа)*



В. Петерсеном решили доставить их на мыс Желания кратчайшим путем — по ледниковому щиту, перекрывающему почти весь Северный остров. С ними отправился и К. Велькен — ведь ученым представлялся редкий случай посетить подлинное «белое пятно» Арктики, в сердце грозного Новоземельского ледникового покрова, и впервые провести там бесценные наблюдения. Путь в 200 км они рассчитывали преодолеть за одни сутки.

Поход сложился драматично. На полпути вышли из строя аэросани, и троице полярникам пришлось пройти пешком около 100 км по изобилующему коварными трещинами ледниковому щиту. На путников налетали ураганы и вьюги, они попадали в долины-ловушки, ущелья со скользкими и крутыми ледяными бортами, и тогда приходилось рубить в них ступеньки... Совершенно выбился из сил немецкий геофизик, и Ермолаев с Петерсеном несколько дней тащили его на руках. Выйдя к берегу Карского моря, они соорудили для Велькена убежище из камней, а сами, изголодавшиеся и обмороженные, совершили 40-километровый бросок к мысу Желания. Оттуда вышла спасательная партия, которая доставила совершенно ослабевшего Велькена на станцию. Несмотря на изнурительные условия маршрута, исследователи вели разнообразные научные исследования, вошедшие в золотой фонд Второго МПГ; двигаясь вдоль берега, они тщательно считали шаги, делали засечки на приметные ориентиры. Так создавались карты труднодоступных полярных районов!

«Красин» пробился к Новой Земле по радиопеленгу полярной станции «Мыс Желания», и обитатели архипелага были спасены. Михаил Михайлович Ермолаев (ныне профессор Калининградского университета) тогда же, в 1933 году, был удостоен ордена Трудового Красного Знамени за свой научный и человеческий подвиг.

С постоянным риском для жизни работали во время МПГ и наши исследователи-альпинисты. Объектами их изучения стали высочайшие массивы страны — Памир, Тянь-Шань,



*«Волны» ледника Шокальского на Новой Земле*

Кавказ, Алтай (всего в южных горах состоялось тогда 7 крупных экспедиций). Были детально обследованы многие районы «белых пятен», открыты новые ледники, нанесены на карты их контуры. На Памире прошла испытания автоматическая радиометеостанция (АРМС) системы Молчанова. Альпинисты-гляциологи подняли одну такую станцию на склон высочайшей вершины СССР — пика Коммунизма и установили ее на высоте 6850 м. Вторую АРМС установили на леднике Федченко на высоте 5600 м. Несовершенными были те первые станции. Их забивало снегом, голоса их звучали слабо, да и сведения, посылаемые ими в эфир, были весьма скудными — лишь данные о скорости и направлении ветра. Но эти АРМСы открыли целую эпоху, они были прообразом дистанционной аппаратуры, действующей теперь на протяжении многих месяцев и передающей сведения о состоянии атмосферы и океана из самых суровых и недоступных уголков планеты.

## МПГ ЗАКОНЧЕН

Общий итог Второго Международного полярного года впечатляет и по сей день. Впервые в таком масштабе и на такой добротной научно-технической основе были проведены поистине глобальные исследования высокоширотных областей, Мирового океана, ряда горных районов. К выдающимся достижениям, несомненно, относится то, что в атмосфере был обнаружен слой, поглощающий радиоволны и нарушающий, таким образом, радиосвязь. Данные МПГ позволили установить строение верхней атмосферы, выявить ее температурный режим.

Сравнение данных Первого и Второго МПГ позволило сделать вывод о том, что интенсивность полярных сияний зависит от активности Солнца. Синхронные наблюдения за магнитными бурями в разных точках планеты помогли определить скорость, с которой геомагнитные процессы охватывают всю Землю. Значение подобных работ для фундаментальной науки и прямых запросов практики невозможно переоценить.

Второй МПГ положил начало регулярному учету баланса вещества горных ледников, что сыграло первостепенную роль как в развитии целой науки — гляциологии, так и для подсчета запасов воды, заключенных в ледниках. С 1933 года стали обычным делом долгосрочные прогнозы по всем без исключения морям Советской Арктики — в те времена подобные предсказания делались только в нашей стране. Центральное бюро погоды в Москве начало издание ежедневных синоптических карт для всего Северного полушария — подлинная революция в синоптической метеорологии!

Резко усовершенствовалась вся служба долгосрочных прогнозов. В 1933 году один из ведущих специалистов в этой области профессор Б. П. Мультановский впервые дал такое предсказание для всего Полярного сектора СССР. Под руководством другого замечательного ученого, академика Ю. М. Шокальского, была построена гипсометрическая и батиметрическая карта Северной поляр-

ной области — аналогичной карты Арктики тогда вообще в мире не существовало. По радио стали передавать климатические обзоры для районов Крайнего Севера, предупреждения о штормах и тяжелых льдах на морской арктической трассе. И, когда весной 1934 года наши полярные летчики спасали челюскинцев и на помощь к дрейфующему «лагерю Шмидта» двигались спасательные суда, учитывались сведения о морских течениях и дрейфе льдов, собранные годом раньше во время Второго МПГ. Практическая значимость всех этих исследований чрезвычайно велика: по подсчетам одного американского специалиста, лишь благодаря данным о распространении радиоволн было сэкономлено несколько миллионов долларов!

Прямым результатом исторического рейса «Сибирякова» стало создание в конце 1932 года Главного управления Северного морского пути — уникальной транспортной и исследовательской организации, на протяжении нескольких десятилетий считавшейся нашим основным «производителем работ» на Крайнем Севере. Все, что делалось и делается по сей день в Арктике, несет на себе печать событий эпохи Второго МПГ.

И еще один, далеко не последний по значимости итог: Вторым МПГ безусловно подтвердил насущную необходимость международного кооперирования усилий ученых для познания природы Земли. Именно понимание важности согласованных действий всех ученых планеты привело ровно через 25 лет к замечательному научному предприятию современности — Международному геофизическому году (МГГ).



Члены Оргкомитета конкурса «Малый  
интеркосмос»  
Е. И. БАЛАНОВ  
Б. Г. ПШЕНИЧНЕР



## Высокая орбита «Малого интеркосмоса»

Ни одного из участников этого конкурса еще не было на свете, когда 12 апреля 1961 года ракета-носитель «Восток» вывела на околоземную орбиту космический корабль с первым летчиком-космонавтом на борту — Юрием Алексеевичем Гагариным.

Спустя двадцать лет в ознаменование этого выдающегося события ЦК ВЛКСМ, Академия наук СССР, Министерство просвещения СССР, Государственный комитет СССР по профтехобразованию, Всесоюзное общество «Знание» при участии Федерации космонавтики СССР объявили конкурс среди учащихся школ и профтехучилищ Советского Союза и учащейся молодежи стран социалистического содружества на лучший проект космического эксперимента.

Оргкомитет конкурса возглавил Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. С. Титов.

Это был не простой конкурс фантастических идей, поскольку от ребят ждали оригинальных проектов и предложений, которые уже в ближайшие годы можно использовать в исследовании и освоении космоса. Кабина пилотируемого космического корабля, отсек орбитальной станции, борт искусственного спутника Земли или межпланетной станции, открытый космос, поверхность планет и других небесных тел — именно там могли бы найти применение представленные проекты. По условиям конкурса, рассматривались и такие проекты, в которых средства, используемые сейчас лишь в космонавтике, предлагалось реализовать на Земле. В случаях, когда уровень современной



*Председатель Оргкомитета  
конкурса «Малый интеркосмос»  
Герой Советского Союза,  
летчик-космонавт СССР  
Г. С. Титов выступает  
перед ребятами в Октябрьском зале  
Дома Союзов*

техники заведомо не позволяет осуществить предложенное, авторы проектов должны были хотя бы в общих чертах намечать пути, ведущие к достижению цели (увеличение грузоподъемности ракет, мощности лазеров, создание зеркал большего диаметра и т. д.). Высказывались, правда, опасения: под силу ли школьникам эти задачи, стоит ли вообще предъявлять им такие требования. Но в том-то и дело, что космонавтика уже знает примеры, когда идеи школьников воплощались в жизнь.

Чтобы ребята не «утонули» в море проблем, стоящих перед космонавтикой, специалисты разработали примерный перечень актуальных задач. Скажем, как с наименьшими затратами доставить грузы на орбиту? Как спасти космонавтов, если возникла аварийная ситуация? Или такая важная проблема: при длительных полетах однообразная обстановка на борту начинает отрицательно действовать на космонавтов. Как сделать, чтобы они по собственному желанию могли эту обстановку в нужный момент изменять? Можно занять их досуг играми, но как создать игру, использующую особые условия космического полета (невесомость, вакуум, перепад температур)? Много сил и времени уходит у космонавтов, когда они переносят различное оборудование из грузового корабля на борт станции. Нельзя ли, автоматизировав процесс, избавиться от этого? Перечень подобных вопросов велик, назвать все невозможно. Поэтому, ограничившись сказанным, перейдем к рассказу о том, как проходил конкурс, и осветим наиболее интересные проекты.

На суд жюри, которое возглавлял дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Н. Н. Рукавишников, было вынесено более 2000 предложений: проектов, моделей, описаний идей — результатов предварительного этапа. Помогал жюри в этой нелегкой работе экспертный совет. Для объективного определения качества проекта разработали специальную шкалу. Максимальная оценка за оригинальность — 10 баллов, за

научную обоснованность — 5 баллов, за качество оформления — 3 балла. Учитывалась, конечно, и возможность реализации.

Ученые столицы отнеслись к конкурсу с большим вниманием. В работе жюри и экспертного совета принимали участие 54 ученых и специалиста. Среди них были Герой Социалистического Труда, академик Г. И. Петров, доктора физико-математических наук Л. В. Ксанфомалити, А. М. Черепашук, А. А. Гурштейн, доктора технических наук И. В. Стражева, В. В. Савичев, доктор медицинских наук Л. С. Хачатурьянц.

Заключительный этап конкурса «Малый интеркосмос» состоялся в Москве с 3 по 6 ноября прошлого года — в дни осенних школьных каникул. Запланированный поначалу как всесоюзный, конкурс в ходе подготовки превратился в международный. В Москву съехались 400 победителей предварительного этапа конкурса — представители всех союзных республик, а также гости из Болгарии, Вьетнама, ГДР, Монголии, ЧССР. Прибыли не только отдельные учащиеся, но и делегаты целых авторских коллективов, то есть все те, чьи работы на предварительном этапе были отмечены как наиболее оригинальные и обоснованные научно. Любопытная деталь: многие из участников «Малого интеркосмоса» еще не вышли из пионерского возраста, хотя и продемонстрировали вполне «взрослый» уровень своих проектов.

Выставка моделей, сделанных участниками заключительного этапа «Малого интеркосмоса», была развернута в Московском городском Дворце пионеров и школьников на Ленинских горах. Там же проходили заседания секций — «Дом на орбите», «Индустрия в космосе», «Ракетная техника», «Космические тренажеры», «Техника дальнего космоса», «Астрофизика в космосе», «Биология и космос». И это не случайно. Ведь конкурс был организован по инициативе Клуба космонавтики Дворца и его шефов из Совета молодых ученых Института космических исследований АН СССР.

Открыл выставку Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР В. Д. Зудов. Пояснения давали сами авто-



*Председатель жюри дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Н. Н. Рукавишников оглашает результаты конкурса*

ры экспонатов. Оценивая увиденное, космонавт заметил, что его поразили не только обилие и разнообразие представленных работ, но прежде всего оригинальность идей и смелость технических решений, заложенных в них исполнителями. Каждую модель сопровождало описание со схемами и чертежами. Многие проекты и предложения были иллюстрированы таблицами, графиками. Особое внимание посетителей выставки привлекал экспонат, подготовленный восьмиклассниками Д. Сивцем, И. Шевцовым и С. Шиляевым (Республиканская станция юных техников Удмуртской АССР). Красочная действующая модель с программным управлением изображала научно-производственный комплекс на астероиде. Создатели комплекса (и — что особенно важно — члены компетентного жюри) считают: подобные объекты вполне могут быть сооружены и на Луне, и на планетах Солнечной системы.

Другая перспективная идея реализована в модели «Металлургический комбинат в космосе». Юные конструкторы предложили следующую схему металлургического производства на орбите: к огромному сооружению, где живут и работают земляне и где, благодаря вращению всего комплекса вокруг своей оси, постоянно под-

держивается искусственная сила тяжести, поочередно пристыковываются для заправки космические металлургические печи. После отстыковки в каждой печи (в условиях невесомости) по заданной технологии идет процесс получения необходимых металлов и сплавов. Когда технологический цикл закончен, блок-печь вновь причаливает к комбинату для перезарядки. Полученная продукция проходит дальнейшую обработку в цехах орбитального комбината и в дальнейшем используется на Земле или в космосе. Эта изящная, прекрасная выполненная модель — коллективная работа Дома пионеров имени 26 бакинских комиссаров города Тбилиси.

Оригинальный тренажер, который позволяет воспроизводить стыковку космических аппаратов, привезли на конкурс юные техники из Ташкента. Уезжая, они подарили его своим московским сверстникам.

Пятого ноября с самого утра в залах и лабораториях Дворца пионеров чувствовалось волнение — началась публичная защита лучших работ. После каждого доклада следовало краткое, но интенсивное обсуждение, в котором живейшее участие принимали и ученые, и члены секции.

Когда секции завершили свою работу, члены жюри собрались на заключительное заседание, где и было принято решение о присуждении лучшим проектам наград Организационного комитета и призов, учрежденных различными организациями. Выступившие на заседании члены жюри подчеркнули, что в основном они не обманулись в своих ожиданиях. Большинство работ, допущенных к защите, были выполнены на достаточно высоком научно-техническом уровне, хотя, справедливости ради, надо отметить, что среди серьезных работ оказались и довольно слабые, но не они, как говорится, «делали погоду».

Если бы мы попытались рассказать обо всех интересных работах, понадобилось бы посвятить этому целый номер журнала. Поэтому упомянем только о некоторых из тех, что были отмечены наградами «Малого интеркосмоса».



*На выставке моделей, сделанных участниками «Малого инттеркосмоса». Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР В. Д. Зудов обсуждает с ребятами достоинства и недостатки их моделей*

**Приз имени Ю. А. Гагарина** вручили членам кружка «Алькор» — пионерам средней школы поселка Новомихайловка Краснодарского края Э. Филипповой, Е. Орлову и Л. Карабашьяну. Они не просто предложили провести эксперимент для изучения влияния сеансов цветомузыки на работоспособность космонавтов, но и представили на суд жюри опытный образец портативной бортовой цветомузыкальной установки индивидуального пользования. Уже на следующий день после защиты эта установка прошла испытание в научно-исследовательском институте.

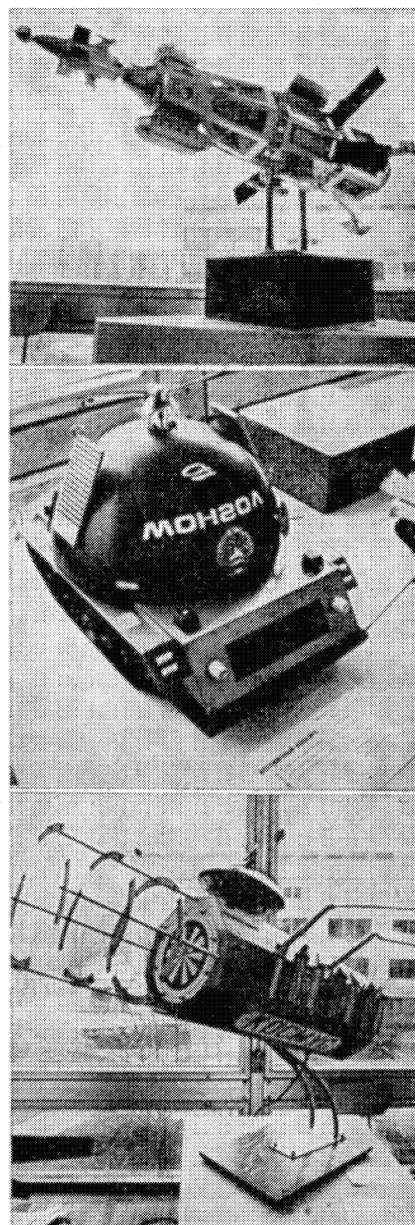
**Призом имени С. П. Королева** жюри отметило работу десятиклассника 209-й школы города Киева В. Аврутиса. Он разработал проект космической дрели. Виктор соединил электродрель со своеобразным пылесосом для сбора и последующей утилизации металлической струж-



*Школьники из Болгарии Т. Недялков и С. Божилев, получившие приз имени М. В. Келдыша*

ки. Причем для всасывания и упаковки стружки используется рабочее движение шпинделя.

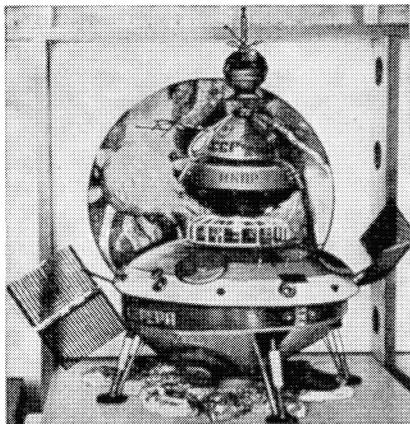
**Приз имени М. В. Келдыша** получили Т. Недялков и С. Божилев из Народной Республики Болгарии за теоретическую работу «Зонд для исследова-



*Экспонаты выставки: космический корабль «Марс», планетоход «Монголия», станция «Космос»*

ования космического пространства вне эклиптики».

**Приз имени К. Э. Циолковского** вручен юным техникам из Белгородской области Ю. Гарькавому и С. Кулько за модель «Межпланетный космический многоцелевой ком-



*Модель межпланетного космического многоцелевого комплекса «Галлей — Икар — Церера»*

плекс «Галлей — Икар — Церера». Назначение комплекса: полет в межпланетное пространство, посадка на один из крупных астероидов, например Цереру, создание на нем долговременной научно-технологической станции, производство сырья для транспортировки в околоземное пространство или на Землю, строительство промежуточного космодрома для полетов к дальним планетам. Многие предусмотрели авторы этого проекта, в частности бисферическую форму несущего блока — наиболее удобную для посадки на тела с малой гравитацией — и электрореактивные двигатели, позволяющие маневрировать над поверхностью астероида.

Комплекс рассчитан на полет в автоматическом и пилотируемом вариантах. Этой работе отдали предпочтение за хорошее обоснование конструкции каждого из блоков.

Вымпелами, побывавшими в космосе, награждены: К. Витек из ЧССР — за проект технологической орбитальной станции, использующей в качестве источника энергии солнечное излучение; коллектив кружка космонавтики Московского Дворца пионеров за разработки, связанные с деятельностью космонавтов в открытом космосе, и многие другие авторы и коллективы.

Приз Федерации космонавтики СССР заслужил М. Дрягилев за свою оригинальную действующую модель утилизатора «космического мусора» — отсюда и название «Орбитальная станция „Космос“». Ее автор — член кружка космического моделирования московского Клуба юных техников «Знамя революции».

Правление Всесоюзного общества «Знание» отметило своими призами модель планетохода «Монголия», управляемую по радио, выполненную юными конструкторами Монгольской Народной Республики, и работы москвичей: А. Стеркина — семиклассника 49-й школы, братьев Родиных — Андрея и Александра — учеников 9-го и 6-го классов 43-й школы. Александр Стеркин сконструировал аппарат для регистрации микрометеоритов в космосе. В настоящее время образцы чувствительных материалов, установленные на внешней поверхности орбитальной станции, космонавты могут снять, только выйдя в открытый космос (как это делал, например, А. С. Иванченков в июле 1978 года) (Земля и Вселенная, 1978, № 6, с. 2—5. — Ред.). Александр предложил использовать для этой цели специальную пленку, которая, подобно обычной фотопленке, определенное время «экспонируется» в открытом космосе через «окошко» станции. Лента периодически продвигается в кадровом окне.

Суть эксперимента, предложенного и обоснованного братьями Родиными, заключается в том, чтобы проследить за возможным возникновением и изменением внутриклеточных структур у микроорганизмов в условиях длительной невесомости.

Звено полеводов «Малой тимиразевки» Козьмодемьянской средней школы из Амурской области получило приз Центральной станции юных натуралистов РСФСР за проект совместного эксперимента «Космос — Земля»: наблюдение за развитием посевов сои — очень важной для этого края сельскохозяйственной культуры. Юные полеводы предполагают принять участие в наземных наблюдениях за состоянием выделенных для фотографирования из космоса площадей.

Приз журнала «Земля и Вселенная» был вручен Гале Калибаевой, ученице школы № 17 города Петрозаводска. Ее работа называлась «Ионосфера — солнечное затмение». Речь в ней шла о таком запуске ракет типа «Вертикаль», чтобы в момент, когда на Земле наблюдается солнечное затмение, они оказались бы внутри лунной тени. В лунной тени будут условия, благоприятные для синхронного наблюдения эффектов, обусловленных затмением, и явлений в ионосфере Земли, например полярных сияний.

Большинство лучших работ представили на конкурс старшеклассники. Это и естественно. Но интересные работы представили и самые маленькие. Ученик 3-го класса 152-й московской школы Костя Степаньянц предложил создать искусственный спутник станции «Салют». И хотя этот проект никакой премии не получил, тем не менее один из экспертов конкурса, аспирант Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана В. Н. Чугунов, изучив работу, записал в оценочной карточке: «Молодец, Костя! Очень хочу с ним познакомиться».

Приз самого юного участника заключительного этапа конкурса получила третьеклассница из Херсона Ира Дурманова. Она предложила космонавтам в свободное время на орбите изучать английский язык. Ира написала: «Чтобы занятия проходили весело и интересно, их нужно проводить вместе с нашим классом (в этом поможет телевидение). Мы играем в разные игры на уроках английского языка. Я думаю, космонавтам очень понравится. Это будет учеба и игра. Для начала высылаю космонавтам учебник английского языка».

Но залами и лабораториями Дворца пионеров не ограничилось пребывание ребят в Москве. Помимо чисто деловой, конкурсной программы они получили в свое распоряжение и прекрасно организованный, четко продуманный досуг. Многие из увиденного и услышанного сохранятся в их памяти, стимулируя новые поиски и, может быть, открытия.

Ребята совершили экскурсию по Москве, посетили Мавзолей В. И. Ле-



*Члены кружка юных любителей космонавтики города Херсона  
Е. Бармина, Н. Каракулова,  
И. Дурманова (на переднем плане)  
со своим руководителем  
А. П. Зверяком*

нина, возложили цветы к Могиле Неизвестного солдата, к памятнику Ю. А. Гагарину. Неизгладимое впечатление произвела поездка в Звездный городок, знакомство с реликвиями созданного здесь музея, встреча с Героем Советского Союза, летчиком-космонавтом СССР В. Г. Лазаревым. Как потом признались ребята, самая сокровенная мечта многих — когда-нибудь возвратиться в Центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, но уже в качестве кандидатов в космонавты. Много интересного и полезного увидели и услышали ребята в Доме-музее академика С. П. Королева, в недавно открывшемся Мемориальном музее космонавтики, в павильонах «Космос» и «Юные натуралисты и техники» на ВДНХ СССР, в Центральном Доме авиации и космонавтики имени М. В. Фрунзе.

О перспективных проблемах космо-

навтики, о том, над чем работают сегодня исследователи космоса, участники конкурса узнали, побывав в ведущих научных учреждениях столицы. В Институте медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР — головном учреждении в области космической биологии и медицины — состоялась встреча с директором института академиком О. Г. Газенко, его заместителем по научной работе доктором медицинских наук Н. Н. Гуровским и первым врачом-космонавтом, Героем Советского Союза, доктором медицинских наук Б. Б. Егоровым.

В Институте космических исследований АН СССР учащиеся увидели, как испытываются перед полетом искусственные спутники Земли и межпланетные станции (для этой цели созданы камеры, в которых моделируются условия космического пространства). На многочисленные вопросы заинтересованных ребят отвечал директор института, заместитель председателя Оргкомитета «Малого интеркосмоса» академик Р. З. Сагдеев. Нам показалось, что ученому с мировым именем были даже приятны те грамотные и серьезные вопро-

сы, которые задавали ему школьники, когда зашел разговор об исследовании комет космическими зондами.

В Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга осмотру обсерватории предшествовала беседа с одним из крупнейших советских астрофизиков, главным редактором журнала «Земля и Вселенная», профессором Д. Я. Мартыновым.

А по вечерам на Ленинские горы, в гостиницу «Орленок», где жили ребята, приходили члены жюри конкурса, чтобы побеседовать с авторами заинтересовавших их работ. Допоздна затягивались эти не предусмотренные программой встречи ученых и специалистов с их будущими, хочется надеяться, коллегами.

Очень много авторам работ дало общение с членами экспертного совета конкурса — Т. Л. Волковицкой, С. П. Яценко, В. Н. Сипягиным — давними друзьями и помощниками юных космонавтов. Ведь именно они первыми знакомились с поступившими на конкурс работами, в дни заключительного этапа помогли приехавшим выбрать себе секцию по интересам, подготовиться к защите предложения или проекта. Можно не сомневаться, что такое непосредственное, деловое общение со специалистами поможет участникам конкурса в их дальнейшей работе.

Заключительное пленарное заседание проходило в Октябрьском зале Дома Союзов. Секретарь ЦК ВЛКСМ Л. И. Швецова поздравила собравшихся с успешным завершением конкурса «Малый интеркосмос», поблагодарила за большую помощь космонавтов, ученых, учителей и руководителей кружков. Она пожелала юным любителям науки и техники новых достижений на избранном пути и успехов в школьных делах, напомнив, что «путь в космос проходит через отличную учебу». На заседании выступили также Г. С. Титов, Н. Н. Рукавишников и вьетнамский космонавт Фам Туан. Поздравительные телеграммы ребятам прислали космонавты из Болгарии (Г. Иванов), Венгрии (Б. Фаркаш), ГДР (З. Йен), Польши (М. Гермашевский).

С большим вниманием участники

заседания слушали слова приветствия, записанные на магнитную ленту, с которыми к ним обратилась мать Ю. А. Гагарина — Анна Тимофеевна.

Подводя итог, следует отметить: конкурс был полезен всем участникам, многому их научил, о многом заставил задуматься. И хочется верить, настанет такой день, когда в космосе будут реализованы некоторые из проектов, предложенных теми, кто прошел дорогами «Малого интеркосмоса». Опыт проведения конкурса свидетельствует — это мероприятие достойно стать традиционным.

Фото И. Гольберга и В. Машатина

Автор публикуемой ниже статьи — рабочий Дмитрий Кузьмич Ведерников предлагает оригинальную конструкцию солнечных часов. Эти часы, очень простые в изготовлении, могут использоваться на внеклассных занятиях по астрономии в средней школе и ПТУ.

## ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Среди солнечных часов наибольшее распространение получили часы с горизонтальным основанием и неравномерными делениями циферблата, а также экваториальные часы, у которых плоскость циферблата параллельна плоскости небесного экватора. Менее известны экваториальные цилиндрические солнечные часы (I). По ним можно узнать не только истинное солнечное время, но и склонение Солнца, время и место его восхода и захода в любой период года, а также продолжительность дня на той широте, для которой часы изготовлены. Приделав к солнечным часам дополнительный подвижный циферблат, можно переводить истинное солнечное время в среднее, декретное, летнее, вводя определенную поправку.

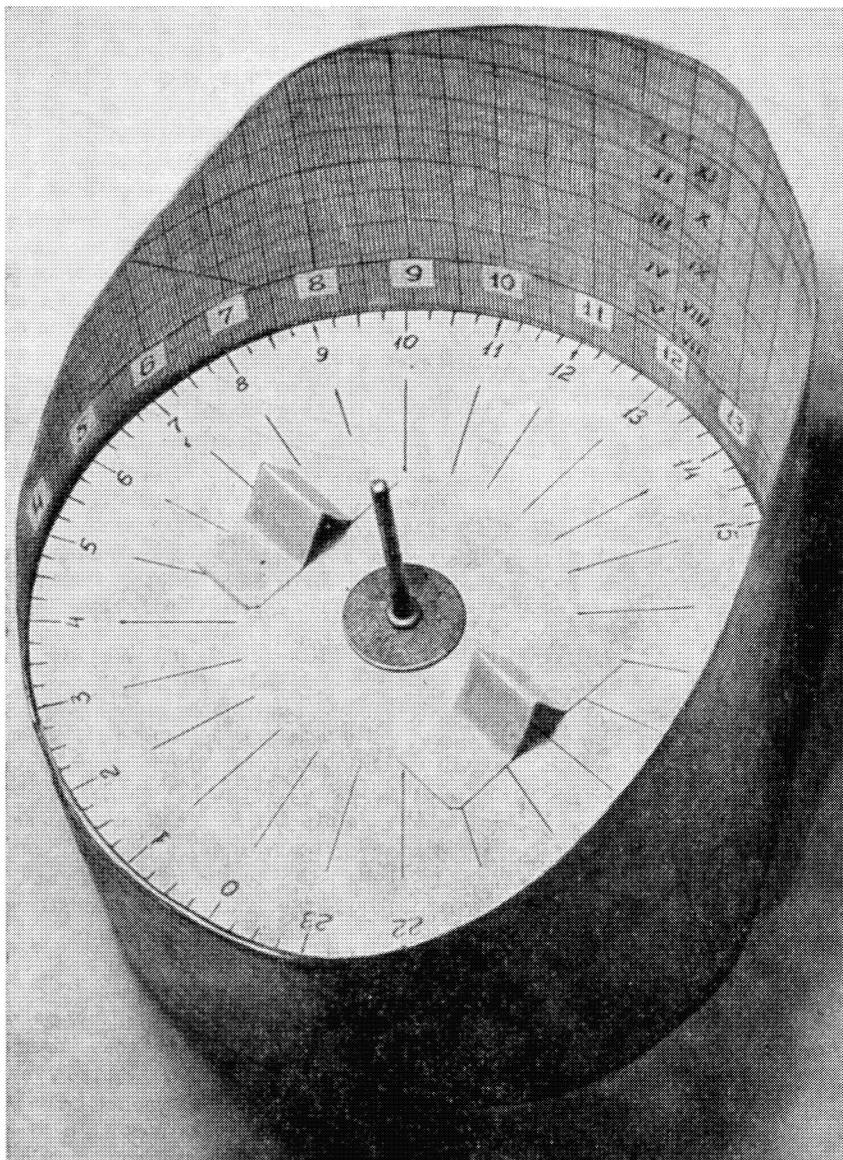
Проще всего сделать цилиндрические солнечные часы из плотной бумаги. Основная деталь часов — наклонный круговой цилиндр. Ось его параллельна оси мира, а основания горизонтальны. Перпендикулярно оси цилиндра внутрь его вклеен круг, касающийся верхнего края цилиндра в точке юга (S). В центре круга, точно по оси цилиндра установлен стержень, вершина которого находится на уровне верхнего горизонтального сечения цилиндра. Стержень отбрасывает тень на внутрен-

нюю боковую поверхность цилиндра, где нанесены часовые деления.

Чтобы рассчитать диаметр цилиндра солнечных часов, начертим на листе миллиметровой бумаги развертку цилиндра (II). Удобнее взять длину окружности цилиндра, кратную 24, например 480 мм (на развертке отрезок SS'); тогда диаметр цилиндра и вклеенного внутрь его круга будет

$$d = \frac{SS'}{\pi}.$$

Теперь вычислим длину образующей цилиндра. Построим сечение



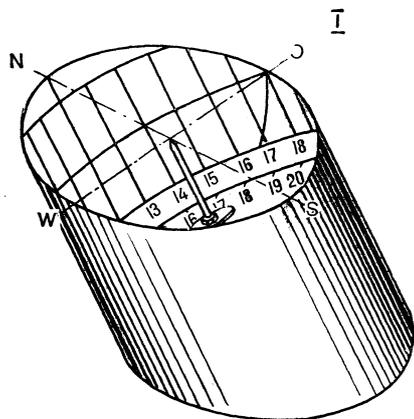
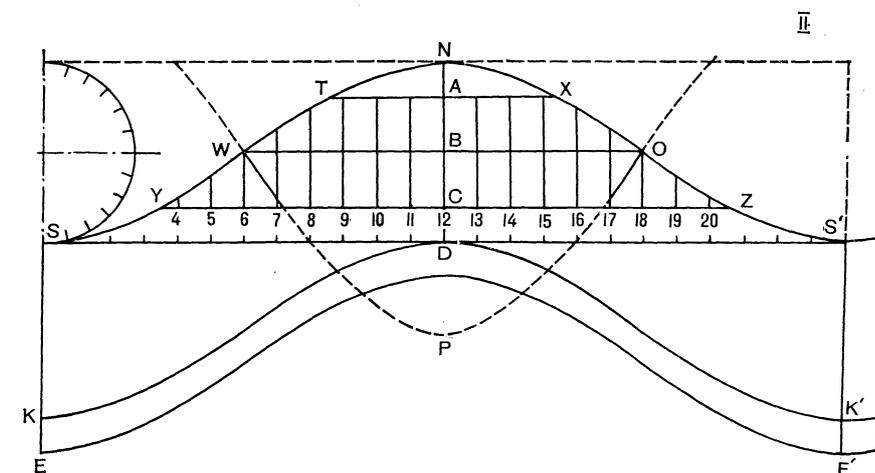


Схема цилиндрических солнечных часов



Развертка цилиндра солнечных часов

данной широте (без учета рефракции).

Наклеим вычерченную развертку на плотную бумагу, из которой потом склеим наклонный цилиндр. В него поместим круг (IV) с центральным тонким стержнем. Устанавливают солнечные часы так, чтобы стержень был направлен на полюс мира.

На стержне солнечных часов можно укрепить подвижный циферблат с равными часовыми или более мелкими делениями для перевода истинного солнечного времени в другое. Напомним, как по известному истинному солнечному времени вычислить среднее солнечное время ( $T_{ср.}$ ), декретное ( $T_{д.}$ ) и летнее время ( $T_{л.}$ ):

$$T_{ср.} = T_{ист.} + \eta,$$

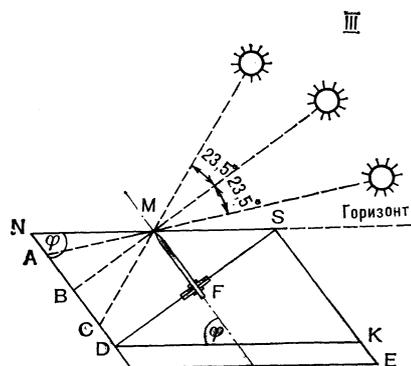
где  $\eta$  — уравнение времени, то есть величина, которую надо прибавить к истинному солнечному времени, чтобы получить среднее. Уравнение времени берется из «Астрономического календаря»;

$$\begin{aligned} T_{д.} &= T_{ист.} + \eta + N + 1^h - \lambda = \\ &= T_{ср.} + N + 1^h - \lambda, \\ T_{л.} &= T_{ист.} + \eta + N + 2^h - \\ &\quad - \lambda = T_{д.} + 1^h, \end{aligned}$$

где  $N$  — номер часового пояса,  $\lambda$  — географическая долгота в часах и минутах.

Часы, изготовленные автором статьи, показывают истинное солнечное время с точностью до нескольких минут.

Д. К. ВЕДЕРНИКОВ  
(Златоуст)



Сечение цилиндрических солнечных часов в плоскости меридиана

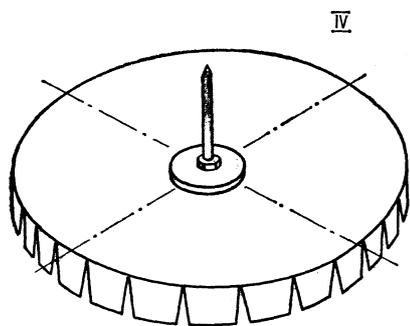
цилиндрических часов в плоскости меридиана (III). Образующая

$$\begin{aligned} ND &= DS \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi) = \\ &= d \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi), \end{aligned}$$

где  $\varphi$  — географическая широта.

На развертке цилиндра (II) проведем вспомогательную полуокружность диаметром  $ND$ , разделим ее на 12, а отрезок  $SS'$  на 24 равные части (часовые деления) и построим синусоиду  $SNS'$  (верхняя кромка цилиндра). Точно такие же синусоиды проведем ниже на расстоянии  $ND$  и  $ND+KE$  — припуск  $KE$  необходим для подклейки круга.

В полдень тень от стержня падает на отрезок  $ND$ , посередине которого проходит прямая  $WO$ , соответствующая нулевому склонению Солнца. Точки  $W$  и  $O$  показывают 6 и 18 часов истинного солнечного времени. При склонении Солнца  $-23,5^\circ$  тень от конца стержня в полдень падает в точку  $A$  (III), а при склонении  $+23,5^\circ$  — в точку  $C$ :  $AB=BC=d/2 \cdot \operatorname{tg} 23,5^\circ$ . Вдоль отрезка  $AC$  можно нанести месяцы года, соответствующие различному склонению Солнца в полдень, либо разделить этот отрезок на градусы от  $-23,5^\circ$  до  $+23,5^\circ$ . Если же расечь цилиндр через точки  $W$  и  $O$  вертикальной плоскостью, то полученная синусоида  $WPO$  покажет, в какое время Солнце находится на востоке или западе при различном склонении. Длины отрезков  $TX$  и  $YZ$  (II) равны самой малой и самой большой продолжительности дня на



Деталь солнечных часов — круг с тонким стержнем в центре

## АКТИВНОСТЬ ПЕРСЕИД ОСТАЕТСЯ ВЫСОКОЙ

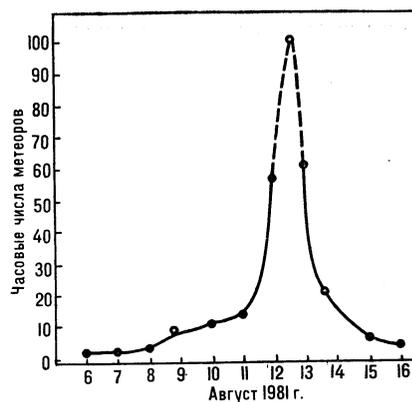
В 1980 году наблюдатели метеоров в Крыму отметили высокую активность метеорного потока Персеид (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 73—75.—*Ред.*), связанную с приближением кометы 1862 III— родоначальницы потока.

В 1981 году члены Крымского общества любителей астрономии и Крымского отделения ВАГО продолжали исследования потока. Многие из наблюдателей имели специальную подготовку и большой опыт изучения метеоров. Это — Ю. В. Лыжин, А. С. Левина, Г. В. Акман, А. А. Коз-

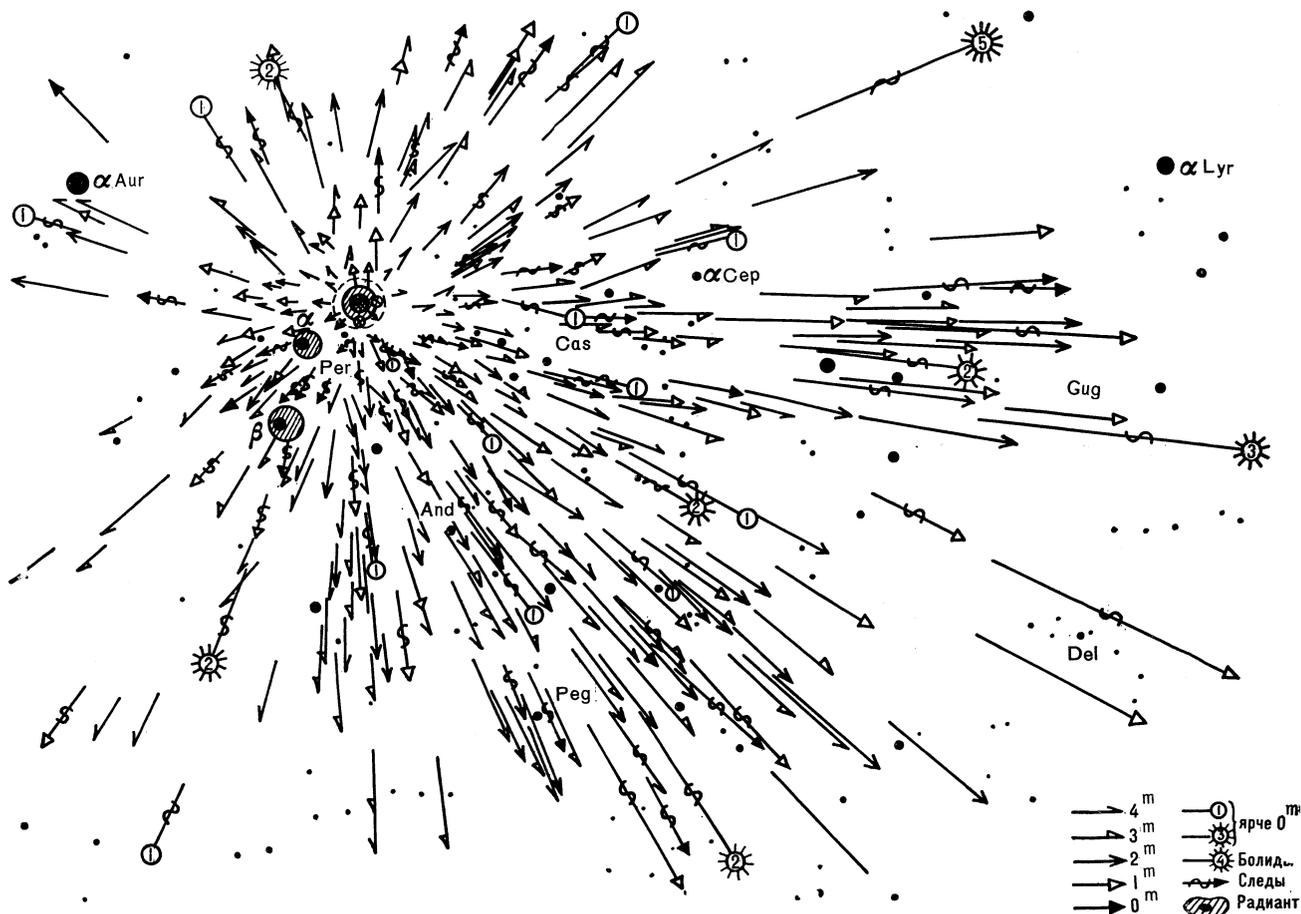
*Главный радиант персеид, наблюдавшийся 12—13 августа 1981 года. Кроме главного радианта отмечены два центра радиации близ звезд  $\alpha$  и  $\beta$  Персея*

лов, А. В. Занадворнов, А. И. Грищенко, В. А. Хенкин, М. Н. Бидниченко, И. В. Щедров, С. Я. Жительзейф, А. Н. Кичижиев. В Симферополе, Судаче, Нижнегорске, Феодосии, Одессе за 70 часов учтено и занесено на карты звездного неба более 4570 метеоров, в основном из потока Персеид. В поселке Большие Коты на Байкале экспедиция Крымского отделения ВАГО вместе со студентами Иркутского университета за 22 часа чистого времени зарегистрировала 680 персеид, хотя наблюдениям мешали Луна и облачность.

По данным байкальской экспедиции, уже в ночь с 10 на 11 августа 1981 года «часовые числа» метеоров (число метеоров в час) первой звездной величины и ярче оказались больше, чем обычно в максимуме потока Персеид. 11—12 августа с 17 часов 50 минут до 19 часов 10 минут Все-



*Изменение активности потока Персеид (метеоры ярче 1<sup>m</sup>) в августе 1981 года. Максимум потока наблюдался в ночь с 12 на 13 августа. График построен по наблюдениям, проводившимся в Судаче (черные точки) и в поселке Большие Коты (кружки)*



мирного времени часовые числа ярких и слабых персеид достигли 200—225, что в 3 раза превышало обычную активность потока. 12—13 августа часовые числа ярких метеоров равнялись 100, но эта оценка неуверенная, поскольку наблюдения проводились на облачном небе при Луне.

Высокую активность Персеид в 1981 году отметили и наблюдатели в Крыму. Они также установили, что активность потока в 1981 году превышала обычную в 3—3,5 раза.

В 1981 году многие персеиды группировались в пары и в «пачки». Между «пачками» метеоров, как правило, отмечались затишья в активности на 5—7 минут. Байкальская экспедиция зарегистрировала «пачки» Персеид уже 7—8 августа. 10—11 августа наблюдалась особенно эффектная группа из 27 ярких метеоров. «Пачки» были отмечены и в Судаке: на небе почти одновременно вспыхивало по 3—4 метеора из потока Персеид. По-видимому, «сверхпачка» наблюдалась 13 августа с 00 по 01 час Всемирного времени, когда за 60 минут вспыхнуло более 60 ярких метеоров.

Результаты наблюдений метеоров в Судаке, представленные в гномонической проекции на небесную сферу, позволили определить положение главного радианта для 11 августа 1981 года (на 21 час Всемирного времени). Его координаты: прямое восхождение  $43^{\circ}45'$ , склонение  $56^{\circ}30'$ . Основные центры побочных радиантов Персеид близ  $\chi$ ,  $\alpha$  и  $\beta$  Персея были очень слабыми.

Интересно, какой окажется активность потока Персеид в августе 1982 года, когда комета 1862 III будет совсем близко от нас?



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ  
+

## НАБЛЮДЕНИЯ ЛУННОГО ЗАТМЕНИЯ

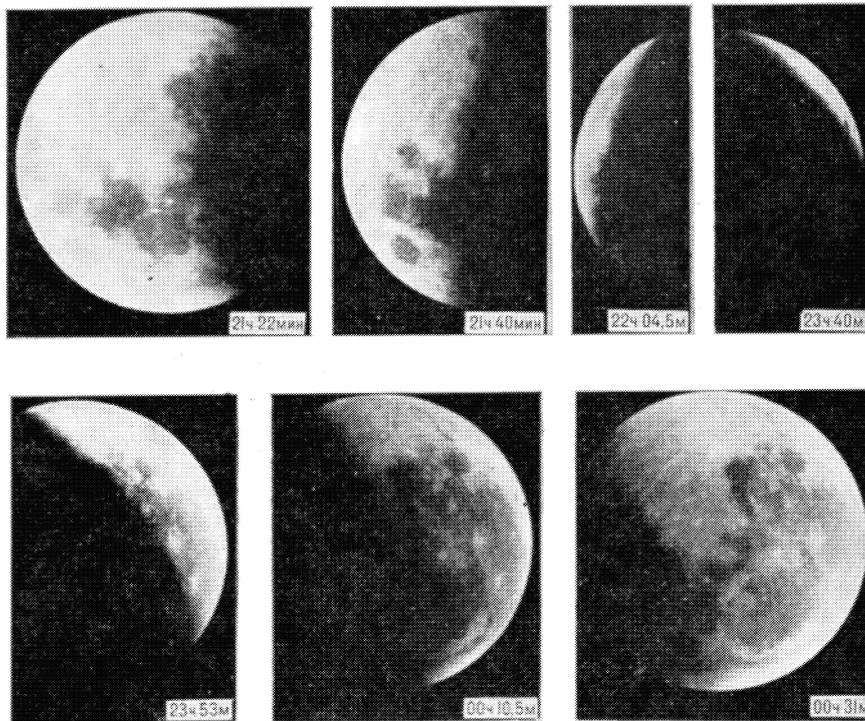
Полное лунное затмение 9 января 1982 года можно было наблюдать на всей территории Советского Союза, но не везде погода благоприятствовала наблюдениям.

Облачность и сильный мороз (минус  $25-27^{\circ}\text{C}$ ) помешали кружков-

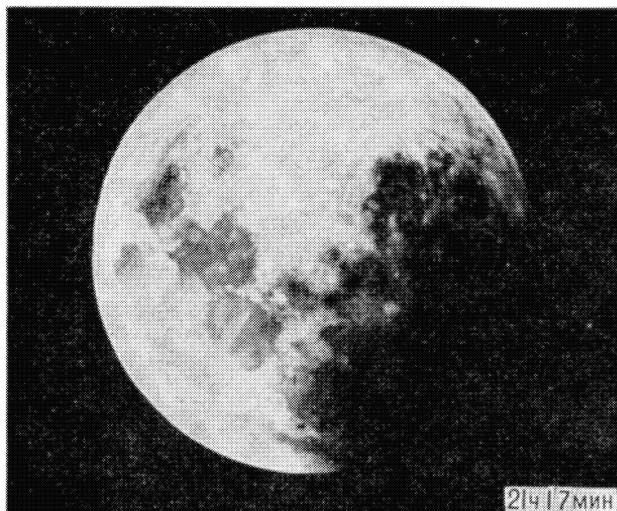
*Фотографии лунного затмения 9 января 1982 года, полученные П. Карбуляном из г. Ждановка (80-миллиметровый школьный рефрактор, аппарат «Зенит-С», пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, выдержка от 1/250 до 1/30 с)*

цам Московского планетария провести наблюдения затмения по всей запланированной программе — на холоде вышел из строя самописец электрофотометра, рвалась фото- и кинопленка, были и другие неполадки. Лишь в конце полной фазы затмения облачная дымка почти рассеялась, и члены кружка смогли сделать цветные и черно-белые снимки затмения. Они оценили яркость затмения в 1,9 балла по шкале Данжона (очень темное). В ходе затмения кружковцы заметили три нестационарных явления на Луне, в частности — аномальное свечение одного из восточных лучей кратера Тихо. Определив моменты контактов Луны с земной тенью, юные наблюдатели обнаружили, что диаметр тени превышал теоретический на 2,7%. Обычно это превышение, объясняемое влиянием земной атмосферы, составляет 2%.

В Одессе, где затмение наблюдали члены юношеской секции отделения ВАГО, легкая дымка не позволила получить хорошие фотографии. Ван-



Заведующий  
Крымской метеорной станции ВАГО  
В. В. МАРТЫНЕНКО  
Инспектор  
Крымской метеорной станции ВАГО  
А. С. ЛЕВИНА



Снимок Луны во время частной теневой фазы полного лунного затмения 9 января 1982 года, сделанный В. Слипченко из г. Киева (аппарат «Зенит-С» с телеобъективом МТО-1000, пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТа, выдержка 1/50 с)

да Буганова и Инна Голибей определили моменты погружения и выхода из земной тени тринадцати лунных кратеров. Они проводили наблюдения на 6-дюймовом рефракторе при 60-кратном увеличении. Моменты контактов отмечались по хронометру с точностью до 0,5 секунды. Во время затмения В. Буганова и И. Голибей заметили яркое свечение в кратере Гассенди.

Весь ход затмения зафиксировал на пленке любитель астрономии Петр Карбулян из небольшого шахтерского городка Ждановка, в Донбассе. Он фотографировал Луну в главном фокусе 80-миллиметрового школьного телескопа. Сильный ветер и легкая дымка также сказались на качестве полученных им фотографий. П. Карбулян определил яркость затмения по шкале Данжона в 3 балла (средняя яркость).

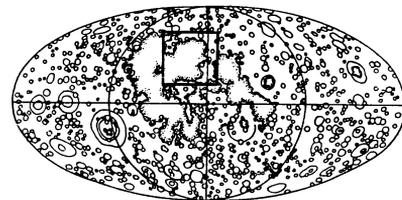
Несколько фотографий затмения получил любитель астрономии В. Слипченко из Киева. Он фотогра-

фировал Луну аппаратом «Зенит-С» с телеобъективом МТО-1000.

Члены астрономического кружка Пятигорского дворца пионеров и школьников наблюдали затмение в Кисловодске. Кружковцы располагали 80-миллиметровым школьным рефрактором, двумя монокулярами МП 7×50, трубой «Турист» и теодолитом. Юные наблюдатели сделали снимки затмения, определили цвет затмения как красновато-бурый, а в центре земной тени — как темно-бурый.

По оценкам С. С. Бочагина, наблюдавшего полное лунное затмение в Риге, цвет затмения был темно-красным, а яркость его составляла 3 балла. В 2 балла определил яркость затмения девятиклассник Артур Чубур из города Курчатова Курской области. Согласно его наблюдениям, затмение было темно-багрового цвета.

Редакция благодарит руководителей астрономических кружков Д. А. Фомина и А. А. Горинова (Москва), М. И. Мялковского (Одесса), И. И. Станкевича (Пятигорск) и всех любителей астрономии, приславших в редакцию фотографии и результаты наблюдений полного лунного затмения 9 января 1982 года.



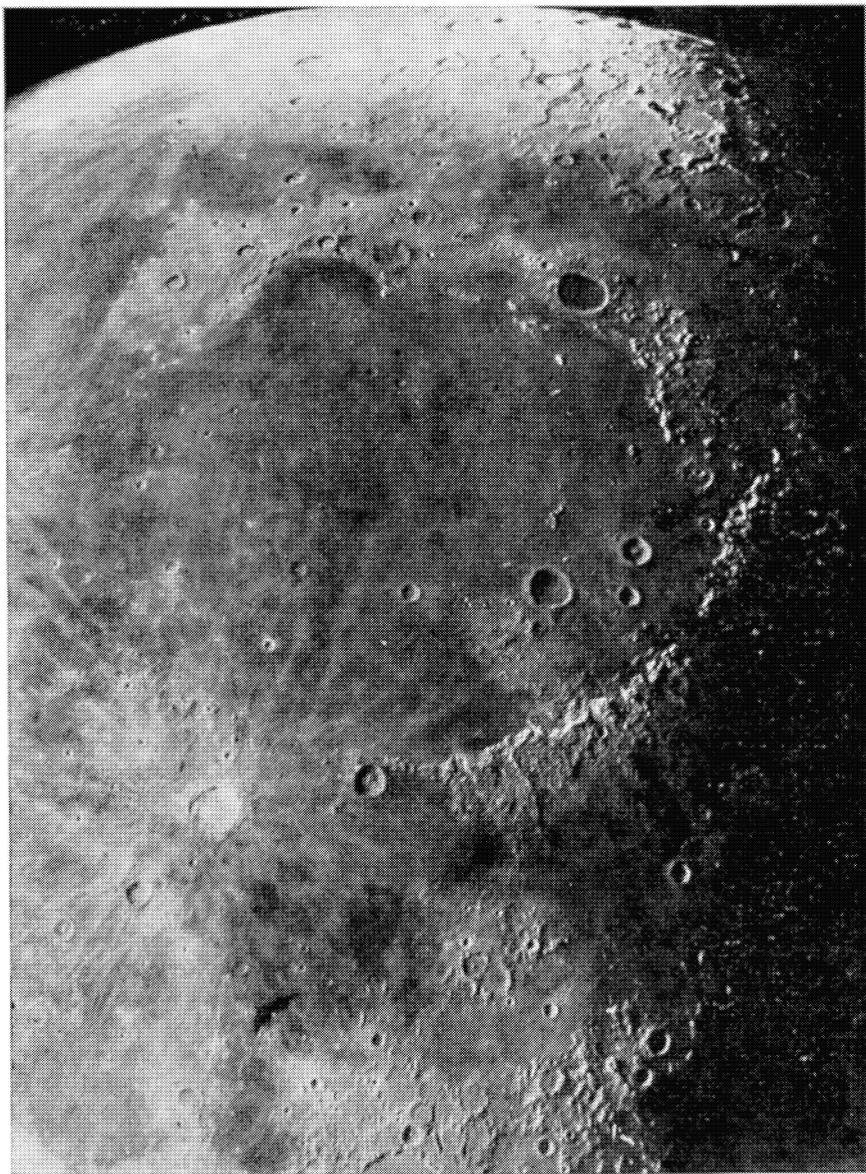
Доктор физико-математических наук  
В. В. ШЕВЧЕНКО

## Море Дождей

В северной половине видимого полушария Луны, к западу от центрального меридиана, расположено Море Дождей. Замкнутое кольцевыми горами, море хорошо выделяется на диске Луны и при косом освещении, и в полнолуние. Это — одно из первых образований, достоверные контуры которых появились на картах Луны еще в XVII веке. Своим названием Море Дождей обязано составителям «Нового Альмагеста» (1651 г.) — астрономической энциклопедии того времени. Почему именно так назвали крупнейшее круговое море Луны, трудно сказать. Возможно, свою роль сыграли астрономические представления о влиянии Луны на погоду, бытовавшие в то время.

Площадь темного базальтового покрытия Моря Дождей около 829 000 км<sup>2</sup>. Практически вся его кольцевая структура затоплена базальтовыми лавами. Однако внимательное изучение топографии района позволяет найти довольно явные признаки трех кольцевых валов первоначальной впадины бассейна Моря Дождей. Самое внешнее кольцо, следы которого хорошо сохранились, имеет диаметр около 1240 км. На юге кольцевой вал включает Карпаты, Апеннины и Кавказ. На севере и западе он охватывает материковый

Начало см. в № 3, 1982.



массив, расположенный между Морем Дождей и Морем Холода, а на юго-востоке проходит вблизи Гор Харбингера. Диаметр среднего кольцевого вала около 940 км. Наиболее четко он прослеживается на северо-востоке в окрестностях Альп. Внутреннее кольцо диаметром около 640 км погребено под слоем базальтовых лав. Его контуры на севере и востоке лишь намечены цепочкой гор и пиков: Прямой Хребет, Горы Тенерифе, Пик Пико, Шпицберген. На

*Снимок Моря Дождей  
вблизи первой четверти*

юге и западе контуры кольца можно отождествить с системой пологих валов или складок, полукругом охватывающих центральную часть Моря Дождей.

Исследователи Луны полагают, что первоначальная кольцевая структура Моря Дождей возникла при падении крупного метеоритного тела около

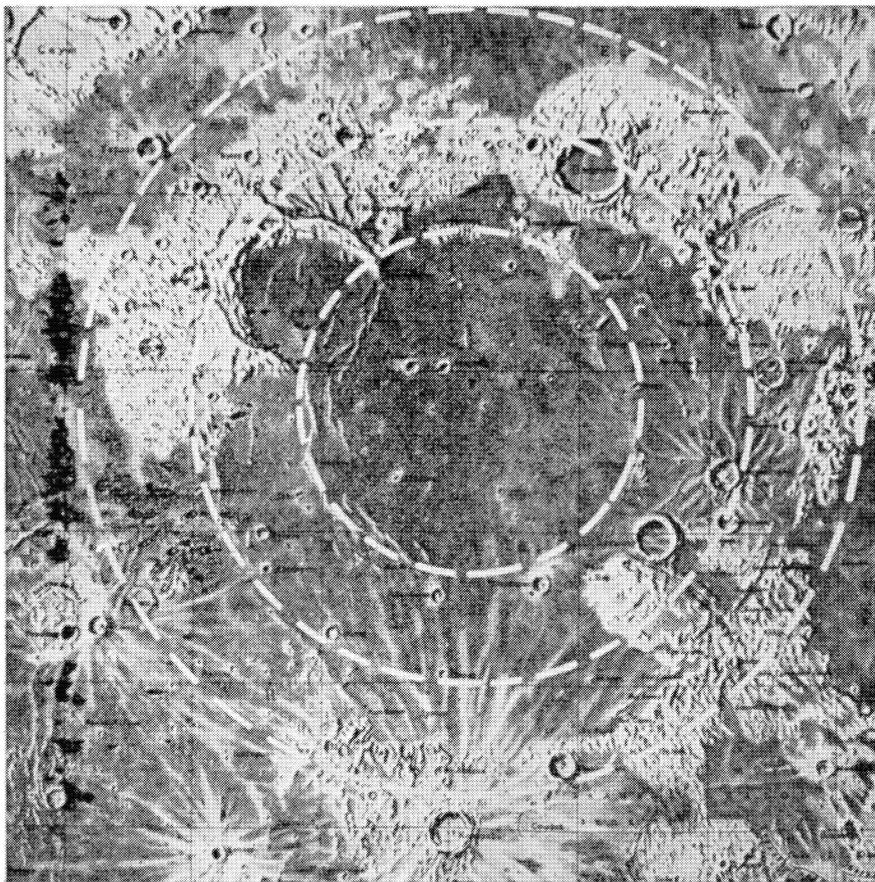
3,9 млрд. лет назад. Таким образом, после бассейна Моря Восточного кольцевая структура Моря Дождей — самая молодая среди морских бассейнов. Несколько позднее появилась 250-километровая впадина в северо-западной части Моря Дождей на месте современного Залива Радуги.

В момент ударного взрыва глубина впадины будущего Моря Дождей составляла, вероятно, от 8 до 27 км. Частично впадина была засыпана осколочными породами выбросов, частично — породами, обрушившимися со склонов позднее.

Заполнение первоначальной впадины расплавленными лавами растянулось на несколько сотен миллионов лет. Наиболее древние расплавы появились здесь 3,8 млрд. лет назад. Затем в течение почти 500 млн. лет на поверхность выходили потоки базальтовых лав, постепенно заполняя всю кольцевую структуру. В Море Дождей удалось выявить несколько лавовых полей, относящихся к разным периодам в истории формирования этого района Луны. По современным оценкам, средняя мощность пластов застывшей лавы в Море Дождей около 450 км. В центральной части моря слой лав может достигать 1,5 км.

Можно предположить, что основные каналы выхода лав на поверхность расположены в центральной части Моря Дождей, где сосредоточены наиболее молодые породы с возрастом кристаллизации менее 3,8 млрд. лет. Самые древние базальты (возраст 3,3—3,5 млрд. лет) в основном занимают периферийные области моря. Южная часть бассейна сравнительно недавно (около 850 млн. лет назад) была покрыта слоем выбросов при возникновении кратера Коперник.

Любителю астрономии лучше начинать знакомство с Морем Дождей и его окрестностями, когда Луна находится в фазе первой или последней четверти. Утренний терминатор постепенно пересекает горы Кавказ, Апеннины и Альпы — восточную границу Моря Дождей. В это время вблизи терминатора на темном фоне ночной стороны Луны появляются отдельные освещенные вершины



кольцевых гор. В восточной части моря, если солнечные лучи падают косо, хорошо видны возвышенности — Пик Питон, Пик Пико, а также небольшая горная гряда Шпицберген, а в западной части моря — пологие валы.

В полнолуние в Море Дождей можно проследить области различных лавовых полей, которые несколько различаются по отражательной способности. Молодые области выглядят темнее, древние — светлее.

Когда по Моря Дождей движется вечерний терминатор, можно вновь наблюдать возвышенности и отдельные горные вершины при косом освещении, но направление падения солнечных лучей теперь будет противоположным.

*Схема многокольцевой структуры Моря Дождей*

## НОВЫЕ КНИГИ

### «ПРИЧУДЫ ПРИРОДЫ»

Так называется книга известного популяризатора науки И. И. Акимовкина, посвященная животному царству природы (М.: Мысль, 1981). На Земле обитает полтора миллиона видов животных и полмиллиона видов растений — два миллиона чудес сразу! Потому что каждый вид по своему своеобразен, удивителен, а порой и фантастичен.

Книга состоит из шести глав и в каждой описываются уникальные животные, характерные для того или иного зоогеографического региона. Это рассказ и о необычных повадках птиц северных широт, и о «творчестве» обезьян Южной Африки, и об «озверевшем» новозеландском попугае кеа, ставшем настоящим бедствием для фермеров-овцеводов островного государства.

Каждая глава заканчивается двумя короткими рубриками: «Срочно выдана охранная грамота» и «Справочное бюро „причуд природы“». Здесь

описаны редкие и исчезающие виды животных (от бобров и зубров до горилл, гепардов и носорогов) и приведены любопытные сведения об их повадках и образе жизни.

Последнюю главу книги И. И. Акимовкин посвятил удивительным растениям Земли. Читатель узнает много интересного о баобабе (генеалогически связанном с ...мальвой и хлопком!), о хлебном дереве, гигантской кувшинке «виктория регия», вечнозеленой секвойе.

### АСТРОНОМИЯ — НАРОДНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

В 1981 году издательство «Наука» выпустило в свет научно-популярную книгу К. А. Куликова «Астрономия и народное хозяйство».

Астрономия — одна из тех наук о природе, без которых немислимо сейчас решение многих задач теоретического и прикладного характера. Ориентация на местности, создание летосчисления, радиолокация тел Солнечной системы, прогноз погоды,

передача информации на дальние расстояния, радионавигация — вот темы, затронутые в новой работе К. А. Куликова.

В книге шесть разделов.

В первом — «Небесная сфера и наблюдение ее объектов» — рассказывается о координатах небесных объектов, рефракционных явлениях, звездных каталогах и астрономических ежегодниках.

Описание Солнечной системы, восходам и заходам светил на различных широтах, а также ближайшим к нам звездам посвящен раздел «Немного о ближнем космосе».

О Солнце как источнике энергии, его влиянии на человека и атмосферу Земли, а также об использовании солнечной радиации повествуется в разделе «Солнце — источник всего живого».

Как определяется точное время на обсерваториях, какие существуют часы, как ориентироваться на местности в любое время суток — обо всем этом читатель узнает из раздела «Время и пространство».

О связи астрономии с геодезией, картографией, гравиметрией, метео-

рологией и космонавтикой говорит-ся в разделе «Науки, смежные с астрономией».

«Это предсказал К. Э. Циолковский» — название последнего раздела книги. В нем идет речь об искусственных спутниках Земли и их назначении (метеорологические спутники, спутники связи, геодезические и геофизические, океанологические и навигационные). Кроме того, в этом разделе рассказывается о продолжительности космических полетов, их целях и задачах, а также о новых перспективах и повышении эффективности их использования в интересах науки и повседневной практики.

## ОТО: ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

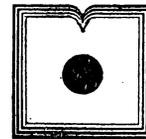
В 1981 году издательство «Наука» выпустило книгу В. П. Визгина «Релятивистская теория тяготения (Истоки и формирование. 1900—1915)».

В предисловии к книге автор отмечает, что им «сделана попытка дать картину формирования общей теории относительности (ОТО), этого грандиозного и прекрасного творения научной мысли, неразрывно связанного с именем Альберта Эйнштейна». Новая волна интереса к ОТО связана с увлекательными проблемами современной астрофизики и космологии (кварзары, пульсары и нейтронные звезды, реликтовое излучение, гравитационно-волновые эксперименты, черные дыры и т. д.). Многие физики, астрофизики, математики и философы интересуются не только содержанием теории Эйнштейна и ее экспериментальной проверкой, но и разнообразными вопросами методологии и истории ОТО. Этим людям и адресована монография В. П. Визгина.

Введение к книге содержит обзор современной историко-научной литературы. В первой главе излагаются проблемы гравитации накануне создания теории относительности. «Релятивистская программа и принцип эволюции» — название второй главы. Скалярным теориям автор посвятил третью главу. Заключительная (четвертая) глава — «Общая теория относительности».

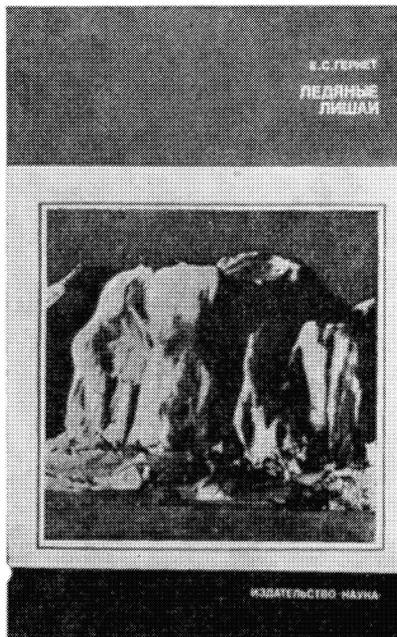
Приложения к книге включают переписку Эйнштейна и Гильберта, обширную библиографию и именной указатель.

Доктор географических наук  
В. Г. ХОДАКОВ



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

## Ледяные шапки Земли



Некогда великие древние оледенения достигали своим краем Москвы и даже Киева, оставив после себя моренный рельеф с холмами и озерами, разноцветные скандинавские валуны на Русской равнине. Так ли далека от нас область современного оледенения? Крупнейший покровный ледник Северного полушария — Гренландский — своим южным краем пересекает шестидесятую параллель, на которой расположен Ленинград. «Полноправный член» оледенения планеты — морской плавучий лед — ежегодно появляется в Черном, Каспийском и Японском морях. А максимум великого древнего оледенения равнин Европы и Америки приходился на 14 000—16 000 годы до н. э.,

когда недалеко от края огромных ледников наши предки уже строили надежные жилища и целые поселки.

Но не только географическая и геологическая близость ледников определяет интерес к ним. Сегодня человечество обладает огромными производственными мощностями. Все больше углекислого газа выбрасывается в атмосферу планеты, а это, в свою очередь, вызывает усиление «парникового эффекта» — перегрев атмосферы. Что же будет в таком случае с оледенением? Система ледников, очевидно, начнет изменяться. Но как быстро это будет происходить и каковы возможные последствия такого изменения?

Проблеме оледенения Земли посвящена книга Е. С. Гернета «Ледяные шапки», вышедшая вторым изданием в 1981 году в издательстве «Наука». Потомственный моряк, офицер русского, а затем советского флота, гидрограф, картограф, писатель, Е. С. Гернет был человеком разносторонне образованным. В разные годы он участвовал в полярных гидрографических экспедициях на шхуне «Полярная звезда», на ледоколах «Садко» и «Сибиряков». Впечатления от этих экспедиций были, видимо, столь сильными, что один из небольших разделов своей книги он назвал «Грядущий ужас», имея в виду фазу прогрессивного наступления льдов на обжитые человеком районы. Книга «Ледяные шапки» была написана в конце 20-х годов и издана автором в Японии (где он занимался фрахтом судов для Советского Союза) тиражом 500 экземпляров. Она произвела сильное впечатление на таких выдающихся писателей, как

К. Г. Паустовский и А. М. Горький. К сожалению, смерть помешала А. М. Горькому осуществить второе издание книги Е. С. Гернета большим тиражом.

Что же делает книгу столь притягательной и в наши дни? Автор просто и доступно излагает свою гипотезу «самосильного», по его терминологии, развития великого оледенения. Оказывается, в самом первичном зарождении крошечного участка нестывающего за лето снега уже заключена огромная сила его саморазвития. И действительно, если окружающий «черный» грунт может нагреваться солнечными лучами до значительной температуры, то снег и лед никогда не становятся теплее 0° С. Охлаждаться же они могут очень сильно и при этом охлаждают окружающий воздух. Если снежно-ледяное пятно расширилось, то этим оно как бы «улучшило» условия своего существования и создало предпосылки для собственного разрастания. Дальше — больше, и вот уже перед нами не пятно, а целый снежно-ледяной холм. У него появляется новое качество — способность к движению, растеканию во все стороны. По мере роста покровного ледника усиливается его охлаждающее воздействие на климат в прилегающих районах, а затем — и планеты в целом. Но вот ледник добрался до морского берега. Дальнейший рост невозможен, так как отламываются и сползают в воду ледяные края. Огромными ледяными плитами и башнями выходят айсберги на просторы океана, охлаждают воду, способствуя зарождению на берегах новых «ледяных лишаев».

И что же дальше? Оледеневшая планета? Да, в принципе это возможно, считает Е. С. Гернет. Мало того, полное оледенение — одно из устойчивых состояний планет. Либо, напротив, полное отсутствие оледенения. В первом случае даже значительное усиление солнечной радиации не в состоянии растопить снег и лед из-за высокой их отражательной способности. Во втором — даже значительное ослабление радиации не приведет к чрезмерному охлаждению. Чтобы произошло достаточное

охлаждение, совершенно необходимо дополнительное поднятие еще хотя бы отдельных участков материков — появление «ледородных возвышенностей». Но может ли оледенение не только «самосильно» возникать и разрастаться, но и «самосильно» уменьшаться? Может, полагает Е. С. Гернет. Ведь оледенение еще и иссушает воздух. Сухость же воздуха приводит к сокращению снегопадов, особенно мало снега остается на поднятой поверхности гигантского покровного ледника. В итоге его питание ослабевает, и размеры ледника сокращаются.

Такова в упрощенном виде цепь событий, изложенных в книге «Ледяные лишаи». В этой цепи рассматриваются покровные ледники суши, плавучий морской лед, океанская вода и вся атмосфера планеты, то есть элементы системы соединены, как теперь говорят, прямыми и обратными связями, усиливают или ослабляют действие друг друга. Отметим, что во время создания книги принцип системного подхода еще не был сформулирован, а лишь интуитивно угадывался. Тем более не существовало быстродействующей вычислительной техники. Поэтому вполне естественно, что гипотеза Е. С. Гернета строится почти исключительно на качественных рассуждениях. Позднейшие гипотезы о функционировании сложной геофизической системы поверхностных оболочек Земли отличаются все нарастающей мощностью математического аппарата, расширяющимся объемом исходной информации, но все меньшей доступностью для читателя. Поэтому для начального ознакомления с проблемой взаимодействия климата и оледенения планеты книга Е. С. Гернета чрезвычайно полезна.

Не все в ней следует принимать безоговорочно. Представление автора о «ледяном лишае», то есть, по современной терминологии, о покровном леднике суши, конечно же, не вполне точно. В частности, излишнее значение придается метелевому сдвигу снега с ледника к его подножью. Совсем не упоминается способность ледника внезапно резко ускорять свое движение и выдвигать

огромные массы сильно раздробленного льда на обширные территории или акватории. Это и понятно. В начале нашего века наука о льде и ледниках — гляциология — только начала формироваться, и многие феномены снежно-ледовой стихии были просто неизвестны. Тем более удивительной кажется осведомленность автора в этой мало разработанной области знания.

Помимо оригинального авторского текста рецензируемая книга содержит также «Приложение» («Теория Гернета в свете современных представлений»), написанное известным советским гляциологом, доктором географических наук О. П. Чижовым. Эта статья почти исчерпывающе обрисовывает современное состояние проблемы взаимодействия океана, атмосферы и оледенения, в особенности роль последнего в динамике системы. Из этого обзора особенно заметны оригинальность и новизна концепции Е. С. Гернета, а также ее несомненный приоритет перед публикациями, в частности, американских ученых, которые лишь 25 лет спустя высказали те же самые идеи. Современному читателю, как пишет в предисловии к книге член-корреспондент АН СССР Г. А. Авсюк, кое-что в изложении Е. С. Гернета покажется недостаточно строгим, а многое из его терминологии — устаревшим. Тем не менее книга читается с большим интересом и представляет собой памятник науки, утверждающий приоритет нашей страны в еще одной научной области.

«Ледяные лишаи» с пользой для себя прочтут не только географы, геологи, геофизики, но и все, интересующиеся судьбой нашей планеты.

---

## НОВЫЕ КНИГИ

### КАК ОТБЫЛИ ЭЛЕКТРОН И ФОТОНЫ

В 1981 году издательство «Наука» выпустило книгу А. Н. Вальцева «Открытие элементарных частиц. Электрон. Фотон». В предисловии

к книге ее ответственный редактор академик Б. М. Кедров отмечает, что эта книга «...дает возможность охватить практически необъятный материал по физике элементарных частиц как бы единым взглядом, уловить динамику развития данной отрасли науки, ее внутренние тенденции, ее логику». Автор монографии сделал попытку проследить историю открытия и первоначального изучения электрона и фотонов, вычленил и привнес в систему проявившиеся при этом особенности процесса познания.

Первая глава книги — «Электрон» — знакомит читателей с идеей атомизма электричества, природой катодных лучей, открытием электрона как структурной компоненты атомов.

Вторая глава книги — «Фотоны» — начинается с анализа излучения нагретых тел и некоторых вопросов квантовой статистики. Далее рассматриваются корпускулярные, корпускулярно-волновые и статистические свойства фотонов. Эта глава завершается параграфом «Проблема открытия фотонов», в которой суммируются и дополняются основные данные историко-научного характера. Автор монографии подчеркивает, что «близкое соседство открытий электрона и фотонов на шкале времени позволяет рассматривать эти два события как элементы единого процесса возникновения физики элементарных частиц, датируя его начало самым концом XIX в.»

Книга снабжена обширным библиографическим указателем и указателем имен. Она рассчитана на физиков, преподавателей и студентов, а также на читателей, интересующихся историей науки.

## В ГЛУБЬ ЗЕМЛИ

Бурение сверхглубоких скважин помогает сегодня решать многие проблемы наук о Земле, связанные с минеральными и энергетическими ресурсами, прогнозом землетрясений, изучением глубинных областей нашей планеты. Этому перспективному методу освоения недр посвящена научно-популярная книга И. А. Резанова «Сверхглубокое бурение» (М.: Наука, 1981).

Книга состоит из 13 небольших глав. Об истории вопроса, о технике и экономике бурения, а также об уникальных скважинах, пробуренных на земном шаре (среди них самая глубокая — Кольская), повествуют первые три главы. В следующих нескольких главах рассказывается об изучении ядра сверхглубоких скважин и геофизических измерений. Специальными приборами на глубине в несколько километров определяются плотность, упругие и магнитные свойства пород, их температура. Читатель узнает, как производится гамма- и импульсный нейтрон-нейтронный каротаж, используемые для оценки химического состава пород. Проблеме подземных геофизических обсерваторий посвящена отдельная глава.

Бурение в осадочной толще, кристаллическом фундаменте земли и на океаническом дне — тема следующих трех глав. В заключительной главе автор рассказывает о перспективах бурения. Проходку сверхглубоких скважин предполагается сконцентрировать в нескольких наиболее интересных с геологической точки зрения районах — таких, как Балтийский и Украинский щиты, Кавказский перешеек и Урал.

# 4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1982 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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  
МАРТЫНОВ Д. Я.  
Зам. главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
БУЛАНЖЕ Ю. Д.  
Зам. главного редактора  
кандидат педагогических наук  
ЛЕВИТАН Е. П.  
Член-корреспондент АН СССР  
АВСЮК Г. А.  
Доктор географических наук  
АКСЕНОВ А. А.  
Кандидат физико-математических наук  
БРОНШТЭН В. А.  
Доктор юридических наук  
ВЕРЕЩЕТИН В. С.  
Кандидат технических наук  
ГЛАЗКОВ Ю. Н.  
Доктор технических наук  
ИЗОТОВ А. А.  
Доктор физико-математических наук  
КОВАЛЬ И. К.  
Член-корреспондент АН СССР  
КОРТ В. Г.  
Доктор физико-математических наук  
ЛЕВИН Б. Ю.  
Кандидат физико-математических наук  
ЛЕЙКИН Г. А.  
Академик  
МИХАЙЛОВ А. А.  
Доктор физико-математических наук  
НАРИМАНОВ Г. С.  
Доктор физико-математических наук  
НОВИКОВ И. Д.  
Доктор физико-математических наук  
ОГОРОДНИКОВ К. Ф.  
Доктор физико-математических наук  
ПЕТРОВА Г. Н.  
Доктор географических наук  
ПЕТРОСЯНЦ М. А.  
Доктор геолого-минералогических наук  
ПЕТРУШЕВСКИЙ Б. А.  
Доктор физико-математических наук  
РАДЗИЕВСКИЙ В. В.  
Доктор физико-математических наук  
РЯБОВ Ю. А.  
Доктор физико-математических наук  
ТОВМАСЯН Г. М.  
Доктор технических наук  
ФЕОКТИСТОВ К. П.

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2. Телефоны: 227-02-45, 227-07-45.

Художественный редактор: Шимкина Л. Я.

Корректоры: Ермолаева В. А., Федорова Л. М.

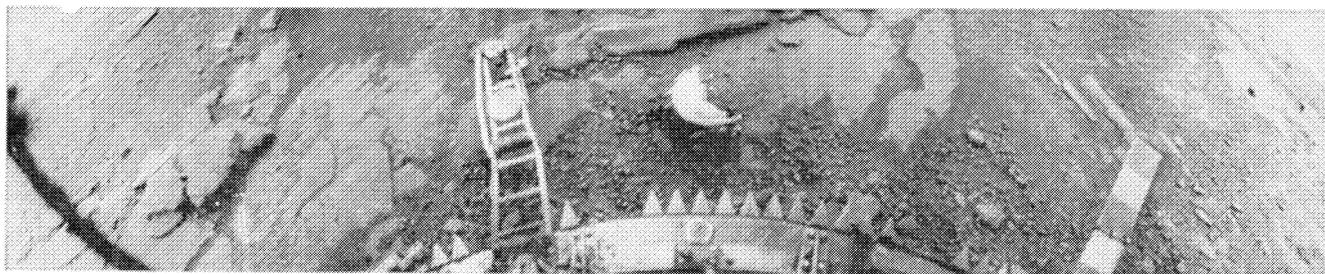
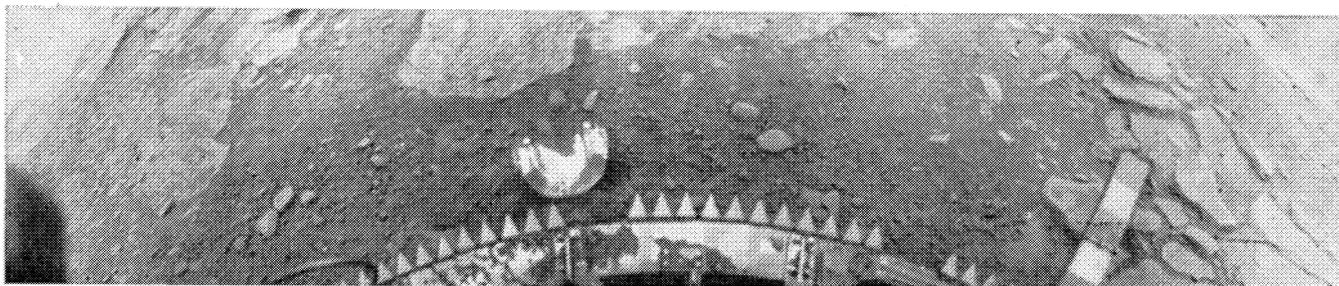
Номер оформили: Калашникова А. Г., Кашеков А. Л., Тенчурина Е. К.

Сдано в набор 16.04.1982. Подписано в печать 16.06.1982. Т-04190.  
Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Высокая печать. Усл.-печ. л. 8,4.  
Усл.-кр.-отт. 543,0 тыс. Уч.-изд. л. 11,0. Бум. л. 2,5.  
Тираж 42060 экз. Заказ 1555. Цена 65 коп.

Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90.

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

# Панорамы Венеры



Панорамы, полученные со спускаемого аппарата станции «Венера-13» [обработка Института проблем передачи информации АН СССР и Центра дальней космической связи]

Фотохроника ТАСС ▲

Панорамы, полученные со спускаемого аппарата станции «Венера-14» [обработка Института проблем передачи информации АН СССР и Центра дальней космической связи]

▼ Фотохроника ТАСС

